

MANUAL **SATE** PARA TÉCNICOS

Rehabilitación de Fachadas mediante
Sistema de **Aislamiento Térmico Exterior**



bizkaiko aparailari
eta arkitekto tekniko
elkargo ofiziala



colegio oficial de
aparejadores y arquitectos
técnicos de bizkaia

Prohibida la reproducción total o parcial, sin el consentimiento del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia.

Manual técnico de SATE

Rehabilitación de Fachadas mediante Sistema de Aislamiento Térmico Exterior

Marta Epelde Merino



bizkaiko aparailari
eta arkitekto teknikoen
elkargo ofiziala



colegio oficial de
aparejadores y arquitectos
técnicos de bizkaia

1ª Edición:	Abril 2025
Copyright © de los textos, tablas e imágenes:	Autora, Marta Epelde Merino
© de las ilustraciones y edición:	Autora, Argi Intxausti Cortadi
Dirección y coordinación:	Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia
Portada:	Autor, Enrique Mustadi Berasaluce
Edición:	Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia.
Impresión:	Printhouse S.L.
Depósito legal:	BI 407-2025
ISBN:	978-84-09-71032-4

Esta publicación se ha elaborado para ser utilizada por técnicos con capacidad para evaluar su contenido y cada lector asume la responsabilidad del uso de la información del presente documento.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES.....	17
1.1. Introducción.....	17
1.2. Breve historia.....	19
1.3. Estado del arte.....	20
CAPÍTULO 2: CRITERIOS PREVIOS PARA DEFINIR UN PROYECTO DE SATE.....	23
2.1 Criterio de definición de la envolvente térmica y puentes térmicos.....	24
2.1.1 Errores en la definición de la envolvente térmica.....	27
2.1.2 Puentes térmicos comunes en un SATE.....	30
2.1.3 Estimación del valor de un puente térmico.....	32
2.1.4 Ejemplos de mitigación de puentes térmicos: encuentro del SATE con balcón.....	34
2.1.5 Ejemplos de mitigación de puentes térmicos: encuentro del SATE con acera.....	36
2.1.6 Ejemplos de mitigación de puentes térmicos: posición de la carpintería respecto del SATE.....	38
2.1.7 Repercusión de un puente térmico en el riesgo de humedades de condensación.....	40
2.1.8 Consideraciones finales sobre la continuidad de la envolvente y los puentes térmicos.....	40
2.2 Puntos singulares y adaptación de instalaciones existentes.....	41
2.3 Preparación del soporte: análisis, ensayos y casuísticas.....	44
2.3.1 Intervenciones según estado de conservación y tipo de soporte/acabado.....	46

CAPÍTULO 3: DIRECTRICES PARA DEFINIR LA MEMORIA DE UN PROYECTO DE SATE.....	53
3.1 Descripción general del sistema.....	53
3.2 Certificados relevantes para la correcta definición de un SATE.....	58
3.3 Perfilerías de arranque y otras perfileras de instalación previa al aislamiento.....	61
3.3.1 Perfil de arranque.....	62
3.3.2 Perfil lateral.....	63
3.4 Adhesivos para la instalación del SATE.....	64
3.5 Aislamientos térmicos.....	66
3.5.1 Tipos de materiales aislantes en un SATE.....	67
3.5.2 Características térmicas.....	68
3.5.3 Detalles de colocación de aislamiento.....	69
3.5.3.1 Inicio del planteamiento de las placas.....	69
3.5.3.2 Arranque en aceras o bajo cota acera.....	71
3.5.3.3 Encuentros en esquina.....	72
3.5.3.4 Paño general y zonas opacas de la fachada.....	74
3.5.3.5 Aislamiento en el perímetro de los huecos de carpintería.....	76
3.5.3.6 Franjas cortafuego.....	78
3.5.3.7 Elementos pesados en una fachada SATE.....	79
3.5.3.8 Sombreamientos para el cumplimiento del control solar.....	81
3.5.3.9 Ejemplo de instalación de aislamiento en el edificio modelo.....	83
3.6 Anclajes o espigas: definición y especificaciones.....	95
3.6.1 Tipos de espigas y opciones de colocación.....	96
3.6.2 Importancia de identificar la espiga específica del kit del sistema.....	98
3.6.3 Posición y número de espigas en el panel aislante.....	99
3.6.4 Longitud del anclaje.....	101

3.7	Perfilerías: elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema	102
3.7.1	Perfil clip goterón.....	103
3.7.2	Perfiles cantonera y goterón	103
3.7.3	Perfiles y refuerzos en huecos de ventana.....	104
3.7.4	Perfiles en juntas de dilatación y juntas divisorias.....	105
3.8	Capas base y refuerzo (malla).....	106
3.8.1	Mortero de la capa base	106
3.8.2	Refuerzo (malla o armadura)	107
3.9	Imprimación y capas de acabados	108
3.9.1	Imprimación	109
3.9.2	Acabados con mortero coloreado o pintura decorativa	109
3.9.2.1	Posibilidades estéticas de morteros de acabado coloreados y pinturas decorativas	110
3.9.3	Acabados aplacados.....	111
3.9.4	Acabados decorativos y ornamentales.....	112
3.10	Reposición de instalaciones y elementos pesados en fachada	113
CAPÍTULO 4: DIRECTRICES PARA DEFINIR EL RESTO DEL PROYECTO DE SATE.....		115
4.1	Cumplimiento de normativa	115
4.2	Planos.....	116
4.3	Presupuesto: criterios de medición y ejemplos de partidas	117
4.3.1	Ejemplo de partida tipo para áreas opacas y elementos generales de la fachada.....	117
4.3.2	Partidas específicas para elementos particulares	120
4.4	Pliegos de condiciones.....	121
4.5	Plan de Control de Calidad.....	122
4.6	Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud	125

4.7	Estudio de Gestión de Residuos	125
4.8	Mantenimiento del SATE en el Libro del Edificio.....	126

CAPÍTULO 5: PUNTOS DE INSPECCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTO Y DIRECCIÓN DE OBRA DEL SATE		129
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-----

CAPÍTULO 6: PATOLOGÍAS Y ERRORES MÁS COMUNES DEL SATE.....		135
6.1	Estrategia de análisis de patologías del SATE	138
6.1.1	Desprendimiento o deterioro generalizado del sistema	138
6.1.2	Grietas y fisuras	140
6.1.3	Daños por humedad y crecimiento biológico (hongos o similares)	142
6.1.4	Defectos estéticos.....	144
6.1.5	Otros.....	145
6.2	Ejemplos de patologías del SATE en imágenes	146

REFERENCIAS		157
Bibliografía y referencias		157
Listado de acrónimos.....		158

PRÓLOGO

Los Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) son hoy una solución imprescindible para mejorar la eficiencia energética de los edificios. Por ello, el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia presenta este manual, con el objetivo de que sea una herramienta práctica para profesionales que deseen utilizar esta tecnología de manera adecuada en sus proyectos y obras de rehabilitación.

Su autora, la Arquitecta Técnica Marta Epelde, con una dilatada trayectoria en esta materia, nos guía de forma clara y precisa a través de los aspectos fundamentales de una rehabilitación realizada mediante un sistema SATE. Las ilustraciones y detalles constructivos elaborados por la experta en comunicación visual Argi Intxausti complementan a la perfección el contenido, facilitando la comprensión de los conceptos expuestos, incluso aquellos que pueden resultar más complejos.

La correcta ejecución de una fachada mediante un sistema SATE requiere una planificación previa detallada y una ejecución precisa. Este manual, a través del desarrollo de un caso práctico real, muestra, por ejemplo, cómo un replanteo adecuado permite identificar y resolver correctamente las singularidades de cada proyecto. Se abordan temas como la resolución de esquinas o encuentros con elementos constructivos específicos y la elección de los materiales más adecuados para garantizar la correcta ejecución y la continuidad del aislamiento térmico.

Desde la fase de estudio y proyecto hasta la ejecución y el control de la obra ejecutada, este manual proporciona los conocimientos necesarios para llevar a cabo una rehabilitación energética de alta calidad, ayudando a elegir las soluciones a considerar en cada momento, los puntos clave a controlar y cómo prevenir y, en su caso, reparar las patologías más comunes.

Desde el Colegio os animamos a los y las profesionales del sector a incorporar este manual a vuestra biblioteca y a poner en práctica estos conocimientos en vuestros proyectos y obras de rehabilitación, contribuyendo de esta manera a la mejora de las condiciones de nuestros edificios y a un futuro más sostenible y eficiente energéticamente.

Alberto Campos Saavedra

Presidente del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

El Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) es un tipo de revestimiento exterior ampliamente utilizado como método de aislamiento en las fachadas de edificios. Está compuesto por múltiples capas, que incluyen mortero adhesivo, aislante térmico, mortero base y acabado decorativo, entre otros tipos de materiales y accesorios.

El SATE también es conocido internacionalmente por sus siglas en inglés: ETICS (External Thermal Insulation Composite System) o EIFS (Exterior Insulation Finishing Systems, término común en América).

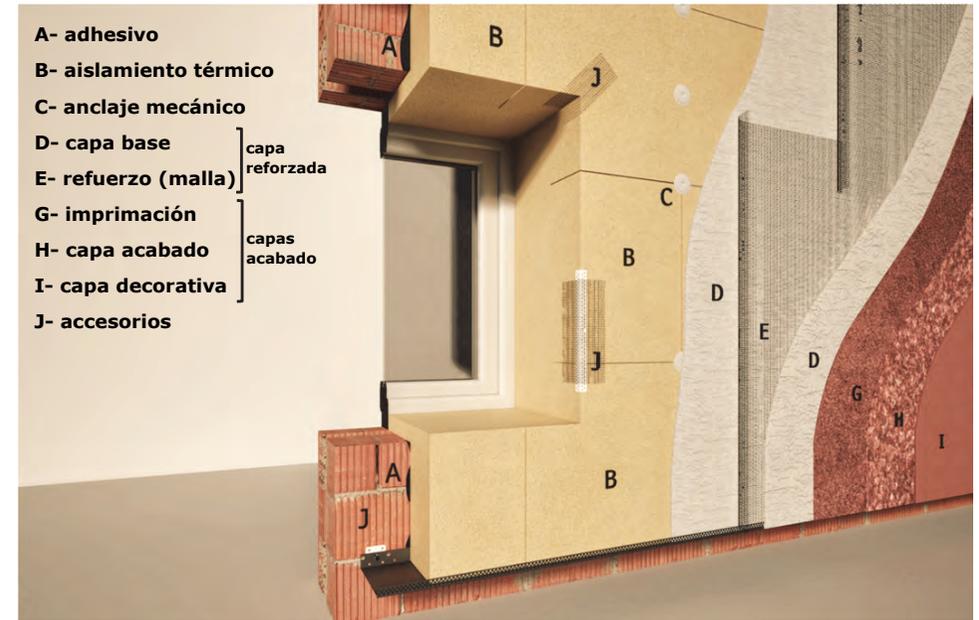


Ilustración 1: Elementos que componen el kit del SATE según prEN17237. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Este sistema es altamente versátil y puede emplearse tanto en proyectos de obra nueva, como en proyectos de rehabilitación de edificios existentes. Su principal función radica en brindar una eficaz y continua protección térmica al edificio, minimizando las pérdidas de calor durante el invierno y ofreciendo una efectiva barrera ante las variaciones climáticas adversas. Indirectamente, este sistema también protege la estructura del edificio al mantenerla a salvo de precipitaciones, salpicaduras y agentes externos.

Es relevante destacar que el SATE, a pesar de sus múltiples funcionalidades, no cumple un rol estructural en sí mismo por lo que no contribuye directamente a la estabilidad de los muros en los que se aplica. Tampoco es su misión asegurar la hermeticidad al aire del edificio, aunque esta propiedad puede lograrse mediante tratamientos previos a la instalación del SATE.

RESUMEN DE PROPIEDADES	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Aislamiento térmico que implica un ahorro energético exponencial y la reducción de emisiones	Revestimiento multicapa formado por un conjunto “kit” de materiales
Protección ante inclemencias del tiempo, aporta mayor durabilidad a las fachadas y soluciona humedades de condensación	Utilización en obra nueva y rehabilitación como solución exterior que no altera el interior de los edificios
Sistema ligero cuya sobrecarga es despreciable para el edificio [Referencia 1]	Uso en superficies verticales y posible uso en superficies horizontales o inclinadas no expuestas a precipitación
Sistema no estructural que no está planteado para contribuir a la estabilidad del cerramiento [Referencia 1]	Posibilidad de uso de materiales naturales y/o materiales para la economía circular
Generalmente transpirable y no estanco al aire	Múltiples opciones de acabados decorativos, texturas y tonalidades
	No produce variación esencial de la composición exterior del edificio ni de su volumetría [Referencia 1]

1.2. Breve historia

Los primeros Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) surgieron a mediados del siglo XX en Europa como una respuesta a la necesidad de mejorar la eficiencia energética de los edificios y reducir las pérdidas de calor. Surgen gracias a dos hitos ocurridos a principios de la década de los 50: la primera patente de poliestireno expandido (EPS) y el desarrollo del primer revoco sintético con ligantes en base agua. La evolución en la combinación de ambos materiales dio lugar a una solución que permitía aislar edificios de fábrica o mampostería. Posteriormente se empezaron a utilizar SATE con sistemas minerales.

Su expansión surgió en Berlín en 1957 (primer SATE en un edificio residencial del que se tiene constancia) y avanzó hacia Suiza y Austria llegando incluso hasta los Estados Unidos. Su florecimiento definitivo brotó a raíz de la crisis del petróleo de los años 70, cuando el auge de precios energéticos trajo la necesidad de reducir la energía consumida para calefactar los edificios, impulsando esta solución con aislamiento térmico que reducía las pérdidas de calor.

Los SATE, ampliamente utilizados en Centroeuropa desde los años 70, han tardado un poco más en extenderse por los países del sur de Europa. Según la *European Association for ETICS*, en el conjunto del continente se han instalado 332 millones de metros cuadrados de SATE con espesores medios de aislamiento de 125mm.

El uso del SATE no solo está relacionado con la eficiencia energética, sino que su efectividad para solventar humedades de condensación hizo que fuera utilizado novedosamente en varios edificios de Donostia-San Sebastián a principios de los años 90.

En los documentos de evaluación europea de la EOTA (*European Organisation for Technical Assessment*), se indica una vida útil de los SATE de 25 años, mientras que la garantía que ofrecen los fabricantes es de alrededor de 5-10 años. En este punto es importante no confundir vida útil y garantía y tener en cuenta que la garantía de un fabricante estará vigente solo si se han seguido las técnicas y los materiales del “kit” previsto por este.

Debido a que el SATE tiene apenas 10-20 años de evolución histórica en el entorno cercano, se pueden tomar como referencia los estudios del Instituto Fraunhofer [Referencia 2] en países como Alemania para entender la durabilidad real que los sistemas están teniendo. En ellos se ha estudiado la evolución de 11 sistemas SATE cuya antigüedad varía entre 29 y 45 años, observando que 10 de los 11 sistemas analizados podían ser clasificados como “prácticamente libre de defectos”.

Los estudios constatan que los fallos de durabilidad en los SATE se deben a técnicas y/o materiales empleados fuera de los elementos previstos por el fabricante y que se aumenta significativamente la vida útil de los sistemas con una correcta cultura de mantenimiento, limpieza o renovación de revocos.

1.3.Estado del arte

En cuanto a la evolución técnica de los SATE, a lo largo de los años se han ido mejorando tanto en términos de eficiencia energética como en su estética y variedad de acabados.

- Mejora de los materiales aislantes.

Los paneles de poliestireno expandido (EPS) y lana mineral (MW) han optimizado su conductividad térmica y su capacidad aislante, pasando de valores de $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ a valores de $\lambda = 0,031\text{-}0,029 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

También se han desarrollado nuevos paneles de materiales como el poliisocianurato (PIR) con $\lambda = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ aprox. Todos estos materiales ofrecen mayor resistencia térmica en menor espesor de material, reduciendo más eficazmente las pérdidas de calor con menor espesor de aislamiento.
- Sistemas de fijación y anclaje.

Se han introducido sistemas de fijación y anclaje más eficientes y seguros para los paneles aislantes. Esto garantiza una correcta instalación del SATE y evita posibles problemas como desprendimientos o fisuras en la fachada.
- Avances en morteros y revestimientos.

Se han desarrollado morteros con propiedades mejoradas de adherencia y resistencia a la fisuración sustituyendo los materiales cementosos de los mismos por resinas y productos derivados.
- Sensibilidad estética.

Los SATE poseen una amplia variedad de acabados estéticos que se adaptan a diferentes estilos arquitectónicos y preferencias del cliente.

