

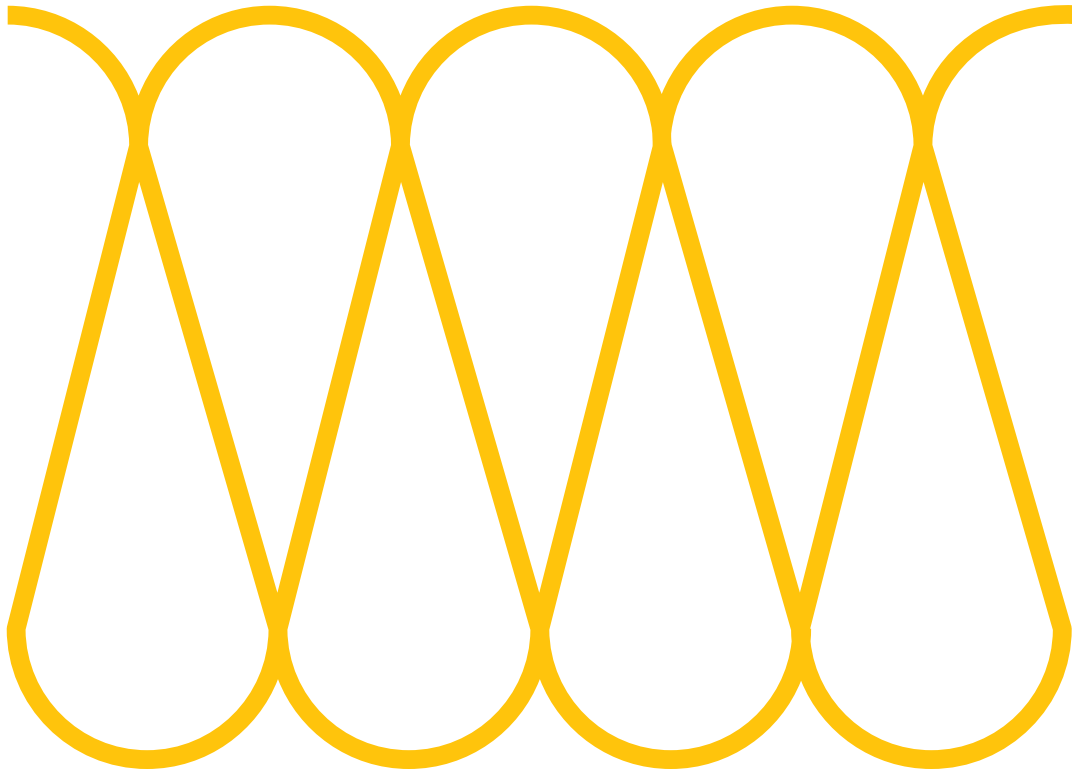
# Guía fácil de Diseño Passivhaus

Proyectos residenciales de tamaño medio

Avalado por:



Traducido por:



Levitt Bernstein People.Design

## ¿Qué es Passivhaus?

Passivhaus es un estándar de diseño y construcción de edificios de alta eficiencia energética, confortable y con prestaciones de rendimiento definidas. Se considera el mejor estándar y el primer paso para lograr un edificio de carbono neutro en fase de uso.

La prioridad de Levitt Bernstein y Etude es diseñar vivienda de calidad y duradera para todos. Entendemos las consideraciones del estándar Passivhaus como una oportunidad de diseño, en lugar de una restricción. Las siguientes páginas ofrecen una guía sencilla que describe la base de un buen diseño Passivhaus. Esto deberá combinarse y adaptarse con la experiencia de proyecto en viviendas de alta calidad en cada contexto concreto.

### Beneficios clave

- Para residentes:**
- Confort térmico mejorado
  - Alta calidad de aire interior
  - Baja demanda de calefacción y bajas facturas energéticas
- Para clientes:**
- Asegura la calidad de diseño y construcción
  - Establece objetivos energéticos que se deben cumplir
  - Reduce el riesgo de pobreza energética
  - Edificios compatibles con emisiones de carbono casi nulas.

### Modelización PHPP

El cálculo del Passive House Planning Package (PHPP) debe ser realizado por un profesional cualificado/experimentado en cada proyecto. Esta simulación ayuda a predecir el uso de energía, conformar el diseño y determinar el cumplimiento de Passivhaus. La simulación definitiva se realiza una vez ejecutada la obra para comprobar que el edificio cumple los criterios requeridos (a continuación) en su desarrollo.