Se puede trabajar con las diferentes texturas y colores que permiten los morteros de acabado, pero también se han desarrollado acabados de SATE cerámicos y/o moldurados. Con todo ello se abre la posibilidad de realizar réplicas de todo tipo de revestimientos y elementos decorativos u ornamentales en edificios patrimoniales o con un interés estético relevante.
- Mejores prestaciones frente al fuego.

Los SATE están enfocados a ofrecer soluciones que permitan altos estándares de resistencia al fuego mediante combinaciones de aislamientos ignífugos y materiales retardantes al fuego.

- Integración de sistemas de ventilación.

Para mejorar la calidad del aire interior y la eficiencia energética, se ha comenzado a integrar los equipos y/o las conducciones de sistemas de ventilación mecánica controlada en los SATE. Este tipo de integración permite una renovación adecuada del aire interior sin comprometer de forma significativa el aislamiento térmico.

- Enfoque en la sostenibilidad.

El mercado de los SATE ya permite responder a necesidades de sostenibilidad mediante sistemas con materiales ecológicos y/o reciclables de distinta índole. Por ejemplo, existen SATE que utilizan aislantes naturales (corcho) o reciclados (fibra de madera), combinados con morteros y acabados naturales como la cal y/o el silicato.

- Minimización de residuos.

Existen programas de recuperación de recortes de aislamiento en obra y soluciones “SATE sobre SATE”. Esta última solución propone instalar una nueva capa de acabado o un nuevo SATE sobre el existente, en vez de demoler y convertir en residuo un SATE con deficiencias en el acabado o que se haya quedado energéticamente obsoleto.

También han surgido sistemas que proponen el uso de sistemas puramente mecánicos y sin adhesivo al soporte para facilitar la clasificación de los elementos del SATE de forma que se puedan separar los morteros de acabado del aislamiento térmico con el objetivo de permitir la gestión separada de estos materiales de distinta naturaleza y reciclabilidad.

CAPÍTULO 2

CRITERIOS PREVIOS PARA DEFINIR UN PROYECTO DE SATE

CAPÍTULO 2: CRITERIOS PREVIOS PARA DEFINIR UN PROYECTO DE SATE

Los SATE son sistemas de aislamiento muy versátiles y con una gran capacidad de adaptación a las diferentes casuísticas de los edificios, incluso de los existentes. Sin embargo, al abordar un proyecto de este tipo, es importante atender y revisar ciertos principios para la correcta definición de las pautas con las que se va a plantear el sistema.

En este capítulo se desarrollan aquellos criterios a tener en cuenta para la definición general del sistema: los análisis de envolvente y los puentes térmicos, los puntos singulares e instalaciones y la preparación del soporte. Estos se describen al inicio de esta publicación por ser cuestiones que deben concretarse en las primeras fases del proyecto.

Para ilustrar a lo largo de toda la publicación algunas de las soluciones y casuísticas que existen en la intervención en edificios existentes, se ha desarrollado un ejemplo de rehabilitación mediante SATE de una vivienda bifamiliar real de 3 plantas (planta semisótano, planta baja y planta primera). El edificio modelo seleccionado es intencionadamente complejo en su casuística de encuentros constructivos, tipología de soluciones que requiere y elementos que necesitan tratamiento estético.



Ilustración 2: Fachada principal del edificio modelo.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 3: Fachada lateral del edificio modelo.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

2.1 Criterio de definición de la envolvente térmica y puentes térmicos

Una de las cuestiones fundamentales en la conceptualización de un proyecto de envolvente energética con SATE, tanto de obra nueva como rehabilitación, es la definición de la envolvente térmica. La envolvente térmica la forman los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos. Su mejora mediante aislamiento térmico o cerramientos de alta calidad térmica es la estrategia fundamental para la reducción de la demanda energética en los edificios.

La envolvente térmica protege los espacios habitables de su contacto con el exterior, con el terreno o con espacios no habitables buscando, además, la continuidad del aislamiento térmico (Ilustración 4). Esta continuidad debe cumplirse tanto en sección como en planta, siendo su objetivo la limitación de pérdidas energéticas a través de los elementos constructivos en contacto con el exterior, con el terreno o con espacios no habitables.

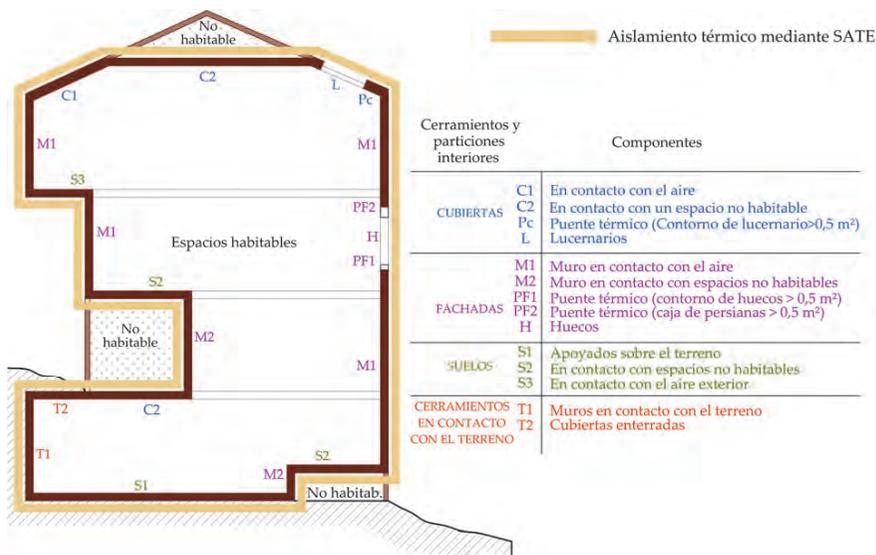


Ilustración 4: Criterio de definición de la envolvente térmica ilustrado en la normativa estatal.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti. sobre la base del DB HE1 (versión 2006).

Para ilustrar la necesaria y obligatoria reflexión inicial sobre cuál va a ser la línea que define la envolvente térmica, mostramos el ejemplo del edificio modelo (Ilustración 2), en el que se estudia la instalación de un sistema SATE. La vivienda cuenta con intervenciones previas donde se ha aislado la cubierta, el suelo del sótano y se ha realizado un trasdosado con aislamiento en las paredes del sótano. La implicación de estas intervenciones anteriores en la envolvente se ha marcado en línea discontinua naranja en las dos secciones que se presentan (Ilustración 5, Ilustración 6). El SATE y el cambio de ventanas (línea continua beige) se realiza precisamente para completar la envolvente térmica y lograr la deseada continuidad del aislamiento.

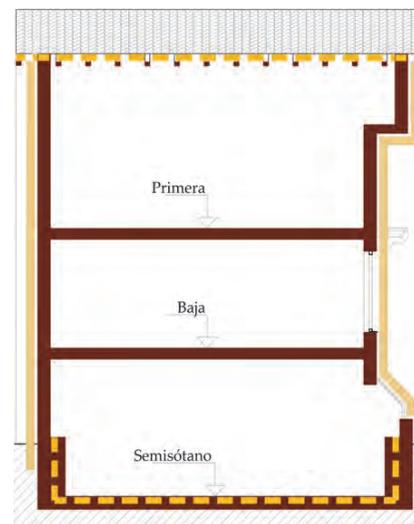


Ilustración 5: Ejemplo de definición en sección transversal de envolvente térmica en el edificio modelo.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

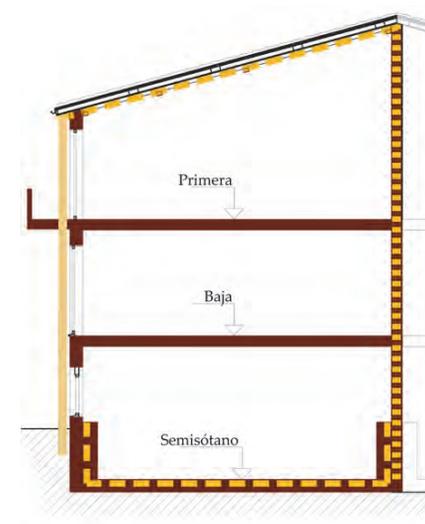


Ilustración 6: Ejemplo de definición en sección longitudinal de envolvente térmica en el edificio modelo.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Este mismo análisis se debe realizar también en planta para asegurar que no haya ningún elemento (urbano, arquitectónico) que impida la continuidad de la envolvente en ese plano.

En el caso del edificio modelo, existen tres fachadas en contacto con el exterior y una medianera donde es necesario generar la envolvente ininterrumpida que asegure la continuidad de aislamiento. La medianera, que está en contacto con otra vivienda calefactada, se considera cerramiento adiabático o sin intercambio de calor (línea de eje naranja ■ ■ ■ ■ ■), por lo que formará parte de la envolvente, pero no requerirá SATE al no producirse pérdida energética. En consecuencia, la envolvente térmica estará compuesta por la medianera adiabática y las tres fachadas exteriores a las que se les añadirá el SATE (*Ilustración 7*).



Ilustración 7: Línea de envolvente en la planta del edificio modelo. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

2.1.1 Errores en la definición de la envolvente térmica

El descuido en la continuidad de la envolvente térmica provoca situaciones de baja eficiencia energética y/o creación de puentes térmicos, elevando el riesgo de condensaciones y la aparición de insalubres hongos y mohos en los cerramientos interiores. La aparente sencillez en la definición de la envolvente térmica no es cierta, sobre todo en rehabilitación energética, donde la confusión y los errores en su definición son comunes.

En la imagen termográfica pueden verse fachadas pertenecientes a dos comunidades de propietarios distintas que han sido rehabilitadas energéticamente con diferente criterio (*Imagen 1*). Las fachadas cierran en ambos casos espacios residenciales habitables y calefactados, que incluyen la planta baja y las superiores:

- En la rehabilitación energética del portal de la izquierda (A), el criterio erróneo ha sido dejar fuera de la envolvente térmica la vivienda de planta baja (espacio habitable y calefactado). La imagen termográfica muestra en colores anaranjados la mayor pérdida energética en esa superficie no aislada.
- En el portal de la derecha, el criterio de envolvente térmica tampoco es correcto. Acertadamente se ha incluido la vivienda de planta baja (B) en la envolvente, que muestra colores morados que indican menos pérdida energética. Sin embargo, se han dejado importantes puentes térmicos en el canto de forjado de la planta primera (C) y en el encuentro de planta baja con la acera (D).

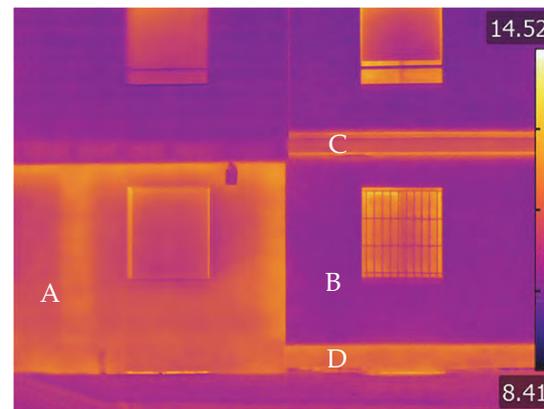


Imagen 1: Imagen termográfica que muestra criterios erróneos en la definición de la envolvente térmica. Fuente: Marta Epelde.

Siguiendo con el análisis de estas fachadas, se observan de nuevo errores en la definición de la envolvente térmica (*Imagen 2*). Este caso se debe a la discontinuidad de la envolvente térmica por ausencia de aislamiento en la fachada de planta baja, el canto de forjado y la parte inferior del mirador:

- La vivienda de planta baja se ha dejado sin aislamiento térmico (E), donde los colores anaranjados indican mayor pérdida energética que en plantas superiores. Al ser un espacio calefactado y habitable, debería haberse incluido en la envolvente térmica de la rehabilitación energética.
- Aparece el puente térmico continuo en el canto de forjado entre planta baja y planta primera con los característicos colores amarillos (F).
- Además, en esta fachada se observa que tampoco se ha aislado la cara inferior del forjado en voladizo (el suelo del saliente). Esta superficie también debería haberse incluido en la envolvente térmica de la rehabilitación energética realizada ya que, en todo caso, corresponde con el suelo de una estancia calefactada en contacto con el exterior.



Imagen 2: Detalle de ausencia de continuidad de envolvente térmica provocando discontinuidad en la envolvente en el suelo del mirador, canto forjado y planta baja. Fuente: Marta Epelde.

En las imágenes termográficas del edificio modelo se observa un peor comportamiento de la zona retranqueada de balcones frente a la superficie de fachada. Se puede observar este comportamiento y los puentes térmicos que existen en los dinteles y en el encuentro de la fachada con el alero (*Imagen 3*).

*Imagen 3: Vista de la fachada principal del edificio modelo
Fuente: Marta Epelde.*



En la siguiente imagen termográfica se percibe mayor pérdida energética bajo la ventana, por un radiador situado en el interior y que, ante la ausencia de aislamiento, genera mayor pérdida energética en esa zona (*Imagen 4*).

*Imagen 4: Pérdida energética singular bajo la ventana en fachada.
Fuente: Marta Epelde.*



A continuación, se advierte una pérdida energética significativa tanto en el encuentro como en el paño de menor superficie (*Imagen 5*).

Curiosamente, este comportamiento se debe a la existencia de una antigua puerta en ese lugar tabicada con material de menor calidad energética.

*Imagen 5: Detalle de pérdida energética singular entre encuentros de la fachada trasera.
Fuente: Marta Epelde.*



2.1.2 Puentes térmicos comunes en un SATE

Las siguientes ilustraciones del edificio modelo muestran el ejemplo de aquellos encuentros y puntos en los que la continuidad de la envolvente puede verse comprometida. En ellos es necesaria una revisión del detalle constructivo y la búsqueda de la solución de continuidad o, al menos, la máxima reducción del puente térmico.



Ilustración 8: Encuentros que impiden la continuidad de la envolvente (fachada principal). Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 9: Encuentros que impiden la continuidad de la envolvente (fachada lateral). Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Marcadas en color claro se muestran, como caso general, aquellas soluciones constructivas que se deben revisar:

- A - Encuentro de fachada con huecos.
- B - Encuentro de fachada con cubierta o aleros.
- C - Encuentro de fachada con acera.
- D - Encuentro de fachada con elementos ornamentales o puntuales.
- E - Encuentro de fachada con elementos salientes como voladizos, antepechos o balcones.

Se observan encuentros (Ilustración 10, Ilustración 11) donde se producen puentes térmicos lineales (balcones-letra E-) y puntuales (jabalcones-letra D- y solivos-letra E-). En estos ejemplos no es posible conseguir la continuidad de aislamiento por la existencia de elementos estructurales fijos.

También se observa en ambas ilustraciones el detalle de encuentro con huecos (letra A) que es importante estudiar para realizar un planteamiento de continuidad de aislamiento (ver apartado 2.1.6).

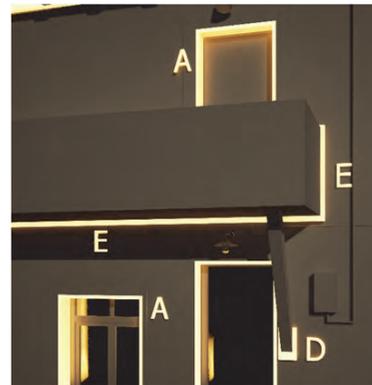


Ilustración 10: Encuentros que impiden la continuidad del aislamiento: fachada con balcón y antepecho (letra E) y fachada con jabalcón (letra D). Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 11: Encuentros que impiden la continuidad del aislamiento: fachada con forjado de balcón y solivos (letra E) y huecos (letra A). Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Esta imposibilidad de continuidad en el aislamiento (losas escalera, balcón, jabalcones, solivos, perímetro de huecos, etc.) obliga al estudio del detalle constructivo para minimizar la pérdida energética y reducir al máximo el riesgo de condensaciones.

Ocurre lo mismo con aquellos encuentros del SATE con la acera existente (letra C) o SATE con cubierta existente (letra B), donde a menudo no es posible “conectar” el nuevo aislamiento del SATE con el aislamiento preexistente.

En algunos casos excepcionales, donde la estructura, los condicionantes y el presupuesto lo permiten, se puede plantear la demolición de elementos volados como balcones para reponerlos posteriormente con sistemas que eviten el puente térmico y la discontinuidad de aislamiento.

Situaciones particulares aparte, las estrategias generales para intentar mitigar al máximo los mencionados puentes térmicos inevitables, pasan por:

Incluir aislamiento al interior (solución compleja en las casuísticas de edificios existentes)	Aumentar la longitud y/o el solape del aislamiento en la línea o el punto conflictivo	Aumentar el espesor u optimizar la conductividad del aislamiento alrededor de la zona conflictiva
------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

2.1.3 Estimación del valor de un puente térmico

Dado que resulta de gran ayuda entender qué valores de puente térmico son aceptables energéticamente hablando, se reproduce a continuación una tabla orientativa presente en una de las guías de aplicación del Documento Básico de Ahorro de Energía [Referencia 3]. Como se puede observar, los puentes térmicos cuyo valor de pérdida energética supera los 0,2 W/(m·K) ya son considerados peligrosos y, desgraciadamente, es frecuente que no se repare en ellos y en su posible mitigación.

	Ψ_i [W/(m·K)]	Valoración del puente térmico
Continuidad de aislamiento por interior o exterior	0,01-0,2	CORRECTO
Sin continuidad de aislamiento por interior o exterior	0,2-0,5	PELIGROSO
Sin aislamiento o con separación por grandes masas macizas	> 0,5	DEFICIENTE

Tabla 1: Clasificación del puente térmico según la solución constructiva del aislamiento. Fuente: Guía de aplicación del DB-HE 2019.

Además de empezar a tomar conciencia de los valores peligrosos, es importante entender que lo deseable es el diseño “libre de puentes térmicos” que predicen estándares como el Passivhaus, donde se promueve el diseño con puentes térmicos cuyos valores de cálculo estén por debajo de 0,01 W/(m·K).

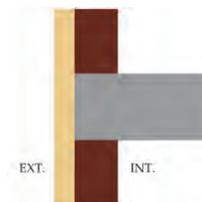
Para realizar estimaciones sobre el valor de la pérdida energética de un puente térmico, es posible utilizar el *Atlas de Puentes Térmicos del CTE* [Referencia 4]. Se trata de una herramienta muy útil para obtener valores aproximados de la transmitancia térmica lineal (ψ) para encuentros constructivos comunes CON continuidad o SIN continuidad de aislamiento, permitiendo entender la diferencia de comportamiento energético entre ambas situaciones.

A continuación, se muestra un ejemplo de estimación de pérdida energética mediante el *Atlas de Puentes Térmicos* para un frente de forjado protegido por un SATE con continuidad de aislamiento (Tabla 2) o un frente de forjado con el aislamiento de fachada interrumpido, es decir, sin continuidad de aislamiento (Tabla 3).

CON continuidad de aislamiento.

Se supone un muro de fachada con SATE cuya transmitancia térmica (U_{muro}) se ha conseguido elevar a 0,27 W/m²K gracias al aislamiento térmico exterior (■). El espesor de forjado es de 30 cm (■).

Al considerar los valores de U_{muro} 0,27 W/m²K y espesor de forjado 30 cm en la columna Ψ_i al considerar cálculo por el interior según CTE (Tabla 2), el valor orientativo se sitúa en 0,10 W/(m·K), valor “Correcto” (Tabla 1).



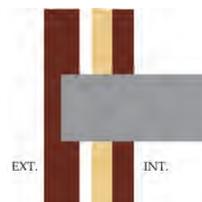
U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_e [W/mK]			Ψ_i [W/mK]		
	Espesor forjado (cm)			Espesor forjado (cm)		
	25	30	35	25	30	35
0,73	0,02	0,02	0,02	0,25	0,29	0,33
0,44	0,01	0,01	0,01	0,15	0,17	0,19
0,31	0,00	0,00	0,00	0,10	0,12	0,13
0,27	0,00	0,00	0,00	0,08	0,10	0,12
0,24	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	0,10

Tabla 2: Transmitancia térmica lineal para frentes de forjado con continuidad del aislamiento de fachada. Fuente ilustración y tabla: Atlas Puentes térmicos del CTE.

SIN continuidad de aislamiento por interrupción de este a causa del forjado.

Incluso planteando la misma calidad energética de la fachada con aislamiento en la cámara (■, U_{muro} 0,27 W/m²K) y el mismo espesor de forjado (30 cm ■), el valor del puente térmico aumenta significativamente.

Para este encuentro constructivo sin continuidad de aislamiento, el valor de pérdida energética en el puente térmico (Tabla 3) es de 0,81 W/(m·K), valor “Deficiente” (Tabla 1).



U_{muro} [W/m ² K]	Ψ_e [W/mK]			Ψ_i [W/mK]		
	Espesor forjado (cm)			Espesor forjado (cm)		
	25	30	35	25	30	35
0,73	0,64	0,70	0,76	0,88	0,97	1,07
0,44	0,67	0,74	0,81	0,81	0,91	0,99
0,31	0,65	0,72	0,79	0,75	0,84	0,92
0,27	0,64	0,71	0,78	0,72	0,81	0,89
0,24	0,62	0,69	0,76	0,70	0,78	0,86

Tabla 3: Transmitancia térmica lineal para frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada. Fuente ilustración y tabla: Atlas Puentes térmicos del CTE.

2.1.4 Ejemplos de mitigación de puentes térmicos: encuentro del SATE con balcón

Para aquellos encuentros sin posibilidad de continuidad del aislamiento, se han mencionado en el apartado 2.1.2 dos estrategias. Por un lado, aumentar la longitud y/o el solape del aislamiento en la línea o el punto conflictivo y, por otro lado, aumentar el espesor u optimizar la conductividad del aislamiento alrededor la zona conflictiva.

En este apartado se plantea el ejemplo de mitigación del puente térmico mediante estas dos estrategias para la casuística de un balcón que interrumpe la continuidad del SATE en la fachada (*Ilustración 12*). En la primera estrategia (*Ilustración 13*) se ha planteado la mitigación del puente térmico mediante el uso de un aislamiento de conductividad térmica optimizada (PIR, Poliisocianurato) en contacto con el encuentro (color rojo ). En los cálculos se observará el grado de optimización que aporta en este caso concreto (*Cálculo 2*).

En la segunda estrategia (*Ilustración 14*) se ha planteado la mitigación que consiste en aumentar el solape y/o la longitud del aislamiento alrededor del puente térmico, instalando en este caso aislamiento en el suelo, el frente y el techo del balcón. De cara a estudiar una propuesta realista de este encuentro constructivo, se ha planteado un espesor de aislamiento reducido en el suelo del balcón (4 cm), dado que suele ser una superficie donde hay mayores inconvenientes para incluir espesores considerables de aislamiento. En el techo y el frente del balcón, se ha planteado un espesor de 10 cm, obteniendo resultados claramente diferentes (*Cálculo 3*).

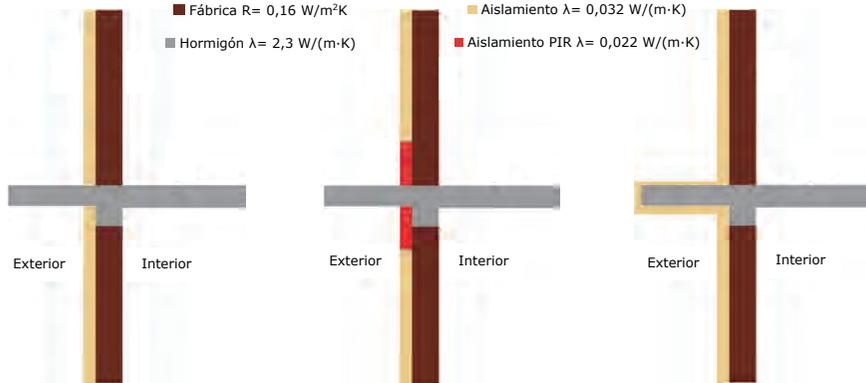


Ilustración 12: Puente térmico conflictivo en el encuentro del SATE con balcón. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Ilustración 13: Mitigación con aislamiento de conductividad optimizada. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

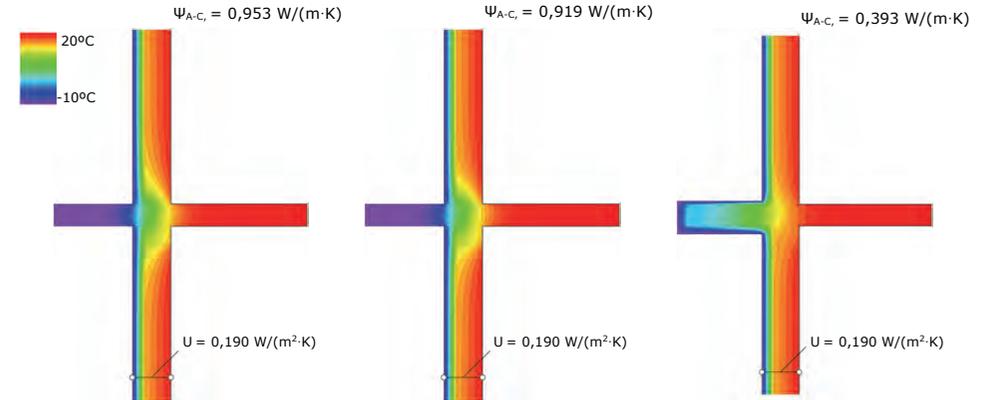
Ilustración 14: Mitigación con aislamiento envolviendo el balcón. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Para los tres casos presentados se han llevado a cabo cálculos de pérdida energética que muestran las grandes diferencias entre las soluciones menos intervencionistas (*Cálculo 2*) y las más integrales (*Cálculo 3*).

En el puente térmico sin estrategia de mitigación arroja un valor de pérdida energética de $0,953 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (*Cálculo 1*). Este valor apenas mejora hasta los $0,919 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ cuando la estrategia de mitigación utilizada consiste en el uso de aislamiento térmico optimizado en el contorno del puente térmico (*Cálculo 2*).

Solo la estrategia de mitigación más integral (*Cálculo 3*), ha logrado una mejora significativa con un valor de $0,393 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, gracias a la instalación de aislamiento rodeando el puente térmico (4 cm en suelo y 10 cm en canto y techo). Sin embargo, debe recordarse que este valor está clasificado como "Peligroso" (*Tabla 1*) y, por tanto, la actuación planteada aún no sería suficiente para obtener un puente térmico mitigado satisfactoriamente.

Por ello, la recomendación sería continuar con el estudio de las posibilidades de mitigación, planteando un aumento del espesor de aislamiento en suelo y calculando de nuevo el valor del puente térmico.



Cálculo 1: Valor de transmitancia térmica lineal para el puente térmico sin continuidad de aislamiento y sin estrategia de mitigación. Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

Cálculo 2: Valor de transmitancia térmica lineal con mitigación por uso de aislamiento de conductividad térmica optimizada. Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

Cálculo 3: Valor de transmitancia térmica lineal con mitigación por continuidad de aislamiento térmico alrededor del puente térmico inicial. Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

2.1.5 Ejemplos de mitigación de puentes térmicos: encuentro del SATE con acera

En este caso, el ejemplo de mitigación que se expone utiliza la estrategia de aumento de longitud de solape entre aislamientos.

Se parte de la casuística que sucede en el edificio modelo (*Ilustración 8, Ilustración 9*), donde el SATE de fachada se interrumpe al llegar a la acera provocando un encuentro sin continuidad de la envolvente térmica (letra C).

Se ha desarrollado el detalle constructivo para el análisis del puente térmico inevitable por la falta de continuidad de aislamiento exterior por encuentro con acera (*Ilustración 15*). Además, se puede observar que existe también discontinuidad del aislamiento exterior con aislamiento interior del semisótano.

A continuación, se ha procedido a la mitigación del puente térmico mediante la prolongación del SATE por debajo de la cota de acera (*Ilustración 16*). Como se puede deducir, la estrategia empleada ha consistido en el aumento de la longitud de solape entre aislamientos exterior e interior.

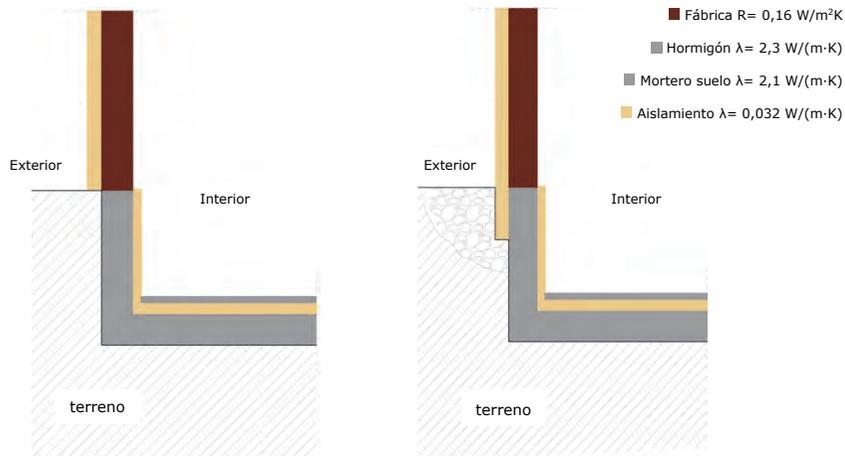


Ilustración 15: Ejemplo de puente térmico conflictivo por encuentro de fachada SATE con acera y discontinuidad de aislamiento exterior-interior.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

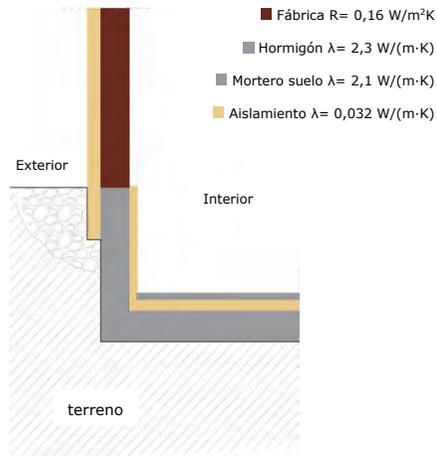


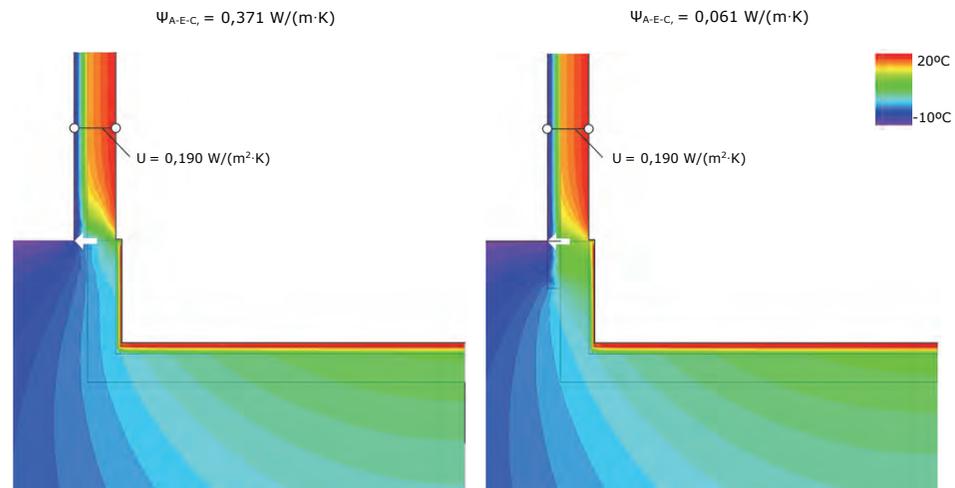
Ilustración 16: Puente térmico mitigado gracias al nuevo solape entre el aislamiento exterior (SATE) y el aislamiento existente de semisótano.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

A continuación, se observa la diferencia de comportamiento energético de ambas casuísticas.

Correspondiente al puente térmico sin mitigar (*Ilustración 15*), el valor energético se sitúa en $0,371 \text{ W/(m·K)}$ (*Cálculo 4*), valor que se puede calificar de "Peligroso" (*Tabla 1*). La discontinuidad entre el aislamiento exterior con SATE y el aislamiento interior del trasdosado causa por tanto una solución constructiva térmicamente desfavorable. Además, la suma de los metros lineales que este puente térmico supone en el conjunto del edificio modelo es considerable, por lo que supone uno de los puentes térmicos cuya mitigación resulta prioritaria.

En el puente térmico mitigado (*Cálculo 5*), la pérdida energética se reduce de forma considerable, disminuyendo hasta $0,061 \text{ W/(m·K)}$. Esto sitúa la solución propuesta en la categoría de "Correcto" según la misma tabla mencionada anteriormente y demuestra que esta estrategia de mitigación (aumento de la longitud de solape entre aislamientos) es altamente efectiva en estas casuísticas.



Cálculo 4: Puente térmico de encuentro del SATE con acera sin estrategia de mitigación.

Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

Cálculo 5: Puente térmico de encuentro del SATE con acera mitigado mediante solape entre aislamientos.

Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

2.1.6 Ejemplos de mitigación de puentes térmicos: posición de la carpintería respecto del SATE

En el caso de los huecos, que también suponen una cantidad considerable de metros lineales de puente térmico, determinadas ubicaciones de la carpintería reducen o incluso eliminan el puente térmico que se produce. A continuación se muestran tres casuísticas a analizar:

- Una rehabilitación energética en edificios existentes sin aislamiento en mochetas (*Ilustración 17*).
- Una solución de continuidad de aislamiento del SATE con la carpintería (*Ilustración 18*). Es una casuística típica en una carpintería existente que no va a ser sustituida en la intervención, donde las mochetas solo pueden aislarse con el espesor que admita el marco de la carpintería (unos 2-5 cm).
- Y una sustitución de carpinterías donde éstas se colocaran en el haz exterior del muro, quedando en línea con el SATE (*Ilustración 19*). Este planteamiento permite que el valor de puente térmico sea mucho más favorable, optimiza al máximo las intervenciones con renovación de carpinterías y tiene varias ventajas: prácticamente elimina el puente térmico, permite la instalación sencilla de la carpintería (mediante escuadras ancladas al muro), renueva la hermeticidad del hueco y cubre con aislamiento las juntas entre muro y carpintería.

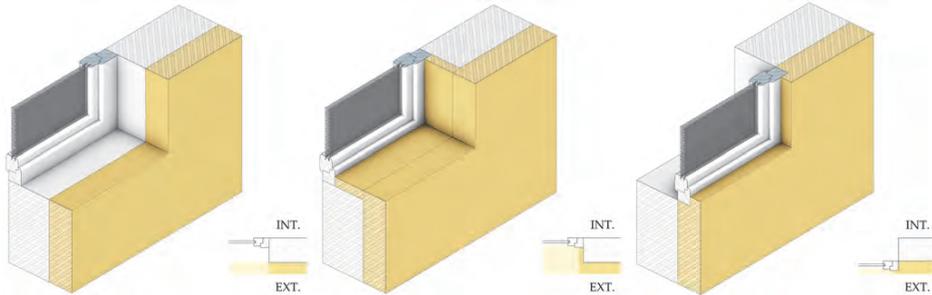


Ilustración 17: Carpintería existente con mochetas sin aislamiento.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

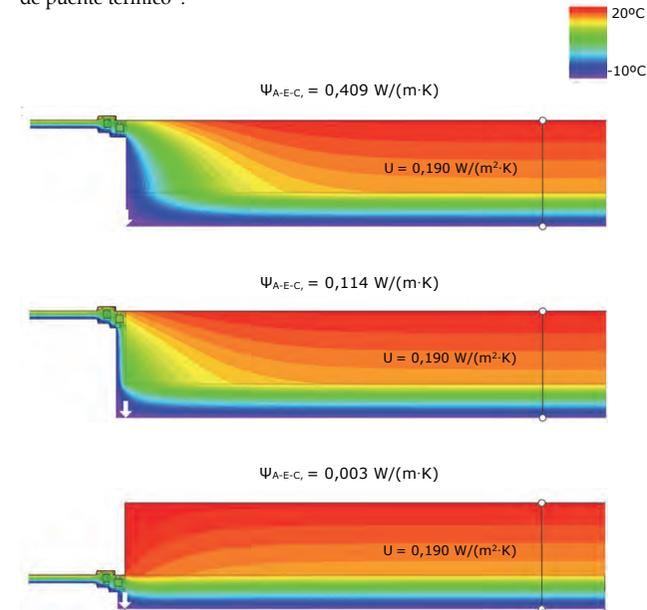
Ilustración 18: Carpintería existente con mochetas aisladas con espesor reducido.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Ilustración 19: Carpintería y SATE alineados para eliminación del puente térmico.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

A continuación se muestran los valores de pérdida energética para las casuísticas de puente térmico planteadas (*Cálculo 6*, *Cálculo 7* y *Cálculo 8*), donde se ha considerado la misma transmitancia térmica para todas las carpinterías, con el objetivo de no desvirtuar la repercusión del encuentro del SATE con la carpintería.

Se observa una clara diferencia entre la pérdida energética del puente térmico (Ψ) de las ventanas sin continuidad de aislamiento térmico con el SATE frente a las que sí promueven la continuidad. Por ello, el valor Ψ para el encuentro de ventana con SATE cuyas mochetas no han sido aisladas es de $0,409 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (*Cálculo 6*) y, por tanto, es desfavorable y considerado “Peligroso” (*Tabla 1*).

Sin embargo, los valores Ψ correspondientes a las soluciones que aseguran la continuidad del SATE y la carpintería (*Ilustración 18*, *Ilustración 19*) ya entran entre los valores considerados “Correcto”: el caso con mochetas aisladas (*Cálculo 7*) arroja un valor de $0,114 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ mientras que la ventana alineada con el SATE (*Cálculo 8*) alcanza un valor muy optimizado de $0,003 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Este último valor es cercano al criterio considerado como “diseño libre de puente térmico”.



Cálculo 6: Cálculo de la pérdida energética del encuentro constructivo de la *Ilustración 17*.
Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

Cálculo 7: Cálculo de la pérdida energética del encuentro constructivo de la *Ilustración 18*.
Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

Cálculo 8: Cálculo de la pérdida energética del encuentro constructivo de la *Ilustración 19*.
Fuente: Martín Amado Pousa, Certificador Passivhaus.

2.1.7 Repercusión de un puente térmico en el riesgo de humedades de condensación

Además de la pérdida energética de los puentes térmicos, también se ha considerado importante mencionar y destacar el riesgo de condensaciones que este tipo de encuentros lleva asociado.

Las pérdidas energéticas producidas por los puentes térmicos se suman al cómputo global de pérdidas energéticas provocadas por el resto de cerramientos (fachadas, cubiertas, huecos, etc.). Por tanto, ante un edificio con importantes pérdidas por puentes térmicos se puede adoptar la estrategia de compensación, instalando mayor espesor de aislamiento o componentes de mejor comportamiento energético en otros cerramientos con el objetivo de compensar y equilibrar globalmente las pérdidas.

Sin embargo, el puente térmico tiene otra componente además de la puramente energética: la posibilidad de que las bajas temperaturas superficiales que pueden darse en el encuentro energéticamente desfavorable se acerquen a la temperatura de rocío y provoquen condensaciones superficiales.

Este riesgo de condensación es característico de los puentes térmicos provocados por encuentros con aislamiento discontinuo o desfavorables energéticamente y su mitigación o resolución debe ser solventada individualmente, ya que en este caso las pérdidas energéticas no pueden ser compensadas con el mejor comportamiento de otros componentes.

De ahí la importancia de, al menos, consultar la aproximación al valor del puente térmico [Referencia 4] o incluso realizar su cálculo. El objetivo es entender si un encuentro es correcto tanto energéticamente como higrotérmicamente o si, por el contrario, el detalle constructivo entra en la categoría de "Peligroso" o "Deficiente".

2.1.8 Consideraciones finales sobre la continuidad de la envolvente y los puentes térmicos

Como resumen de este capítulo, se quiere recordar que la correcta resolución de la envolvente térmica también debe incluir la reflexión sobre los espacios calefactados que deben aislarse y la revisión de encuentros constructivos conflictivos de cara a evitar la creación de puentes térmicos indeseados.

En consecuencia, es vital incluir en proyecto los siguientes aspectos (se completan en el apartado 4.2):

- Un esquema que defina la envolvente térmica.
- La descripción de los detalles constructivos que van a impedir la continuidad de la envolvente.
- El detalle de la solución constructiva más apropiada para el mayor ahorro energético y la prevención de condensaciones en esos puentes térmicos inevitables.
- Los cálculos de la pérdida energética y/o riesgo de condensación de los puentes térmicos analizados (recomendable) o, al menos, la revisión de la estimación de sus valores y categorización entre Correcto, Peligroso o Deficiente.

2.2 Puntos singulares y adaptación de instalaciones existentes

A la hora de instalar el SATE es importante no olvidar las instalaciones y elementos adicionales (toldos, calderas...) que están o vayan a estar fijados a la fachada: todo elemento que deba ir anclado de una u otra manera a la fachada puede obstaculizar la envolvente impidiendo su continuidad y creando puntos energéticamente conflictivos y soluciones constructivas poco garantistas.

Para el edificio modelo se ha realizado la revisión y el análisis de los elementos que pueden impedir la continuidad del aislamiento térmico (Ilustración 20, Ilustración 21). Algunos de los ejemplos típicos que se pueden encontrar anclados a la fachada son bajantes de pluviales, calderas, tuberías de gas, unidades exteriores de aire acondicionado, cajas eléctricas, canaletas de cableado, dispositivos de iluminación, mangueras de riego, elementos de sombreado, contraventanas, tendederos de ropa, rejas, etc.



Ilustración 20: Análisis de instalaciones y elementos anclados a fachada que crean discontinuidad en la envolvente térmica (fachada principal del edificio modelo).
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 21: Análisis de instalaciones y elementos anclados a fachada que crean discontinuidad en la envolvente térmica (fachada lateral del edificio modelo).
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

El proceso es similar en las diferentes casuísticas: es necesario retirar todos aquellos elementos fijados a la fachada desviando temporalmente, reconduciendo y/o trasladando aquellas instalaciones que no puedan ser desmontadas completamente como, por ejemplo, bajantes de pluviales o tuberías de gas.

La reposición de las instalaciones es habitual que se realice una vez terminada la ejecución del SATE, pero la disposición de los elementos de anclaje especiales para aquellas instalaciones de peso significativo (toldos, calderas o incluso contraventanas), es necesario hacerla en la fase de colocación de aislamientos. Se estudian en detalle estas casuísticas en los apartados 3.5.3.7 y 3.10.

También en la fase previa a la colocación del aislamiento es cuando se hacen los pasos de instalaciones que no existían previamente en fachada para evitar pérdida de integridad del aislamiento. A continuación se muestran pasos de instalaciones ejecutados tras el aislamiento provocando recortes indeseados (*Imagen 6, Imagen 7*).



Imagen 6: Ejemplo de incorrecto aislamiento de un SATE ya instalado que ha sido recortado para el paso de una instalación no planificada. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 7: Ejemplo de incorrecto aislamiento de un SATE ya instalado donde se están realizando pasos de instalaciones a posteriori por falta de previsión. Fuente: Marta Epelde.

Un caso habitual, que requiere una atención especial de coordinación con la instalación del SATE, es la ejecución de nuevas aperturas en fachada para la instalación de un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor, habitual en intervenciones Passivhaus o en Edificios de Consumo de energía Casi Nula. Además, la correcta resolución de estos pasos de instalaciones cobra mayor relevancia cuando existe un requerimiento de estanqueidad específico de la envolvente que se verifica mediante ensayo Blower Door o ensayo de permeabilidad al aire de la envolvente.

En todo caso, tanto las nuevas aperturas como el tratamiento hermético del paso de instalaciones a través del muro existente deben realizarse previamente a la instalación del aislamiento térmico.

A continuación, se observa el proceso de retirada de la antigua instalación de calderas y, en la parte inferior impermeabilizada, la instalación de un pasamuros para la ventilación del forjado sanitario en proceso de tratamiento hermético (*Imagen 8*).

En la siguiente imagen se advierte la nueva apertura para el paso de un tubo de ventilación y se aprecia su tratamiento de hermeticidad a base de membrana líquida en su encuentro con el muro existente (*Imagen 9*).

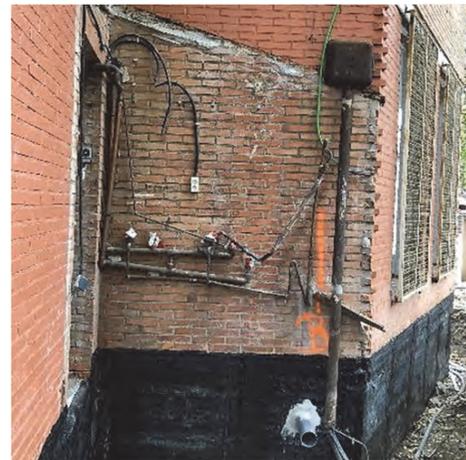


Imagen 8: Instalaciones existentes en fase de retirada y pasatubos ejecutados en zona de impermeabilización en correcto proceso de ser tratado herméticamente previo a la colocación del aislamiento. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 9: Pasatubos ejecutados en la envolvente térmica con una membrana líquida aplicada para su tratamiento hermético antes de la instalación del aislamiento. Fuente: Marta Epelde.

Por último, es necesario resaltar el caso concreto de las instalaciones de gas que discurren por fachada existente: es erróneo dejar estas instalaciones ocultas tras la placa de aislamiento o dejar la zona de las tuberías de gas sin aislamiento térmico (capítulo 6). Lo idóneo es modificar y/o prolongar las conducciones para poder adaptarse a la nueva geometría de la fachada y que las canalizaciones discurren vistas por encima del SATE.

2.3 Preparación del soporte: análisis, ensayos y casuísticas

Entendemos por soporte la pared o cerramiento vertical sobre el que se instalará el SATE, que debe estar en buenas condiciones y alcanzar por sí mismo la necesaria hermeticidad y resistencia mecánica, ya que el SATE no tiene como función aportar ninguna de estas dos características.

Debido a que el SATE es un sistema cuya eficacia depende en gran medida de la correcta adherencia y fijación del sistema al soporte existente, la inspección del buen estado de este se convierte en un aspecto vital en la ejecución.

- En obra nueva, el hormigón, la fábrica cerámica, el hormigón celular y los paneles de madera son muros soporte aptos como base para un SATE. En este último caso, se recalca la especial protección contra la humedad que requieren estas soluciones constructivas con madera.
- En el caso de la rehabilitación de edificios existentes, los muros soporte pueden ser de materiales similares a los mencionados, pero pueden encontrarse en estados de conservación muy diversos. Una fachada en estado pulverulento, una pintura existente cuarteada o un enfoscado agrietado no proporcionarán un buen soporte para la instalación de un SATE y será necesario tratarlos previamente.



Imagen 10: Fachada existente con acabado desconchado. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 11: Fachada existente recubierta de poliuretano. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 12: Fachada de fábrica en estado pulverulento. Fuente: Marta Epelde.

En rehabilitación es recomendable hacer la inspección del soporte durante el proceso de definición de proyecto para determinar el estado de conservación, la capacidad de carga y/o las problemáticas de adherencia. Esto permitirá incluir en el proyecto y el presupuesto las medidas correctoras que deban aplicarse como, por ejemplo, los porcentajes de soporte que sea necesario picar, la realización de un decapado o el aumento del número de espigas por baja capacidad resistente del paramento existente.

Entre los ensayos o inspecciones recomendados en esta fase previa para caracterizar las cualidades de estabilidad, humedad y/o capacidad adherente de un paramento existente, se pueden mencionar los siguientes:

Inspecciones visuales	Sondeos y pruebas	Ensayos
Inspección para la detección e identificación de humedad en el soporte, grietas o posibles entradas de agua	Picado y/o sondeo del paramento existente para determinar la estabilidad de este	Ensayo de adherencia del adhesivo del SATE al paramento existente
Inspección de materiales que pueden afectar a la permeabilidad al vapor de agua del cerramiento (en general, el SATE debería tener mayor permeabilidad que el muro soporte)	Pruebas de humectación, rayado o limpieza de paramento para determinar, respectivamente, su capacidad de absorción, capacidad de carga y presencia de polvo, eflorescencias o revestimientos que se disgregan	Ensayo de arrancamiento de las espigas en el paramento (determina la resistencia característica de las espigas en la fábrica o soporte y permite determinar el número y tipo de espigas por m ²)

Tabla 4: Inspecciones y ensayos característicos para ejecutar un SATE. Fuente: Elaboración propia a partir de ETAG 004, EAD 0404.

- El ensayo de caracterización de capacidad de carga o “ensayo de arrancamiento de espigas”, es recomendable realizarlo en fase de proyecto para que ayude a definir en esa fase temprana el tipo y número de espigas.
- Los ensayos de adherencia del adhesivo del SATE al paramento se realizan habitualmente una vez que se ha preparado el paramento para la colocación del SATE mediante limpieza y resto de actuaciones complementarias que hayan sido necesarias y que se mencionan más adelante.
- Si las espigas u otros materiales ensayados para la redacción del proyecto son diferentes a los que se utilizan en la ejecución, será necesario repetir los ensayos con los materiales específicos de la obra.

El detalle de estos ensayos, así como los ensayos complementarios que se utilizan para definir las características de un SATE, están extensamente documentados por la EOTA (*European Organisation for Technical Approvals/ Organización Europea de Aprobaciones Técnicas*), en sus documentos ETAG 004 [Referencia 5] y en el EAD 040083-00-0404 [Referencia 6].