### Criterios Passivhaus

Demanda de calefacción	<15 kWh/m <sup>2</sup> a
Demanda de refrigeración	<15 kWh/m <sup>2</sup> a
Demanda Energía Primaria renovable (PER) incluyendo todos los usos	<60 kWh/m <sup>2</sup> a
Hermeticidad (aprox. permeabilidad de <0,6 m <sup>2</sup> /h m <sup>2</sup> )	<0,6 h <sup>-1</sup>

### Desmontando mitos

#### Mito 1: Passivhaus es solo para viviendas

El diseño Passivhaus puede utilizarse para diversas tipologías edificatorias como escuelas, oficinas, residencias y hoteles.

#### Mito 2: No se pueden abrir las ventanas

Las ventanas se pueden abrir para una ventilación natural cuando sea necesario. La diferencia es la VMRC continua, que mantiene el calor, filtra el aire y el sistema mantendrá la humedad baja, incluso cuando las ventanas estén cerradas.

#### Mito 3: Passivhaus cuesta un 25% más

Aunque habrá un aumento de costes de construcción, éstos serán parcialmente compensados por la reducción de las instalaciones. Las viviendas Passivhaus certificadas cuestan aproximadamente un 3-8% más (coste de construcción) que edificios que cumplen la normativa nacional (Informe de Costes de Construcción del Passivhaus Trust, octubre 2019).

#### Mito 4: Añadir más aislamiento causará sobrecalentamiento

Además de mantener el calor dentro durante los meses más fríos, el aislamiento y la hermeticidad mantendrán también el calor fuera durante el verano. El riesgo de sobrecalentamiento debe evitarse eligiendo ratios adecuados de acristalamiento, considerando la orientación de las ventanas, aperturas y sombras arrojadas desde el inicio del proyecto.

### Impactos medioambientales en diseño conceptual

Las decisiones tomadas durante una fase temprana de diseño a menudo tienen un impacto significativo en el consumo de energía de los edificios. El consumo puede reducirse significativamente considerando las diez claves de esta guía, junto con las preferencias de diseño y otras limitaciones.

### ¿En qué se debería centrar el proyectista?

Un buen diseño Passivhaus está basado en:

- Calefacción gratis en invierno** procedente de las ganancias solares de las fachadas principales a sur y limitando el sombreado
- Forma de edificio simple** para que los espacios calefactados tengan menor superficie expuesta
- Altos niveles de **aislamiento**
- Una envolvente muy **hermética**
- Puentes térmicos** considerablemente reducidos
- Ventanas de altas prestaciones y **triple vidrio**, con proporciones de ventana según la orientación
- Ventanas practicables para **ventilación natural puntual**, con la posibilidad de ventilación cruzada
- Ventilación mecánica continua** eficiente con **recuperador de calor** (VMRC)
- Simulación energética precisa utilizando el Passive House Planning Package (**PHPP**).

## Forma y orientación

La envolvente térmica del edificio debe ser lo más sencilla posible. Esto reduce la superficie expuesta a pérdidas energéticas y simplifica la ejecución de los encuentros. Sin embargo, la envolvente térmica es a menudo diferente de la volumétrica y se define con una línea continua de aislamiento que encierra todos los espacios calefactados del edificio. La orientación y la forma del edificio deben optimizarse para permitir ganancias solares y evitar sombras proyectadas en invierno.

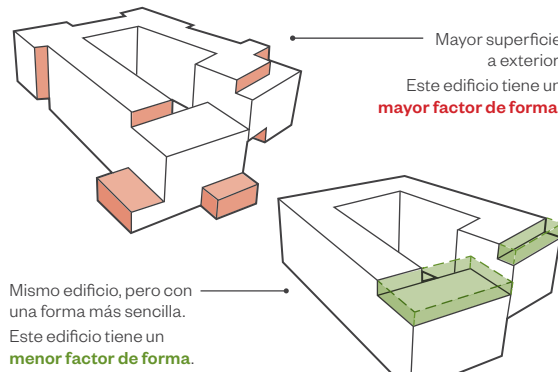
### 1 Compacidad del edificio

Disminuir la superficie envolvente del edificio da lugar a una reducción de pérdida de calor y, por lo tanto, un menor consumo de energía para calefactar el espacio. Esto se puede cuantificar con el factor de forma.