En el apartado sobre Control de Calidad (véase 4.5), se incluyen el resto de los ensayos importantes para caracterizar el SATE en el Plan de Control de Calidad.

2.3.1 Intervenciones según estado de conservación y tipo de soporte/acabado

Una vez determinado el estado de conservación del soporte, será necesario acometer reparaciones o tratamientos según la casuística. En muchos casos será necesaria una limpieza del soporte en algún momento de la preparación. Tras la intervención ejecutada, es el momento de realizar los ensayos para comprobar que el soporte ha quedado preparado y con capacidad de adherencia y estabilidad suficiente para recibir el SATE.

A modo de listado no exhaustivo, se muestran las distintas casuísticas basadas en la *European Application Guideline for ETICS* [Referencia 7] y el *Cahier 3035 del Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)* [Referencia 8]:

Estado de conservación o condición del soporte	Soporte o acabado donde es habitual	Intervención
Soporte en buen estado pero pulverulento, sucio	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Hormigón - Pinturas minerales - Enlucidos o enfoscados minerales - Revestimientos cerámicos 	Cepillado, limpieza con agua/vapor a presión y secado
Sucio, grasiento, restos de desencofrante (hormigón)	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Hormigón - Pinturas minerales - Enlucidos o enfoscados minerales 	Limpieza con agua/vapor a presión con productos adecuados (p.ej. detergentes) y enjuague con agua limpia y secado
Húmedo * en caso de humedades de capilaridad, reparación de las causas previamente a la instalación del SATE	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Pinturas minerales - Enlucidos o enfoscados minerales - Muro soporte de madera y tableros de madera 	Permitir el secado del paramento y verificar evolución Estudio de las causas y reparación /sustitución de elementos dañados. Protección del soporte en ejecución

Paramento helado o condiciones climáticas de bajas temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los acabados 	Aplazamiento de la ejecución hasta que las temperaturas ambientales sean superiores a 5°C o a la temperatura especificada por el fabricante
Frágil, inestable	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Hormigón - Enlucidos o enfoscados minerales 	Sondeo, retirada del elemento o picado del enlucido/enfoscado frágil/inestable y reposición del elemento o nuevo recubrimiento. Prever tiempos de secado
Falta de adherencia entre revestimiento de losas/cerámica/ladrillos/tableros y la pared portante	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Hormigón - Muro soporte de madera y tableros de madera 	Según casuística y función portante: - Si el sondeo arroja más de un 10% de superficie afectada, eliminación de todo el revestimiento y nueva nivelación - Creación de conjunto estable mediante unión y/o anclaje de los elementos al muro, previa a la instalación del SATE
Revestimientos de poliuretano proyectado o impermeabilizaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Todo tipo de soportes 	Eliminación de todo el revestimiento y nueva nivelación
Irregularidades mayores a 10 mm, desconchados, rebabas, grietas y oquedades	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Hormigón - Enlucidos o enfoscados minerales - Revestimientos cerámicos 	Sondeo, diagnóstico de grietas, picado puntual y nivelación con enfoscado de mortero (respetar tiempos de secado)
Cerramiento arenoso, disgregado	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Enlucidos o enfoscados minerales 	Cepillado y aplicación de imprimación/consolidante (según casuística)
Oxidación y corrosión de armaduras	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de hormigón (in situ/prefabricado/recubrimiento) 	Tratamiento habitual de pasivación de armaduras

Superficies lisas, vidriadas o repelentes al agua que no permiten adherencia	<ul style="list-style-type: none"> - Hormigón visto - Revestimientos cerámicos - Cerramientos tratados con repelentes de agua (hidrofugantes) 	Limpieza del revestimiento y creación de un muro soporte estable aplicando una capa de puente de unión/imprimación específica
Pintura cuarteada, desconchada, con ampollas	Pinturas en general	Decapado o retirada mecánica, limpieza con agua y secado
Existencia de pinturas de emulsión o enlucidos de resina sintética	Cerramiento tratado con pinturas de emulsión o enlucidos de resina sintética como acabado	Cerramiento estable: limpieza con agua o decapado y secado Cerramiento no estable: retirada mecánica del tratamiento, limpieza con agua y secado
Existencia de encalado	Cerramiento tratado con una capa de encalado como acabado	Obligatoria eliminación con medios mecánicos
Eflorescencias	<ul style="list-style-type: none"> - Fábrica cerámica o de hormigón - Hormigón - Enlucidos o enfoscados minerales 	Frotado en seco y cepillado
Falta de hermeticidad	- Todo tipo de cerramientos	Aplicación de membrana líquida previa a la instalación del SATE. Verificar/solicitar ensayo de adherencia del mortero del SATE a la membrana líquida hermética
Baja resistencia del cerramiento a la tracción de la espiga	- Todo tipo de cerramientos	Recálculo del número de espigas por m ² necesarias y/o cambio a espigas de mayor resistencia (habitualmente espigas de tornillo metálico)
Existencia de molduras	- Todo tipo de cerramientos	Ver página siguiente

Tabla 5: Casuísticas en la preparación del soporte para un SATE. Fuente: Elaboración propia en base a documentos de la EAE y CSTB [Referencia 7 y Referencia 8].

Además de la preparación propia de las superficies, en el edificio modelo existen distintos tipos de elementos decorativos que requieren diferentes actuaciones de preparación (*Ilustración 22*):

- Las ventanas tienen pequeños recercos decorativos (color verde oscuro ■■■) que no superan los 10 mm de recerco, por lo que no es necesario picarlos ya que el adhesivo podrá asumir esa diferencia. Tras la colocación del aislamiento, se podrá decidir la mejor técnica para imitar (p.ej., pintado) o reproducir ese elemento decorativo (p.ej., mediante la sobreposición de un nuevo recerco).
- En el caso de las superficies con elementos decorativos sencillos y de poco espesor o detalle como imitaciones de entramado y/o machones puramente decorativos de más de 10 mm de espesor (color verde claro ■■■), el adhesivo y la placa ya no pueden asumir esa diferencia de espesor. Además, es común que las imitaciones de entramado estén en mal estado (*Imagen 13*). Por tanto, una intervención habitual es picar estos elementos decorativos, replicarlos con aislamiento y adherirlos o anclarlos sobre la capa principal de aislamiento. Es necesario acordar y validar con el fabricante soluciones como la puesta o similares.



Ilustración 22: Actuaciones en elementos decorativos. Fachada principal del edificio modelo. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Imagen 13: Franjas de mortero decorativas en mal estado en edificio tipo nevasco (País Vasco). Fuente: Marta Epelde.

En el caso de que las molduras de más de 10 mm sean más complejas y de mayor detalle ornamental, la estrategia será diferente. Estas molduras, que tratarán de reproducir las molduras existentes, pueden ser prefabricadas (escogidas de los catálogos de los fabricantes) o pueden ser el resultado de una reproducción con técnicas 3D de las molduras existentes.

Tanto unas como otras suelen ser molduras de perlita y, a veces, recubiertas con mortero, por lo que tienen una mayor resistencia al impacto que las molduras elaboradas con aislamiento de EPS. A diferencia de las molduras con elementos decorativos sencillos, estas no se suelen cubrir con las mallas y se pueden instalar tanto en la fase de aislamiento como tras las capas base y/o acabado del SATE. Como siempre, se recuerda la necesidad de consultar con el fabricante si esas molduras están contempladas en el kit del SATE para asegurar la garantía del sistema.

- Para la casuística del elemento saliente en la medianera del edificio, las viguetas o jabalcones (color verde intermedio ■■■), no es posible el picado del elemento por ser estructural. Por tanto, este elemento debe ser envuelto por aislamiento, observando el equilibrio entre la reproducción estética y la pérdida energética.
- En el caso de los alféizares, lo idóneo si la intervención lo permite, es el picado de los mismos para realizar una correcta impermeabilización y aislamiento de los mismos (color marrón ■■■).



Ilustración 23: Actuaciones en elementos decorativos y alféizares en fachada lateral. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 24: Edificio modelo previo al SATE.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 25: Puentes térmicos analizados en el edificio modelo.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 26: Instalaciones existentes en el edificio modelo que requerirán reposición. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 27: Tipos de elementos decorativos que deben tratarse en la preparación del soporte. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

CAPÍTULO 3

DIRECTRICES PARA DEFINIR LA MEMORIA DE UN PROYECTO DE SATE

CAPÍTULO 3: DIRECTRICES PARA DEFINIR LA MEMORIA DE UN PROYECTO DE SATE

3.1 Descripción general del sistema

Los SATE se definen como “kits”: productos de construcción formados por la suma de componentes específicos, que se aplican directamente a la fachada como sistema ligero de revestimiento con aislamiento para la reducción de pérdidas energéticas y la eliminación de humedades de condensación.

En varias ocasiones se mencionará la importancia del concepto “kit” en el SATE, que implica el uso exclusivo de componentes agrupados bajo el certificado común de un fabricante. Así mismo, se recordará repetidamente la necesidad de contar con un proyecto de SATE que defina el sistema, use componentes avalados, resuelva los puntos conflictivos y, en caso de rehabilitación, precise los trabajos previos a realizar [Referencia 9].

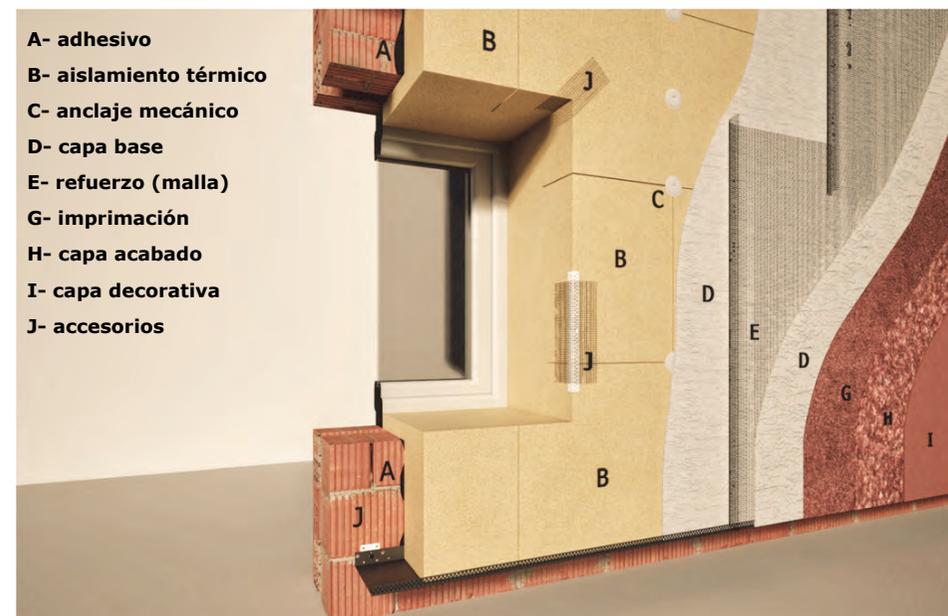


Ilustración 1: Materiales que componen el kit del SATE. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Al caracterizarse el SATE por ser un sistema cuya complejidad reside en el empleo de una suma no despreciable de componentes específicos, este capítulo se centra en concretar las particularidades de cada una de las capas y productos, así como sus detalles más relevantes.

Esquema de los componentes principales del sistema:

Leyenda	Componente	Uso/Característica	Ver apartado
A	Adhesivo	Se trata de un mortero adhesivo para adherir la placa de aislamiento a la fachada existente y sostener el peso propio del sistema	3.4 Adhesivos para la instalación del SATE
B	Aislamiento térmico	Capa adherida al soporte y posteriormente revocada que proporciona la capacidad térmica al sistema	3.5 Aislamientos térmicos
C	Anclajes	Espigas para fijar mecánicamente el sistema al soporte y mitigar los esfuerzos derivados del viento	3.6 Anclajes o espigas: definición y especificaciones
D ¹	Capa base	Capa que cubre el aislamiento para reforzarlo y protegerlo. Habitualmente los fabricantes prescriben aquí el mismo material (mortero adhesivo) que en la capa A	3.8 Capas base y refuerzo (malla)
E ¹	Malla de fibra de vidrio	Sistema de refuerzo para la capa base. Se instala embebida en la capa, entre la primera y la segunda aplicación	3.8 Capas base y refuerzo (malla)
¹ D+E forman la capa base reforzada			
G ²	Imprimación	Capa de imprimación previa al mortero de acabado que algunos sistemas incluyen	3.9 Imprimación y capas de acabados
H ²	Capa de acabado	Las posibilidades y materiales de acabado son múltiples en los SATE: desde morteros a aplacados, pasando por texturas, molduras arquitectónicas o imitaciones de acabados	3.9 Imprimación y capas de acabados

I ²	Capa decorativa (según sistema)	Última capa de pintura o mortero de menor gramaje que la anterior. No presente en todos los sistemas	3.9 Imprimación y capas de acabados
² G+H+I forman las capas de acabado			
J	Productos auxiliares o accesorios	Fijaciones y perfiles suplementarios, habitualmente para la resolución de encuentros, esquinas, refuerzos, etc.	3.7 Perfilerías: elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema
K	Otros productos de construcción	Elementos adicionales como sujeciones o piezas de fijación especiales que permiten la correcta instalación de elementos pesados en la ejecución del SATE	3.5.3.7 Elementos pesados en una fachada SATE 3.10 Reposición de instalaciones y elementos pesados en fachada

Tabla 6: Esquema de componentes principales del SATE. Fuente: Elaboración propia a partir del Borrador del European standard prEN17237 [Referencia 10].

En el cuadro superior, quedan recogidos en gran medida los componentes y accesorios que conforman el SATE, así como su orden de ejecución. Sin embargo, los ítems “J -Productos auxiliares” y “K -Otros productos de construcción” no se instalan al final del SATE, tal y como su posición en el listado podría hacer suponer, sino que están presentes en diversas fases intermedias (*Ilustración 28, Ilustración 29, Ilustración 30, Ilustración 1*).

Puesto que la alteración del orden de ejecución de los componentes y la omisión de estos en el sistema son errores habituales que afectan directamente a la durabilidad del SATE, esta publicación se ha organizado siguiendo el orden de instalación en fachada más usual, si bien se advierte de la necesaria revisión de los certificados del fabricante para confirmar las características propias del sistema elegido.

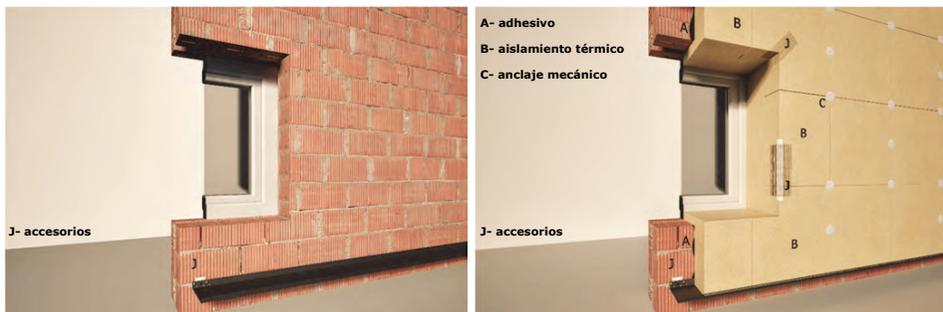


Ilustración 28: Perfil de arranque de instalación previa al aislamiento. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 29: Instalación de perfileras tras la ejecución del aislamiento y anclajes. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

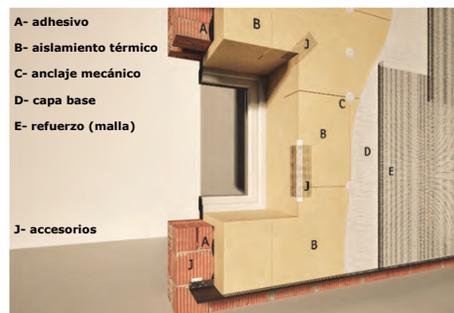


Ilustración 30: Esquema de colocación de mortero base y mallas de armadura. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

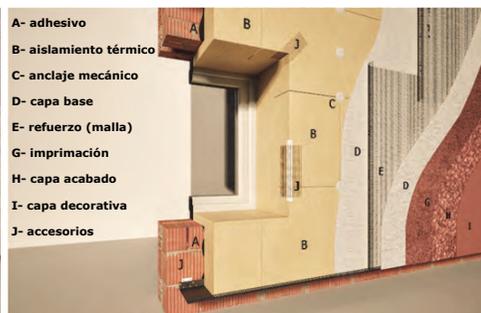


Ilustración 31: Materiales que componen el kit del SATE. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Y ahora, ¿por dónde empezar? Lo primero es reflexionar acerca de los criterios de elección del SATE.

Dentro de la complejidad de elección entre los diferentes SATE por la gran oferta disponible, es interesante no perder de vista los criterios técnicos que menciona el *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)* [Referencia 8], que se pueden resumir en:

- La consideración de la naturaleza del muro soporte. Esto es muy importante en rehabilitación, pero también en obra nueva con tipos de muro soporte como la madera, los paneles prefabricados o los cerramientos ligeros.
 - Ambientes marinos: selección de materiales del SATE que hagan frente al alto grado de salinidad y humedad costera.
 - Fuerte viento: puede requerir un aumento del número de espigas por metro cuadrado.
 - Rayos solares: los tonos oscuros de un acabado con SATE aumentan las tensiones de origen térmico en los morteros y su posible fisuración.
 - Lluvia: en rehabilitación, considerar la susceptibilidad del diseño de la fachada para sufrir acumulaciones o entradas de agua entre el soporte y el aislamiento. Considerar la orientación desfavorable de una fachada al viento y la lluvia dominante del lugar, puesto que puede afectar negativamente a la acumulación de suciedad del SATE.
- Contaminación: en ciudades o zonas portuarias es habitual que los SATE requieran acabados especiales para resistir el depósito de suciedad o microorganismos fruto de la contaminación atmosférica. Por ello es necesario observar la naturaleza fisicoquímica y la textura de los acabados.
- La exposición al impacto.
 - Necesidad de mayor resistencia a impacto en plantas bajas y zonas aparcamiento.
 - Atención a la existencia de zonas accesibles al público susceptibles de eventuales punzonamientos.
- La reglamentación de incendios en cuanto a la propagación exterior por fachada.

Además, dado que la calidad del SATE es igual a la calidad de cada uno de sus componentes, se recomienda analizar cada uno de los materiales que forman el SATE solicitando muestras de, al menos, la espiga, los accesorios, los morteros de la capa base con su malla y materiales de la capa de acabado. Así mismo, se optará por sistemas con todos sus componentes incluidos en el “kit” del SATE certificado por el fabricante (ver apartado siguiente).

3.2 Certificados relevantes para la correcta definición de un SATE

El conjunto de materiales que pueden utilizarse en el “kit” del SATE lo define el fabricante en un documento de Evaluación Técnica de Idoneidad o documento equivalente. Actualmente son habituales en los SATE los certificados tipo ETE (Evaluación Técnica Europea) y, en inglés, ETA (*European Technical Assessment*), aunque también pueden ser frecuentes los documentos tipo DIT (Documento de Idoneidad Técnica), DAU (Documento de Adecuación al Uso) o TC (*Technical Conformity Report*). En definitiva, este tipo de documentos que describen y definen el sistema planteado por el fabricante son una herramienta imprescindible para una actuación con SATE porque especifican los componentes y las prestaciones de los materiales que forman el kit elegido.

Los documentos mencionados suelen iniciarse con un apartado muy útil donde se describe el sistema, las capas que lo componen y los materiales, genéricos o específicos, del sistema. A continuación, se muestra la habitual tabla inicial de un ETE (Tabla 7), que se ha completado con un ejemplo de descripciones y datos que suelen indicarse:

Componentes	Rendimiento (Kg/m ²)	Espesor (mm)
<i>“SATE fijado mediante adhesivo con fijaciones mecánicas suplementarias y/o perfiles (Parcialmente adherido o completamente adherido. Siguiendo las instrucciones del titular de la ETE, la superficie mínima de pegado deberá ser del 50%. Se deben tener en cuenta los documentos de aplicación nacional)”</i>		
Material aislante y método de fijación asociado	<u>Material aislante (1):</u>	
	Paneles prefabricados de poliestireno expandido (EPS) según EN 13163	
	- EPS estándar	- 10-200 mm
	- EPS con grafito de baja conductividad	- 10-200 mm
	<u>Adhesivo:</u>	
	Mortero base fino “Marca y producto XX” (mortero en polvo en base cemento que requiere adición de 25% agua) según EN 998-1	3,5-4,5 kg/m ² -
Capa base	Mortero base fino “Marca y producto XX” (mortero en polvo en base cemento que requiere adición de 25% agua) según EN 998-1	3,5-4,5 kg/m ² 2,5-3,5 mm

Malla de fibra de vidrio	<u>Malla estándar (1):</u> Malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis y al deslizamiento con una masa por unidad de área de aproximadamente 160 g/m ² y un tamaño de malla de 4,5 x 4,5 mm	-	-
Capa de imprimación	Imprimación “Marca y producto XX”. Imprimación siloxánica Imprimación pétreo “Marca y producto XX”. Imprimación acrílica	5 - 20 m ² /l 0,125-0,175 Kg/m ²	-
Capa de acabado	Revoco decorativo “Marca y producto XX”. Revoco exterior con ligante acrílico. Acabado fratasado, tamaño de partícula 1,5 mm según EN 15824 Pintura de fachada “Marca y producto XX”. Pintura para fachada con ligante siloxano. Tamaño partícula 300µm. Acabado liso	2 - 3 Kg/m ² 2 - 4 m ² /l	1,5 -2 mm (seco) 0,2 mm (seco)
Materiales auxiliares	<u>Fijaciones suplementarias (1):</u> Anclajes plásticos para fijación del SATE según ETAG 014. Longitud en función del espesor del panel de EPS		
	<u>Perfil de arranque (1):</u> Perfiles en L y fijaciones asociadas. Espesor del perfil según espesor de las placas de material aislante (EPS). Longitud aproximada 2.500 mm “Queda bajo la responsabilidad del titular de la ETE”		
	<u>Perfiles (1):</u> Perfiles de cloruro de polivinilo (PVC): perfiles de fijación horizontal-perfiles de conexión vertical –perfiles de fijación vertical		
	<u>Perfiles suplementarios (1):</u> Perfiles de Cloruro de Polivinilo (PVC) o de aluminio para esquinas, juntas de dilatación, uniones con ventanas o puertas, balcones, etc.		

Tabla 7: Ejemplo de la estructura y contenidos de la tabla “Descripción técnica del producto” de un ETE. Fuente: ETE varios fabricantes.

- (1) Estos componentes tienen una explicación más extensa en el apartado del ETE “Características de los componentes”. Ahí se concretan características fundamentales como la conductividad del aislamiento, marca/fabricante/referencia de las espigas y el ETE o documento de referencia correspondiente de las espigas.

A continuación, se muestran dos extractos como ejemplo de la información extendida de características del aislamiento térmico (Tabla 8) y las espigas (Tabla 9):

Descripción y características	Norma		
Método fijación	<i>Anclajes plásticos</i>	<i>Perfiles PVC</i>	
Reacción al fuego	EN 13501-1	<i>P.ej. Euroclase E, Densidad 15-20kg/m³, Espesor 10-200 mm</i>	
Conductividad térmica W/(m·K)	EN 12667	<i>P.ej. EPS estándar ≤0,037; EPS grafito ≤0,032 W/(m·K)</i>	
Espesor/Long./Anch./Escuadría/Planeidad	EN 823/824/825	<i>P.ej. T1 / W2 / L2/ S2 / P4</i>	<i>±1,5 / ±1 / ±1/±2 -1000mm / ±5</i>

Tabla 8: Extracto de la tabla de aislamiento en el apartado Características de los componentes de un ETE. Fuente: ETE varios fabricantes.

Nombre comercial	Diámetro del plato (mm)	Resistencia característica al arranque	Rigidez del plato (KN/mm)	Carga de rotura del plato (KN)
"Marca Producto"	60	<i>Véase ETE – n° ETE</i>	0,5	1,44
"Marca Producto"	60	<i>Véase ETE – n° ETE</i>	1,1	2,13

Tabla 9: Extracto de la tabla de espigas en el apartado Características de los componentes de un ETE. Fuente: ETE varios fabricantes.

El uso de los elementos del SATE diferentes a los definidos en los certificados mencionados tiene repercusión en las reclamaciones de garantía, puesto que el fabricante solo garantiza el sistema si:

- Los componentes utilizados son los componentes recogidos en el certificado/documentación reconocida.
- Se adquieren a un único fabricante y son instalados según condiciones, rendimientos y espesores de los manuales del fabricante.

Ejemplos de uso erróneo de materiales fuera de los certificados o documentación reconocida:

- Utilizar una marca de material o producto distinto al especificado entre los componentes reconocidos.
- Ejecutar un SATE cuyo espesor de aislamiento no está contemplado en la documentación (p. ej. ejecutar un SATE de 120 mm cuando el fabricante solo contempla espesores de 20 a 80 mm en su documentación).
- Instalar un SATE con aplacado en un sistema cuyo certificado solo recoge acabados con mortero acrílico.

3.3 Perfilerías de arranque y otras perfileras de instalación previa al aislamiento

A menudo subestimados, los perfiles de refuerzo (arranque, suplementarios, etc.) desempeñan un papel crucial en la garantía del sistema y deben formar parte del kit de materiales del SATE para asegurar así su durabilidad y el cumplimiento de sus especificaciones.

Los perfiles más comunes son el perfil de arranque, el perfil cantonera y el perfil goterón, pero existen muchos más para resolver todo tipo de encuentros.

Es primordial no utilizar elementos "artesanales" o no permanentes (Imagen 44) dado que el uso de los perfiles específicos para refuerzo y resolución de encuentros es parte de la correcta ejecución de un SATE.

Además, es importante conocer que tienen dos momentos de colocación, ya que unos son previos a la instalación del aislamiento y otros posteriores.

Un ejemplo de los perfiles previos al aislamiento son el perfil de arranque y el perfil lateral (Ilustración 31, Ilustración 32). Los perfiles posteriores a la colocación del aislamiento son, por ejemplo, goterón o cantonera y se presentan a partir del apartado 3.6.

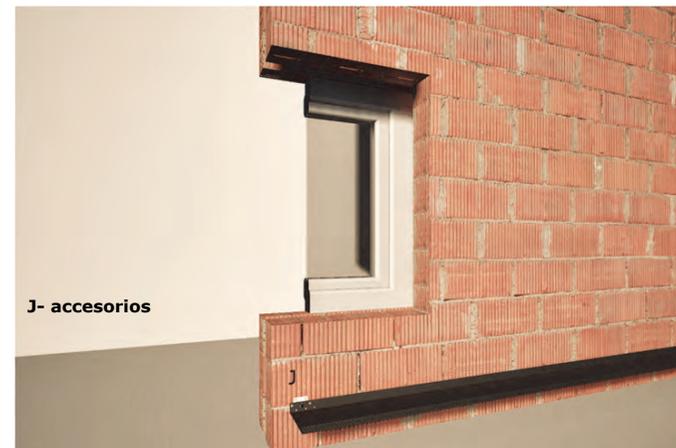


Ilustración 28: Perfil de arranque de instalación previa al aislamiento. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.3.1 Perfil de arranque

Los perfiles de arranque son los primeros perfiles en colocarse en un SATE, justo antes de instalar el aislamiento.

Se usan para nivelar y rematar la primera hilada de aislamiento cuando el arranque se hace a más de 150 mm de la acera o suelo o cuando arranca, por ejemplo, en planta primera.

En aquellos casos donde el SATE arranca en cota de acera el método de arranque es mediante el uso de una primera hilada de aislamiento hidrófugo sobre la acera, previa impermeabilización (Ilustración 41).

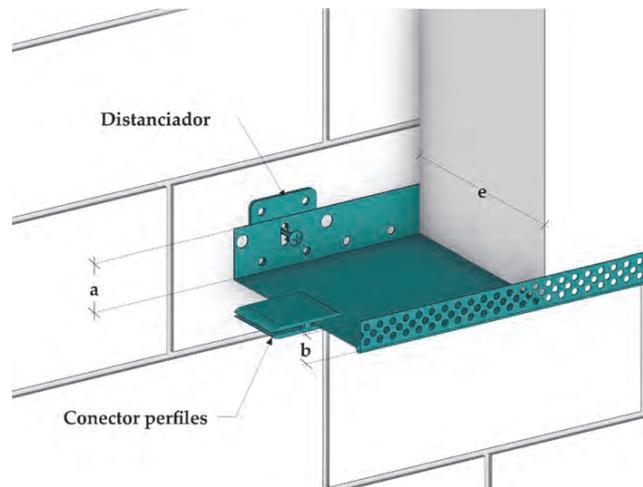


Ilustración 31: Perfil de arranque con conexión entre perfiles de arranque (conector perfiles) y distanciador. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Este perfil de arranque tiene varias particularidades (Ilustración 31):

- Su ancho se corresponde con el espesor del aislamiento térmico (letra e).
- Tiene unas "alas" (a, b) cuyas dimensiones mínimas deben cumplir: $a \geq 35$ mm y $b \geq 20$ mm [Referencia 8].
- Cuenta con unas piezas, llamadas "distanciador" o "calce", para ajustar y absorber las posibles desviaciones de alineación de fachada, así como compensar el espesor del adhesivo entre el muro y el aislamiento.
- Dispone de una pieza de conexión entre perfiles para absorber la dilatación y/o la unión entre los largos perfiles de arranque (habitualmente 2,50 metros).
- Tras la instalación del aislamiento, el perfil de arranque suele complementarse con un perfil goterón para clipar (Imagen 19).

3.3.2 Perfil lateral

Existe otro perfil que se coloca previamente a la instalación de aislamiento térmico: el perfil lateral. Se utiliza en situaciones donde el paño que debe aislarse se interrumpe o acaba y queda un lateral del SATE al descubierto.

En estos casos, el perfil lateral remata el sistema evitando esa desprotección frente a posibles efectos del viento lateral y de succión.

Al igual que el perfil de arranque, tiene el ancho del espesor del aislamiento (letra e) y unas alas cuyas dimensiones mínimas deben cumplir $a \geq 45$ mm y $b \geq 20$ mm [Referencia 8].

Esta casuística de interrupción del SATE es precisamente la que ocurre en el edificio modelo: una comunidad rehabilita su fachada con SATE, pero la contigua no lo hace.

Por tanto, se crea la necesidad de cerrar adecuadamente el remate lateral entre ambas comunidades.

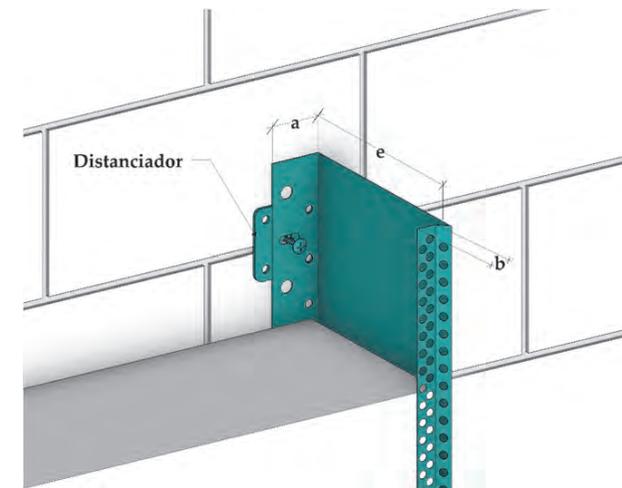


Ilustración 32: Perfil lateral para remate del SATE en casos donde se interrumpe. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

A pesar de tener una apariencia similar al perfil de arranque, se diferencia por el particular quiebro (letra b) que tiene la pieza en su ala exterior (Ilustración 32).

3.4 Adhesivos para la instalación del SATE

Una de las particularidades del SATE es que se trata de un sistema adherido donde las placas de aislamiento se fijan mediante productos adhesivos al cerramiento soporte, habitualmente fábrica. Es primordial recordar que los paneles de aislamiento solo deben colocarse una vez que se ha comprobado que el soporte y los revestimientos de la fachada presentan buenas condiciones y un ensayo de adherencia positivo (véase 2.3).

De los diferentes productos adhesivos, los dos más habituales son los morteros adhesivos minerales (cementosos) y los orgánicos (no cementosos). También existen adhesivos en espuma, que tienen la ventaja del rápido fraguado (2 horas para espumas) frente a las 24-48 horas de los morteros adhesivos en pasta.

- Morteros adhesivos minerales: se caracterizan por su buena permeabilidad y por ser la solución adecuada para aquellos SATE cuyo acabado es aplacado. Se conocen también como “adhesivos cementosos”, pero pueden contener como ligante tanto cemento, como cal o silicato.
- Morteros adhesivos orgánicos: tienen un alto contenido en resinas por lo que también son conocidos como “adhesivos en dispersión”. Su mayor elasticidad y resistencia al impacto reducen, entre otros, el riesgo de aparición de grietas y los convierten en una solución versátil para las rehabilitaciones energéticas.