Cuanto menor es el factor de forma más eficiente es el edificio energéticamente. Por lo general, un factor de forma por debajo de dos es lo esperable para un edificio plurifamiliar de altura media.

Donde sea posible, adosa las terrazas a las viviendas y simplifica la forma del edificio de viviendas.

Añade variación a la forma del edificio de forma estratégica. Enfatiza algunos aspectos clave de diseño que realmente tengan importancia. Cuantas menos cubiertas escalonadas, azoteas, voladizos y balcones rematados, menor pérdida energética del edificio.



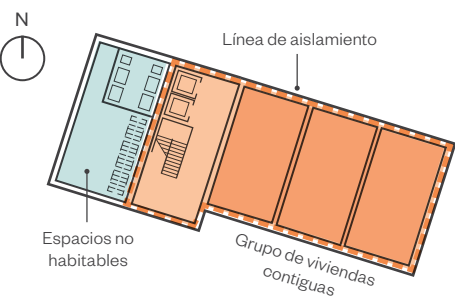
$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Superficie expuesta al exterior}}{\text{Superficie construida interior}}$$

### 2 Espacio para instalaciones no calefactadas

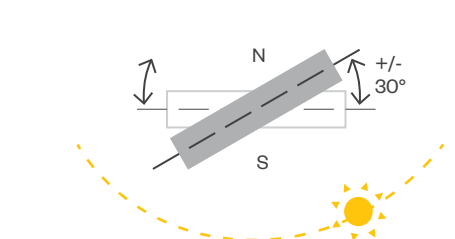
Mantén los espacios no calefactados como cuartos técnicos, de basuras o trasteros separados u orientados al extremo norte del edificio cuando sea posible. Agrupa los espacios no calefactados en lugar de esparcirlos por la planta baja.

Cuando estos espacios sean colindantes a un espacio calefactado del edificio, como una vivienda, la partición interior y el forjado de separación necesitan ser altamente aislados.

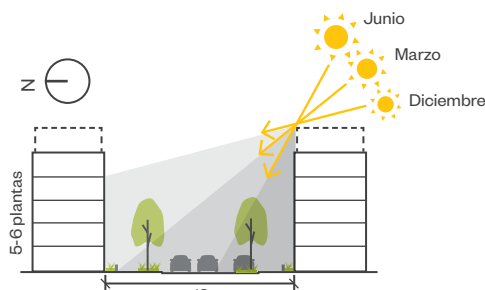
Dibuja la línea de aislamiento y hermeticidad alrededor de las viviendas en la fase inicial del proyecto y considera si los espacios de circulación deben estar dentro o fuera del volumen aislado.



### 3 Calor del sol en invierno



Prioriza la doble orientación y fachadas a sur. El riesgo de sobrecalentamiento aumenta a medida que las fachadas se alejan de la orientación sur. Cualquier fachada girada +/- 30° ya no es una fachada a sur.



Evita las sombras arrojadas en los edificios, ya que esto reduce las ganancias solares en invierno. Trata de mantener una distancia de separación de 1-1,5m por cada metro de altura.

## Diseño de ventanas

El diseño de las ventanas se debe basar en la orientación, iluminación natural y confort en verano, y debería trabajar conjuntamente con otros factores de diseño arquitectónico como la proporción y composición de alzado.

Un acristalamiento excesivo es la principal causa de sobrecalentamiento en verano y de pérdidas de calor en invierno.

### Guía de superficie de ventanas (% área de fachada)

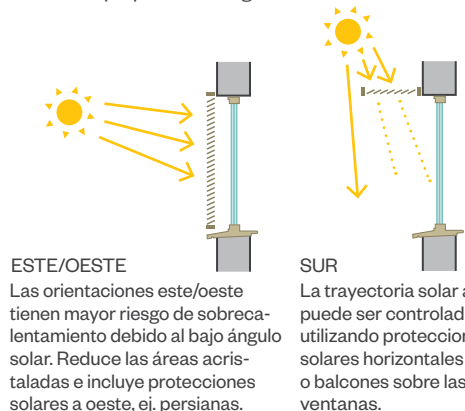
Las ratios de acristalamiento/fachada son una característica clave en el diseño Passivhaus. Es importante minimizar la pérdida de calor al norte (ventanas más pequeñas) mientras proporciona suficiente ganancia solar al sur (ventanas más grandes)

Considera hacia dónde se orienta una vivienda. Es mucho más fácil diseñar ventanas pequeñas orientadas hacia pasarelas de acceso y ventanas más grandes hacia balcones, así que trata de orientar las ventanas en esa línea.

Alzado de acceso	Alzado de balcón
Norte: 10-15%	Sur: 20-30%
Este: 10-20%	
Oeste: 10-20%	

### Protección solar

Prioriza las zonas habitables de día con grandes ventanas al sur. Es más fácil diseñar protecciones solares fijas a sur en verano que permitan las ganancias solares en invierno.



### 4 Alzados para equilibrar las ganancias solares, pérdidas de calor e iluminación natural

Puntos de partida recomendados para las proporciones de ventana:

Reduce las superficies de ventana en las zonas altas de la fachada

Considera reducir las superficies acristaladas en las zonas altas del edificio donde hay mayor luz natural disponible y menores sombras arrojadas por los edificios próximos.

#### Horizontal funciona mejor que vertical

- Ventanas más anchas y cortas:
- Mejoran la distribución de la iluminación natural en las estancias
  - Riesgo moderado de sobrecalentamiento y generalmente son más fáciles de sombrear
  - Aumentan el área de apertura para ventilación
  - Aportan mayor privacidad a las habitaciones.

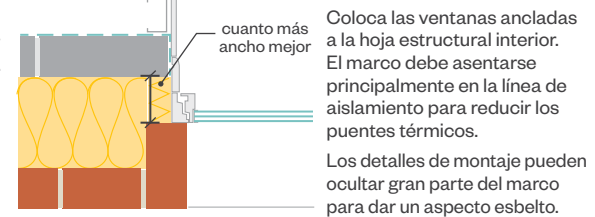
Otros factores de diseño o contextos locales pueden significar que no siempre sea posible este enfoque óptimo.

Considera cómo se abren las ventanas para una ventilación efectiva. Las bisagras verticales proporcionan mayor área de apertura que las horizontales. La apertura hacia el interior facilita la limpieza para los residentes. Considera posibles choques con los sistemas internos o externos de protección solar.

#### Engañar a la vista

Las ventanas dimensionadas para equilibrar la pérdida y ganancia de calor pueden parecer poco generosas. La introducción adecuada de características arquitectónicas puede mejorar el equilibrio entre sólido y "vacío aparente". Por ejemplo, usa jambas escalonadas o paneles texturizados.

#### Detalle de ventana



#### JAMBA

Otras consideraciones de ventanas Passivhaus:

- Todas las ventanas deben ser generalmente con triple vidrio
- Aumenta la ratio de vidrio/marco evitando los travesaños y montantes, estos reducirán drásticamente el rendimiento térmico.
- El triple acristalamiento es pesado, considera el tamaño de las aperturas. Ancho máx. típico de apertura 700mm y altura máx. típica de apertura 1600mm (excluyendo puertas acristaladas)
- Considera detalles alternativos de jambas de ventana que no tengan por qué incluir la vuelta del ladrillo.

## Ventilación

Una ventilación adecuada es vital para garantizar una buena calidad del aire interior, la capacidad de mitigar la acumulación de calor y eliminar el exceso de humedad. Las viviendas deberían incluir ventilación continua y puntual:

- La ventilación continua debe proporcionar una tasa constante de ventilación durante todo el día y a lo largo de las estaciones. Todas las viviendas necesitarán ventilación mecánica con recuperador de calor (VMRC) para la ventilación continua.
- La ventilación puntual proporciona ráfagas de aire fresco para enfriar o renovar rápidamente el aire interior, que normalmente se logra con ventanas practicables.

### 5 Ventilación natural

Todas las estancias habitables deben tener ventana(s) que se pueda(n) abrir.

- Las viviendas de doble orientación permiten ventilación cruzada – la forma más eficaz de ventilación natural, especialmente cuando las ventanas están en fachadas opuestas. Ésta debería ser siempre la preferencia. Las viviendas de una sola orientación son las menos eficaces de ventilar y corren el riesgo de sufrir sobrecalentamiento.
- Proporciona siempre múltiples aberturas, área libre máxima y diferentes tamaños, para permitir que el ocupante controle su ambiente.