Frente al diferente método de aplicación de los adhesivos en espuma, los habituales morteros adhesivos en pasta presentan dos posibles técnicas de aplicación y dos comportamientos en función de su origen mineral u orgánico:

- Aplicación en toda la superficie mediante llana dentada. Habitual en obra nueva con buena planimetría.
- Aplicación a pelladas, técnica más frecuente en rehabilitación porque permite cierto grado de adaptación a las pequeñas irregularidades del soporte. Se aplica mediante 2 o 3 pelladas centrales y un cordón perimetral que encapsula el aire detrás del panel, impidiendo que exista una cámara ventilada entre el soporte y el panel.



Ilustración 33: Adhesivo en superficie
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

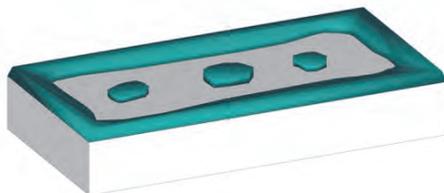


Ilustración 34: Adhesivo perimetral y pelladas.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Al ser un sistema adherido es importante respetar los materiales y el porcentaje de superficie mínima de pegado que indique la documentación del SATE (apartado 3.2). Desgraciadamente, es habitual que la placa quede escasa de adhesivo, provocando patologías relacionadas con desprendimientos (capítulo 6).

Ejemplo de la información que los fabricantes aportan sobre el adhesivo y su método de fijación (Tabla 7):

- Ejemplo de sistema que puede ir parcialmente adherido (pelladas) o completamente adherido, con una superficie mínima de pegado: “SATE fijado mediante adhesivo con fijaciones mecánicas suplementarias y/o perfiles (Parcialmente adherido o completamente adherido. Siguiendo las instrucciones del titular de la ETE, la superficie mínima de pegado deberá ser del 50%. Se deben tener en cuenta los documentos de aplicación nacional)”.
- Ejemplo de adhesivo (mortero en base cemento), que requiere un porcentaje concreto de adición de agua y tiene especificado un rendimiento: *Mortero base fino (denominación Marca y producto XX y descripción) “mortero en polvo en base cemento que requiere adición de 25% agua según EN XXX. Rendimiento: 3,5-4,5 kg/m²”.*

En la aplicación por pelladas, con el objetivo de evitar la presencia de mortero adhesivo en las juntas entre placas de aislamiento, es importante que el cordón perimetral de mortero adhesivo sobre la placa aislante se aplique dejando cierto ángulo o bisel (Ilustración 35).



Ilustración 35: Detalle de aplicación del mortero adhesivo para mantener a hueso la junta entre aislantes Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Algunos fabricantes disponen de sistemas que están homologados para su colocación puramente adheridos, sin fijaciones mecánicas. Este tipo de instalación, además de estar específicamente contemplada por el fabricante en la documentación reconocida, requiere buenas condiciones del soporte en cuanto a planimetría (tolerancia inferior a 1 cm cada metro) y conservación (sin capas desprendidas). Así mismo, exige ensayar el valor de tensión de adherencia entre adhesivo y soporte (mayor de 0,008 N/mm²) y el uso de acabados de revoco o aplacados flexibles.

En el caso una colocación del SATE sobre un soporte de paneles de madera, es necesario verificar el método de fijación específico (uso de adhesivo, solo fijación mecánica u otro), confirmar si el fabricante elegido prevé la madera como soporte y comprobar la existencia de ensayo de adherencia para madera. Se procederá con las mismas indicaciones para otro tipo de soportes panelados habituales en la construcción industrializada o modular.

3.5 Aislamientos térmicos

El aislamiento térmico es, posiblemente, el componente más representativo de un SATE y el que le aporta su característica capacidad térmica al sistema.

Su presencia es lo que ha provocado el uso masivo del SATE para la mejora energética de los edificios, tanto en obra nueva como en rehabilitación.

Es un componente del SATE en el que es importante verificar múltiples aspectos como la elección del propio material aislante, las particularidades de su instalación o los accesorios necesarios para su correcta ejecución.

Además, durante la definición de esta capa del SATE se tomarán decisiones vitales para el comportamiento y durabilidad del sistema y del edificio, ya que es en ella donde se deben prever los sistemas de sombreado, las franjas antifuego, los elementos pesados que se instalarán en la fachada o la disposición de las placas de aislamiento.

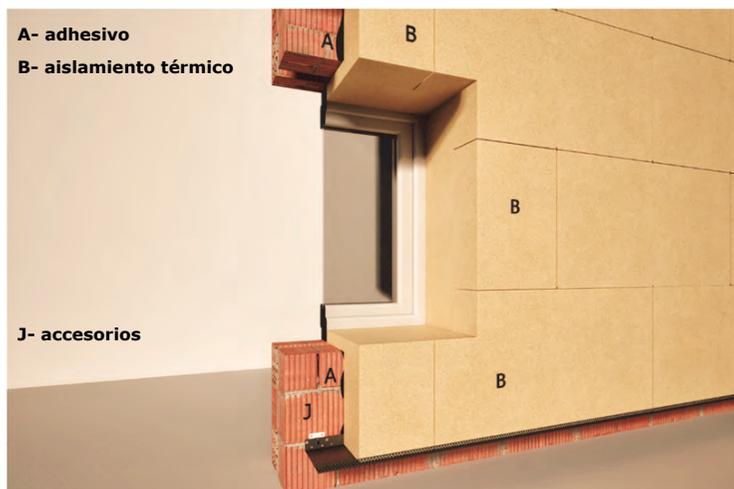


Ilustración 36: Fase de instalación de aislamiento térmico. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.5.1 Tipos de materiales aislantes en un SATE

El condicionante fundamental para que un material aislante sea utilizado en un SATE es que tenga formato de placa/plancha y no en rollo o proyectados. Partiendo de esta premisa, la variedad de materiales disponible es amplia, siendo los más utilizados los aislamientos plásticos, con el poliestireno expandido (EPS) al frente. Sin embargo, existen también SATE con materiales aislantes minerales (lana de roca) o de origen vegetal (corcho o fibra de madera).

En la siguiente tabla se muestran la mayoría de los materiales aislantes disponibles para un SATE, así como la norma donde ampliar información sobre sus especificaciones técnicas y la reacción al fuego orientativa:

Tipo de producto de aislamiento térmico	Norma	Reacción al fuego (Euroclases) - orientativo
<u>Aislamientos Plásticos:</u>		
Poliestireno expandido (EPS)	EN 13163	<u>Aislante:</u> E (Combustible)
Poliestireno extruido (XPS)	EN 13164	<u>Aislante+enfoscado:</u> habitualmente B-s1/s2, d0 ¹
Poliuretano (PU)	EN 13165	¹ B (Combustible) - s1/s2 (baja/media opacidad de humos), d0 (nula caída de gotas o partículas inflamadas)
Espuma fenólica (PF)	EN 13166	
<u>Aislamientos Minerales:</u>		
Lana mineral (Lana roca) (MW)	EN 13162	<u>Aislante:</u> A1 (No Combustible)
Vidrio Celular (CG) *Solo para usos concretos. Particularidad: $\mu = \infty$ impermeable al vapor de agua (EN ISO 10456)	EN 13167	<u>Aislante+enfoscado:</u> habitualmente A2-s1, d0 ²
		² A2 (No Combustible) - s1 (baja opacidad de humos), d0 (nula caída de gotas o partículas inflamadas)
<u>Aislamientos de origen vegetal:</u>		
Corcho expandido (ICB)	EN 13170	<u>Aislante:</u> E (Combustible)
Fibra de madera (WF)	EN 13171	<u>Aislante+enfoscado:</u> habitualmente B-s1/s2, d0 ¹

Tabla 10: Aislantes habituales del SATE. Fuente: Elaboración propia a partir de EOTA-EAD 040083-00-0404 y UNE-EN 13501-1:2019.

Se puede observar que hay diferencias significativas en cuanto a la reacción al fuego de los distintos materiales aislantes. Obsérvese también que no es lo mismo la reacción al fuego del aislante que la del conjunto de capas que forman un SATE: las capas de mortero son, de hecho, las que mejoran el comportamiento.

3.5.2 Características térmicas

Se considera que un material es aislante térmico cuando su conductividad térmica (λ) está por debajo de 0,04 W/(m·K). Los materiales aislantes presentados (Tabla 10) cumplen en todos los casos con esta premisa.

La distinta conductividad marca diferencias de espesor a la hora de conseguir transmitancias térmicas recomendadas. No obstante, se puede observar que las diferencias de espesor por distinta λ no son amplias:

Aislamiento térmico	λ = Conductividad térmica orientativa W/(m·K)	Espesor de aislamiento equivalente para transmitancias (U) de	
		U = 0,27 W/m²K	U = 0,23 W/m²K
Poliestireno expandido (EPS)	0,037 (EPS blanco)	14 cm	16 cm
	0,032 (EPS grafito/gris)	12 cm	14 cm
Lana mineral (Lana roca) (MW)	0,035	13 cm	15 cm
Corcho expandido (ICB)	0,040	15 cm	17 cm
Fibra de madera (WF)	0,040	15 cm	17 cm

Tabla 11: Conductividades térmicas orientativas y espesores equivalentes de los aislantes más habituales del SATE. Fuente: M. Epelde.

Existen también dos aislantes no presentes en la tabla que destacan por su conductividad térmica reducida: el aerogel y el PIR. El aerogel es una solución que aún no está extendida en el mercado mientras que el PIR sí se usa en intervenciones con SATE como material auxiliar. El PIR o Poliisocianurato, también de la familia de los aislantes plásticos, destaca por su conductividad térmica especialmente reducida: $\lambda=0,022$ W/(m·K).

No es habitual su uso como aislamiento general del SATE, pero sí como material auxiliar para la resolución de puentes térmicos complejos o de zonas donde no se puede usar un espesor de aislamiento suficiente (por ejemplo, las mochetas). Tiene mejor comportamiento que los aislamientos reflexivos para estas soluciones y es el material utilizado para mitigar el puente térmico en el ejemplo (Ilustración 13).

Cabe recordar que será la documentación reconocida del SATE la que aportará los tipos de aislamientos admitidos por el fabricante (EPS, EPS gris, lana de roca...), las tolerancias, las dimensiones (máximo paneles de 1200 mm x 600 mm x 300 mm) y otras características fundamentales.

Por tanto, no deberán usarse aislamientos no contemplados por el fabricante y se deberá prestar especial atención a respetar espesores de aislamiento que estén dentro del rango indicado en los documentos reconocidos (se trata de un error habitual).

3.5.3 Detalles de colocación de aislamiento

En la colocación del aislamiento térmico pueden producirse errores generalizados por la falta de estudio, previsión y/o correcta ejecución de los ajustes de placas necesarios, especialmente en los encuentros complejos del aislamiento con la carpintería, las esquinas o los diferentes arranques. De cara a su correcto planteamiento y ejecución, existen premisas y reglas para evitar las equivocaciones repetitivas en todo el aislamiento de la fachada.

Así mismo, se recomienda realizar un plano de replanteo de las hiladas de aislamiento y/o la distribución de las placas más problemáticas sobre la fachada, para definir la solución de las zonas más complejas y de las zonas con necesidades de ajuste. Diversos ejemplos de replanteo y ajustes del aislamiento se mostrarán aplicados al singular edificio modelo (ver 3.5.3.9) que muestra una complejidad de interesante análisis.

3.5.3.1 Inicio del planteamiento de las placas

El planteamiento se inicia marcando las hiladas que encajan entre el vierteaguas y el dintel de la primera fila de ventanas (Ilustración 37) por las complejas premisas que existen en la colocación de las placas que rodean los huecos (ver 3.5.3.5). Para empezar, se marcan líneas auxiliares sobre el dintel y bajo el vierteaguas, a mínimo 20 cm (A, C) y máximo 30 cm (B, D) y, entre ellas, se encajarán hiladas cada 50 cm (altura habitual de las placas).

El otro ejemplo (Ilustración 38), muestra un encaje de hiladas iniciado a 20 cm bajo el vierteaguas (C) cuyo replanteo de hiladas termina a 25 cm sobre el dintel (E), respetando las medidas de las líneas auxiliares entre 20 cm y 30 cm.

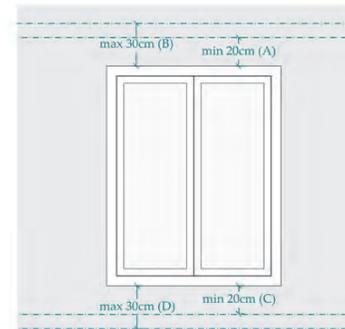


Ilustración 37: Distancias recomendadas sobre el dintel y bajo el vierteaguas alrededor de huecos. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

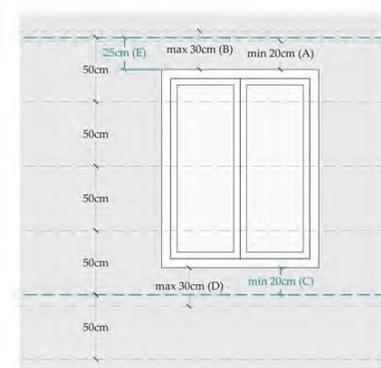


Ilustración 38: Planteamiento de hiladas alrededor del hueco iniciado desde el vierteaguas (C). Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Una vez realizado el planteamiento alrededor de la primera fila de ventanas, se continúa hacia abajo planteando las hiladas cada 50 cm hasta el arranque en acera o perfil de arranque del SATE. En el primer ejemplo (*Ilustración 39*) el encaje es exacto, llegando hiladas completas de 50 cm hasta la acera (F).

El segundo ejemplo muestra el caso de hiladas que precisan ajuste (*Ilustración 40*): el encaje planteado, iniciado a 25 cm bajo del vierteaguas (G), provoca que una de las hiladas resulte de 45 cm (H). Este ajuste, puede realizarse en la primera hilada de arranque (como en este caso) o en una hilada intermedia entre el hueco y el arranque.

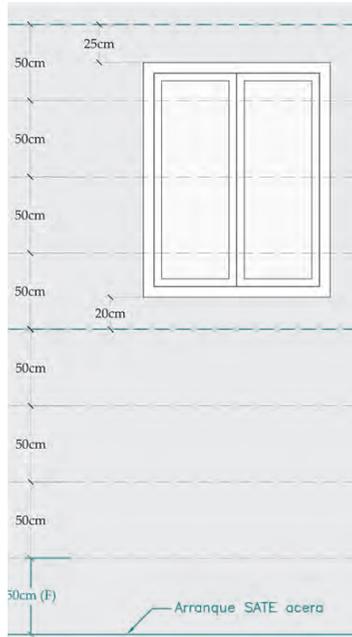


Ilustración 39: Planteamiento de hiladas hasta arranque en acera.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

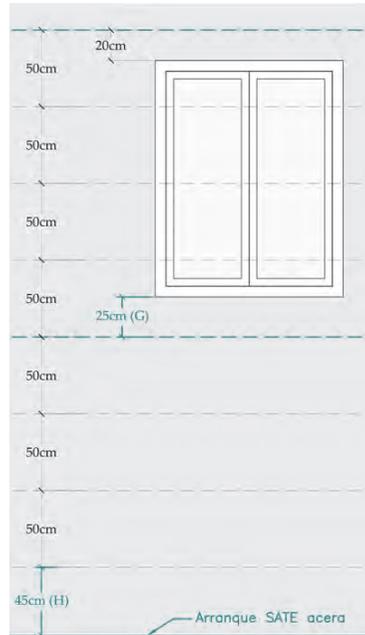


Ilustración 40: Planteamiento de hiladas hasta arranque en acera con ajuste en primera hilada. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.5.3.2 Arranque en aceras o bajo cota de acera

Cuando el SATE arranca a nivel de acera, no se utiliza perfil de arranque (apartado 3.3.1) sino que el procedimiento habitual es el arranque mediante una primera hilada de aislante hidrófugo, siendo el poliestireno extruido (XPS) o el poliestireno expandido hidrófugo (EPS hidrófugo) los materiales más habituales.

Previamente a la instalación de esta primera hilada, es necesario haber realizado la impermeabilización del encuentro de la fachada con la acera según indicaciones de la normativa vigente sobre protección frente a la humedad (CTE DB-HS).

La hilada de arranque con acera debe tener al menos una altura de 30 cm de aislamiento hidrófugo para evitar el remonte capilar al resto del aislamiento de la fachada. En la práctica, como las placas de aislamiento suelen ser de 50 cm de alto, se simplifica la ejecución realizando toda la hilada de arranque (letra K) con placa entera de aislamiento hidrófugo (*Ilustración 41*).

Si el arranque del SATE se produce por debajo de la cota de la acera (*Ilustración 16*), también el aislamiento de las hiladas “enterradas” deberá ser hidrófugo. Además, será necesario consultar con el fabricante las especificaciones para los morteros y el resto de los materiales del SATE que vayan a quedar bajo cota de acera.