### 6 Ventilación mecánica con recuperador de calor (VMRC)

#### Funcionamiento de una unidad de VMRC

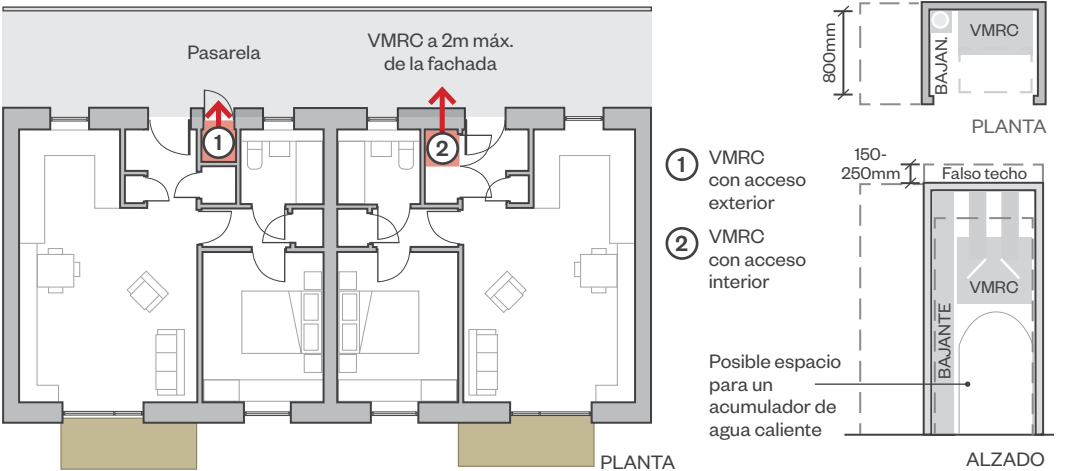
Las unidades VMRC proporcionan ventilación continua extrayendo aire caliente húmedo de cocinas y baños (A), intercambiando el calor (B) con aire fresco frío entrante (C) y luego suministrando el aire (D) a las habitaciones de la casa.

La recuperación de calor se puede omitir automáticamente para proporcionar ventilación sin ruidos ni problemas de seguridad.

#### Posición del armario de instalaciones

Las unidades VMRC se pueden hacer accesibles interna o externamente para adaptarse a las preferencias de mantenimiento y reparación del cliente. No es necesario que esté en el mismo armario que el equipo de calefacción o el depósito de agua caliente. Ubica la unidad VMRC en la cara interior de fachada o cerca de ella para que los conductos de admisión y extracción sean menores de 2 m de largo.

El ruido de la unidad VMRC debe cumplir con los requisitos Passivhaus. No debe ubicarse en un dormitorio o sala de estar.

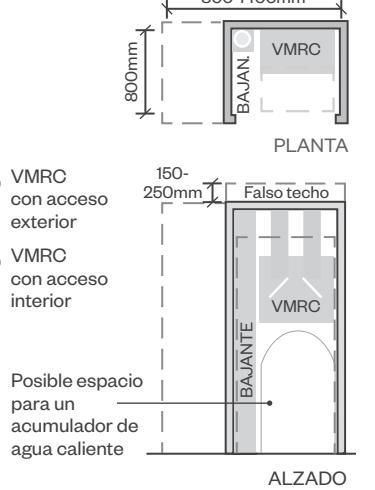


#### Tamaño del armario de instalaciones

Un armario de instalaciones de altura completa suele ser de 800 x 800 mm. Para prever espacio para una lavadora o otras instalaciones, considera aumentarlo a 1400 x 800 mm.

Se puede prever la ubicación de un acumulador de agua caliente en cada vivienda para dotar al sistema de calefacción y agua caliente de mayor flexibilidad. Para pisos de un dormitorio, el acumulador puede caber debajo de la VMRC. Para ello, deja 650 x 650 mm.

Los conductos VMRC se distribuirán en el falso techo. Deja una zona de distribución mínima de 150-250 mm particularmente encima de las salas de extracción (cocinas y baños).



## Comportamiento térmico

### 7 Composición constructiva con alto nivel de aislamiento

Los valores U dependerán del factor de forma y el uso del edificio. Las siguientes composiciones constructivas pretenden ser un punto de partida útil.

Elemento	Valor U Objetivo (W/m <sup>2</sup> .K)	Espesor total aprox.	Ejemplo de composición del elemento constructivo y comentarios
Muros exteriores (incl. las particiones a cuarto técnico/ de basuras/ bicicletas)	0,13-0,15	550-600mm	PLANTA: Aprox. +250mm aislamiento lana mineral. Evita el contacto entre la estructura y la zona del aislamiento. Reduce el número de soportes de albañilería de ser posible; asegúrate de que los anclajes y soportes del muro se incluyen en el cálculo del valor U. Rellenar de aislamiento la cámara puede no ser adecuado en lugares expuestos o en altura.
Muro de separación (ej. vivienda / zonas comunes)	0,16-0,18	325-425mm	PLANTA: Aprox. +230mm aislamiento lana mineral. El sistema constructivo de medianeras también se puede utilizar entre vivienda y zonas comunes no calefactadas dentro de la envolvente térmica.
Planta baja	0,08-0,10	150-250mm (aislamiento)	SECCIÓN: Aprox. +200mm aislamiento. El espesor del aislamiento depende de la relación entre el área y el perímetro de la planta.
Aleros y techos expuestos	0,13-0,15	640-870mm	Aprox. +150mm aislamiento de lana mineral en la zona inferior del alero o techo de cuarto de basuras/ bicicletas u otros espacios no calefactados.
Cubierta plana	0,10-0,15*	1000-1100mm	SECCIÓN: Aprox. +310mm aislamiento. El espesor del aislamiento es independiente de que haya o no cubierta verde.
Cubierta inclinada	0,10-0,15*	390-450mm	VIGUETA: El aislamiento varía según se coloque en el plano de los pares o en el de las viguetas. El factor de forma del edificio aumenta cuando se utilizan techos abovedados.
Ventanas	1,00-1,20*	triple vidrio en general*	Utiliza siempre el valor U combinado de acristalamiento, marco y cajón. Utiliza un valor g de 0,5 para equilibrar la ganancia y el control solar.
Puerta exterior	1,00	-	No poner buzones que atraviesen la envolvente térmica.

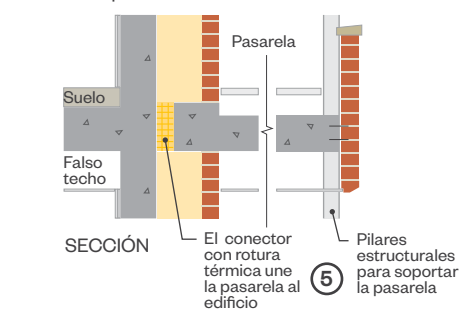
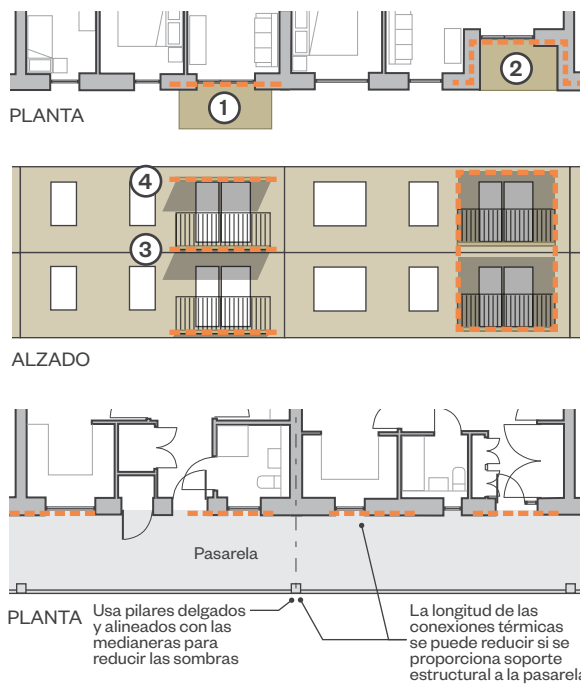
Notas: 1. Calcula siempre los valores U para cada composición constructiva concreta. 2. Comprueba que todos los elementos del cálculo se correspondan con la composición constructiva. \* Valores orientativos para climas de España. Definir el valor U en cada caso.

## Simplifica la envolvente térmica

### 8 Balcones y pasarelas de acceso

- 1 Los balcones en voladizo tienen menor impacto en la luz natural y la eficiencia energética.
- 2 Los balcones rematados aumentan el factor de forma, el área del muro exterior y la longitud de los puentes térmicos. Cuando no se puedan evitar los balcones empotrados, el balance energético se debe compensar en otro sitio.
- 3 En orientación sur, intenta alinear verticalmente los balcones para dar sombra a las ventanas y puertas balconeras que se encuentran debajo.
- 4 Considera proporcionar sombra a la ventana del último piso.
- 5 Las pasarelas de acceso deben tener un soporte estructural y estar fijadas al edificio, en lugar de estar en voladizo. Esto reduce el impacto y el coste de los conectores con rotura del puente térmico. Sin embargo, la estructura debe ser liviana para evitar dar mucha sombra a la fachada.

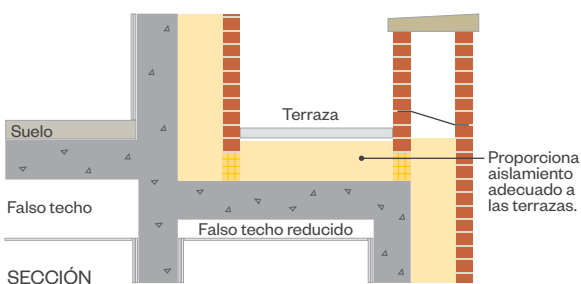
Longitud del puente térmico potencial



### 9 Estructura en voladizo y terrazas

Evita los voladizos o soportales donde sea posible. Cuando sean necesarios, asegúrate de que incluyan espacio para el aislamiento de la estructura que soporta la fachada superior.

Intenta aislar las terrazas con tanto aislamiento como la cubierta principal. Esto puede implicar usar un forjado escalonado y / o aumentar la altura del suelo al techo del edificio en esa planta, para que quepa el espesor adicional del aislamiento.



### 10 De Passivhaus a cero emisiones de carbono

Al diseñar el edificio para cumplir con Passivhaus, has dado un paso significativo hacia la consecución de cero emisiones de carbono. Esto se debe a que la envolvente del edificio ya es tan eficiente energéticamente que solo se requieren niveles muy bajos de climatización de espacios. Solo son necesarios dos pasos clave más para lograr carbono neutro en fase de uso:

- Usa una bomba de calor**  
 La tecnología de climatización óptima para cumplir con cero emisiones de carbono es una bomba de calor. Hay muchos tipos y disposiciones diferentes a considerar. Para una mayor flexibilidad, se debería prever la ubicación de unidades de ventilación externas.
- Diseña la cubierta para paneles fotovoltaicos (FV)**  
 Prioriza las inclinaciones de cubierta asimétricas orientadas a sur o a este / oeste para una máxima generación de energía fotovoltaica. Mantén los parapetos de cubierta lo más bajos posible o mantén la FV alejada de los parapetos. Coloca la instalación de cubierta en el norte para evitar sombras arrojadas.

## Después del diseño conceptual

Passivhaus es un estándar de construcción. La certificación depende de si el diseño del edificio cumple con los criterios. Una vez finalizada la construcción, se verifica el funcionamiento del edificio. Un proyecto no certificado no puede llamarse Passivhaus ya que no se ha verificado la calidad de la construcción.

### Checklist para el equipo de diseño

Esta guía cubre algunas de las primeras decisiones de diseño necesarias para garantizar que la certificación Passivhaus sea posible. Sin embargo, el diseño Passivhaus no se detiene ahí: a continuación se muestra una lista de verificación de las acciones posteriores al diseño conceptual. Éstas son adicionales a las que los diseñadores suelen hacer.

#### Etapa 3 - Proyecto Básico

- Marcar la **línea de aislamiento** en todas las plantas y secciones
- Reparar y analizar los puentes térmicos** junto al ingeniero estructural para pilares, soportes de albañilería, etc.
- Definir la estrategia de hermeticidad e identificar la **línea de hermeticidad** en todas las plantas y secciones.
- Diseño de VMRC** que incluya distribución y medición de las longitudes de los conductos de admisión y extracción a los muros exteriores para cada vivienda tipo
- Medición de **longitudes de tuberías de calefacción y agua caliente** para las viviendas tipo
- El cliente debe **contratar un certificador Passivhaus** para revisar el trabajo del diseñador Passivhaus.
- Composiciones detalladas** de todos los cerramientos externos, incluyendo el espesor y la conductividad de todos los materiales
- Cálculos detallados de los valores U** (incluyendo sistemas de soporte de mampostería, etc.)
- Identificación de todas las **uniones tipo donde se producen puentes térmicos** (por ejemplo, parapeto tipo A, tipo B)
- Cálculos de puentes térmicos** para una selección de las uniones más importantes.
- Definición de requisitos del test de hermeticidad** para el contratista.

#### Etapa 4 - Proyecto de Ejecución (además de la etapa 3)

- Desarrollo de detalles de unión** para ventanas y puertas.
- Revisión de la línea de hermeticidad** en cada detalle e identificación de los requisitos de hermeticidad para penetraciones de instalaciones
- Revisión y análisis de puentes térmicos** para comprobar las longitudes de puentes térmicos y valores Psi
- Cálculos de puentes térmicos** para determinar los valores Psi para todas las uniones
- Diseño de VMRC** que incluya distribución de conductos y medición de la longitud de los conductos de admisión y extracción para **todas las viviendas**
- Medición de longitudes de **tuberías de calefacción y agua caliente** para todas las viviendas.
- Preparar el **Pliego de Condiciones técnicas** para la **licitación Passivhaus**
- Contactar con el **certificador Passivhaus** para la comprobación del diseño.

#### Etapa 5 - Construcción

- Reunión y repaso** en obra de introducción a la **construcción de bajo consumo energético**
- Formación** para el jefe de obra y su **equipo** sobre los requisitos de la **calidad constructiva** que abarcan el aislamiento y la hermeticidad.
- Preparación del **material para las charlas informativas** y de iniciación en obra sobre **Passivhaus** a los equipos
- Visitas de obra** regulares de control de calidad de la construcción Passivhaus (según el tamaño del proyecto, al menos seis) combinadas con visitas regulares
- Preparar informes relativos a las **visitas de obra** de control de calidad Passivhaus y **comentarios** para el equipo de obra destacando las acciones clave requeridas
- Elaborar y actualizar regularmente el documento de **seguimiento de calidad de obra** existente, incluyendo los aspectos Passivhaus
- Tests de hermeticidad para detectar fugas** antes de colocar los acabados interiores
- Segundo test de hermeticidad** previo a la finalización
- Presenciar la **puesta en marcha** del sistema **VMRC**
- Presenciar la **puesta en marcha** del sistema de **climatización**
- Desarrollar y adaptar el **modelo PHPP** de diseño durante la obra, hasta obtener el modelo PHPP construido
- Verificar el cumplimiento** de los requisitos Passivhaus
- Contactar con el **certificador Passivhaus** para el control de la construcción
- Elaborar el **informe final de cumplimiento Passivhaus**

#### Etapa 6 - Entrega y fin de obra

- Proporcionar **instrucciones sencillas** para el **usuario** (ej. etiqueta adhesiva en VMRC para el reemplazo del filtro)
- Fijar una **placa Passivhaus** en el edificio para mostrar que el/los edificio/s cumplen con el estándar.

#### El diseñador y certificador Passivhaus

En cada proyecto Passivhaus en el que se pretenda obtener la certificación, deberá haber un diseñador y un certificador independientes. El trabajo del diseñador es apoyar el proceso de diseño y llevar a cabo el modelado de la Herramienta de Planificación Passivhaus (PHPP) en cada etapa. Será necesario contratar un certificador Passivhaus antes de la licitación para verificar el modelo del diseñador y confirmar el cumplimiento.

#### Considera el contrato de construcción

El tipo de contrato de construcción es importante para un proyecto Passivhaus. Esto se debe a que la calidad de la construcción debe ser alta. Por lo tanto, considera si usar un contrato convencional puede tener más ventajas frente a un contrato de proyecto y construcción. Bajo este tipo de contrato, el certificador Passivhaus seguirá estando del lado del cliente y el diseñador será designado por el contratista.