En los casos en los que la acera muestra diferencias de nivel por escalones o rampas, las distintas cotas obligan a definir el alto de la primera hilada (*Ilustración 42*): una rampa altera la cota de acera por lo que la primera hilada de aislamiento hidrófugo tendrá que adecuarse a esta circunstancia y mantener un mínimo de 30 cm de altura de aislante hidrófugo en contacto con la acera. En el ejemplo se observa que se mantiene una altura de 33 cm y, por tanto, cumpliendo con los 30 cm mínimos.

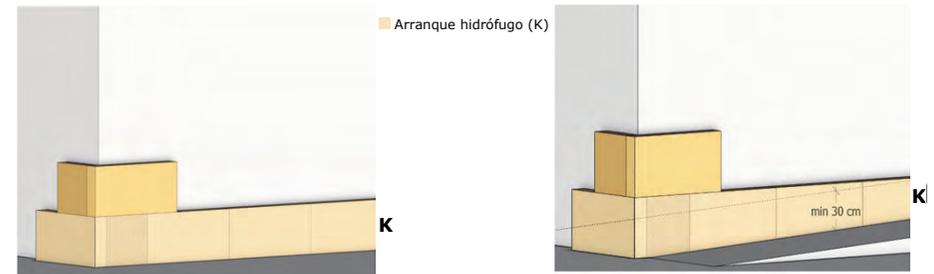


Ilustración 41: Ejemplo de planteamiento de arranque en acera de las placas aislantes. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

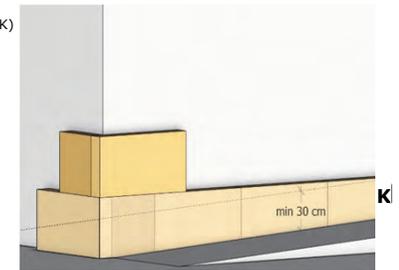


Ilustración 42: Ejemplo de arranque en acera que presenta desnivel. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.5.3.3 Encuentros en esquina

Las esquinas tienen una importancia destacada en un SATE por los esfuerzos que soportan y el arriostramiento que requieren. Por ello, las placas deben encajar en formación dentada, donde solo se instalarán placas enteras (placa 1) o medias placas (placa 2). Para un mejor comportamiento, las placas en esquina se colocan todas enteras y solo una vez el adhesivo se haya endurecido (2-3 días), los sobrantes se recortan resultando la creación de las medias placas (2).

Dado que las dimensiones de la envolvente de los edificios suelen conllevar la instalación del SATE por fachadas completas, el planteamiento correcto de la esquina es de vital importancia. Por ello, lo habitual es instalar la primera hilada iniciando en la esquina la colocación de la placa entera (1) y media (2) (Ilustración 43) y continuando con placas enteras en el resto de la fachada que se está trabajando (Ilustración 44). Se recuerda que esta primera hilada deberá ser de aislamiento hidrófugo.

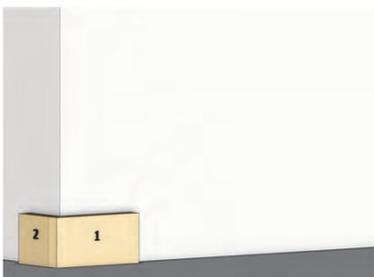


Ilustración 43: Inicio de colocación del SATE en esquina en el caso de instalación del SATE por fachadas.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

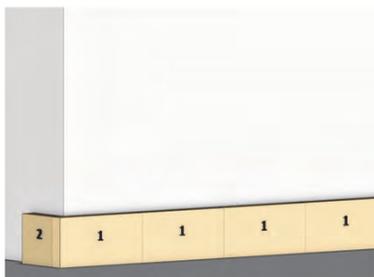


Ilustración 44: Primera hilada de colocación del SATE en el caso de instalación del SATE por fachadas.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

En los edificios de cierto tamaño, esta colocación del SATE por fachadas resulta ventajosa en cuanto a planificación y proceso de montaje porque permitirá avanzar la ejecución y colocación del resto de elementos que completan el SATE (p.ej., perfil cantonera, morteros de base, mallas y acabados) del paño completo de fachada para luego desmontar los medios auxiliares de la misma y pasar a la siguiente fachada.

En el caso del edificio modelo (ver apartado 3.5.3.9), el tamaño del edificio permite la instalación completa de andamios en todas las fachadas y, por tanto, el proceso varía ligeramente. Si en los ejemplos de este apartado (Ilustración 45 a Ilustración 48) el proceso se basa en ejecutar la esquina y luego una hilada completa de un paño de fachada, en el edificio modelo se instala la esquina y se ejecutan las hiladas de las dos fachadas adyacentes.

Una vez instalada la primera hilada, se continúa ejecutando la esquina de la segunda hilada con dos características diferentes: el aislamiento de la segunda hilada ya no tiene por qué ser hidrófugo y las placas media y entera se instalan en orden inverso en la esquina buscando el entrelazado y la discontinuidad de la junta vertical de paneles aislantes (Ilustración 45).

A partir de entonces, el procedimiento se va repitiendo hacia arriba con el mismo esquema para lograr el objetivo de arriostrar las hiladas de ese paño de fachada con la esquina (Ilustración 46 a Ilustración 48).



Ilustración 45: Colocación de esquina de segunda hilada en el caso del SATE por fachadas. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 46: Segunda hilada del SATE en el caso de instalación del SATE por fachadas. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 47: Inicio de colocación de esquina de la tercera hilada en el caso de instalación del SATE por fachadas. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 48: Tercera y cuarta hilada de colocación del SATE en el caso de instalación del SATE por fachadas. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.5.3.4 Paño general y zonas opacas de la fachada

Partiendo de las placas de aislamiento enteras (placa 1) o medias (placa 2) en las esquinas, el ajuste de las placas a la longitud de la fachada se realiza en la esquina opuesta o en el centro del paño.

En el caso de piezas de ajuste que tengan una longitud superior a media placa (placa 3), éstas podrán situarse en las esquinas (*Ilustración 49*).

■ Placa entera (1) ■ Media placa (2) ■ Superior a media placa (3) ■ Inferior a media placa (4) ■ Arranque hidrófugo (K)

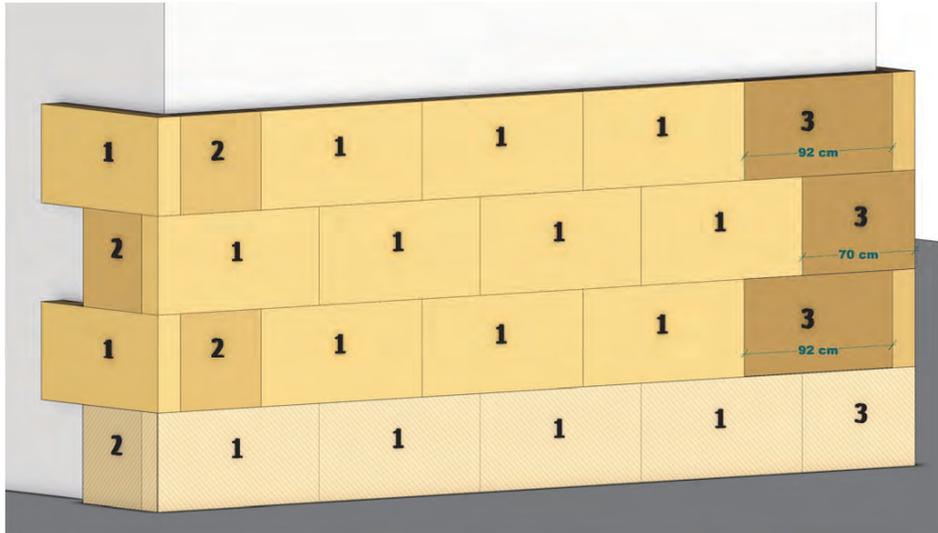


Ilustración 49: Ajuste del aislamiento a las dimensiones de la fachada con placas casi enteras (placa 3).

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Sin embargo, si el ajuste da como resultado la aparición de placas pequeñas (placa 4), estas deben colocarse en el centro del paño (*Ilustración 50*), siempre lejos de las esquinas y las ventanas y se recomienda que tengan, como mínimo, 20 cm [Referencia 8].

■ Placa entera (1) ■ Media placa (2) ■ Superior a media placa (3) ■ Inferior a media placa (4) ■ Arranque hidrófugo (K)



Ilustración 50: Ajuste de aislamiento a las dimensiones de la fachada con placas pequeñas (placa 4). Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

En todos los casos se debe cumplir el decalaje mínimo de las juntas verticales en las diferentes hiladas. Este decalaje mínimo recomendado varía según las fuentes:

- Según CSTB [Referencia 8] = 20 cm.
- Según algunos fabricantes = 30 cm.
- Según otros fabricantes = 2 veces el espesor de placa (p. ej. decalaje en placa de 14 cm es $2 \times 14 = 28$ cm).

En los paños de fachada de grandes dimensiones suele ser relativamente fácil cumplir esta premisa, pero en ejemplos como el edificio modelo, es un condicionante laborioso (apartado 3.5.3.9). En ajustes con placas pequeñas de 30 cm (*Ilustración 50*), se deben respetar y comprobar los decalajes (36 cm y 34 cm cumplen la premisa).

Además del decalaje mínimo, también las juntas entre paneles deben cumplir las siguientes características:

- No deben coincidir con discontinuidades en el muro soporte.
- Los paneles se instalan a hueso, con una tolerancia de menos de 2 mm de junta y sin mortero en la junta entre paneles. En juntas de más de 2 mm, debe rellenarse la junta con el mismo aislamiento del SATE.
- Los paneles que se encuentren en juntas no coplanares deben ser lijados y posteriormente desempolvados.

3.5.3.5 Aislamiento en el perímetro de los huecos de carpintería

Tal y como se ha mencionado en el apartado 3.5.3.1, las placas alrededor de los huecos (denominadas “banderas”) tienen condicionantes particulares que requieren análisis, ajustes y frecuentes medidas correctivas.

Se debe evitar que las esquinas de los huecos en fachada coincidan con las juntas entre placas (tanto verticales como horizontales) [Referencia 11].

En un ejemplo de la incorrecta colocación de las placas (Ilustración 51), se observa que erróneamente coinciden los vértices de placas o las juntas de placas (verticales u horizontales) con los vértices del hueco.

Para impedirlo, las placas deben cortarse en forma de “L” (preferiblemente con hilo caliente) y respetando una dimensión mínima de 20 cm a partir del vértice del hueco de la fachada.

1. A continuación se muestran ejemplos de placas en diferentes cortes (Ilustración 52, Ilustración 53) pero que cumplen el área mínima (color verde ■).

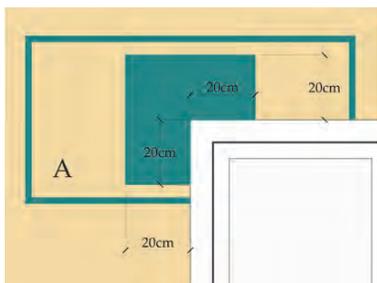


Ilustración 52: Medidas mínimas a respetar en el aislamiento de los vértices del hueco. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

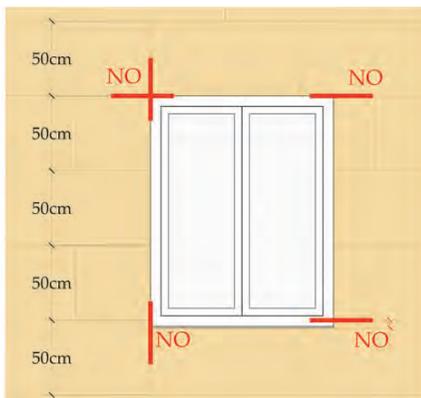


Ilustración 51: Placas de aislamiento coincidiendo erróneamente con los vértices de la ventana. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

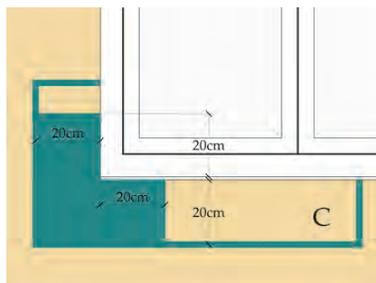


Ilustración 53: Medidas mínimas a respetar en el aislamiento de los vértices del hueco. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Por tanto, para la correcta resolución del encuentro con el hueco (Ilustración 54), se busca usar piezas completas en forma de L (letras A, B, C, D) en los vértices del hueco (línea ■) y, así mismo, respetar las dimensiones mínimas de 20 cm alrededor del vértice (cuadrado ■). Además de cumplir estas medidas mínimas de la pieza en L, también debe respetarse el decalaje (en este caso es de 30 cm).

Las premisas sobre mitigación del puente térmico (apartado 2.1.6) guían la colocación del aislamiento en mochetas y alféizares. Con el aislamiento en la mocheta (Ilustración 18), se requiere prestar atención a que sea el panel de aislamiento de fachada el que pase por delante del aislamiento de la mocheta.

Con la carpintería alineada con el SATE (Ilustración 19), el sistema ofrece mayor eficacia frente al puente térmico y el SATE sobrealisará el marco.

En ambos detalles, el SATE cubre la junta entre carpintería y muro soporte, protegiendo esa junta “peligrosa” y muy susceptible de sufrir filtraciones de agua cuando no la resguarda el SATE.

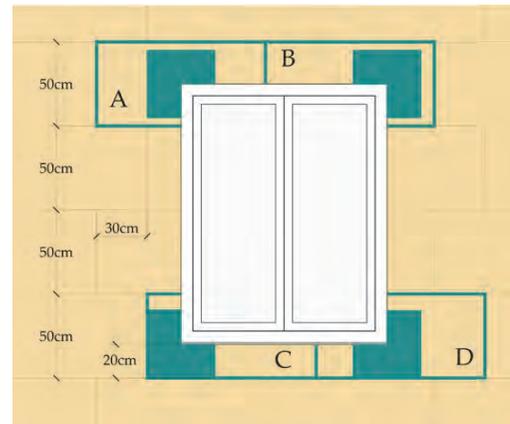


Ilustración 54: Colocación de placa de aislamiento en hueco de carpintería con corte en “L”. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

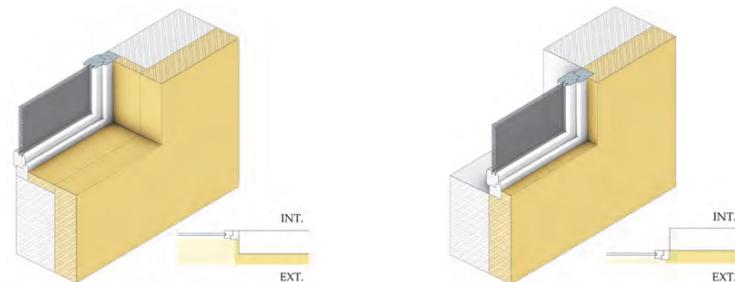


Ilustración 18: Ejemplo de carpintería existente con mochetas aisladas en espesor reducido. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Ilustración 19: Ejemplo carpintería alineada con el SATE para optimización del puente térmico. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.5.3.6 Franjas cortafuego

Ante el extendido uso del poliestireno como aislante en fachadas con SATE y la necesidad de mejorar su respuesta al fuego, varios países han editado guías [Referencia 12] donde proponen el uso combinado de aislantes plásticos y minerales para valerse de su diferente comportamiento ante el fuego (véase apartado 3.5.1).

El procedimiento para limitar la propagación de fuego por la fachada se basa en la instalación de franjas cortafuego de lana de roca, adheridas y fijadas con espiga, a medida que se instala el aislamiento de poliestireno expandido.

Para espesores del SATE hasta 20 cm se seguirán las siguientes indicaciones [Referencia 12]:

- El alto de la franja cortafuego de aislante tipo mineral debe ser igual o mayor a 20 cm (letra b).
- La distancia de la franja cortafuego al dintel de las ventanas, debe estar entre 20 y 50 cm (letra a).
- La distancia desde acera a la franja cortafuego puede ser de hasta 60 cm (letra d). El objetivo es proteger el arranque del SATE de incendios a cota de acera.

Al igual que en la colocación de los paneles de aislamiento, las juntas verticales de las franjas cortafuego no deben coincidir con las juntas verticales de los paneles de EPS (letra c) y deben cumplir con las mismas distancias mínimas de decalaje.

Además, siguiendo las premisas generales de colocación de paneles, el ajuste en las hiladas para instalar la franja cortafuego del arranque se puede hacer manteniendo las dimensiones mínimas de la placa de arranque.

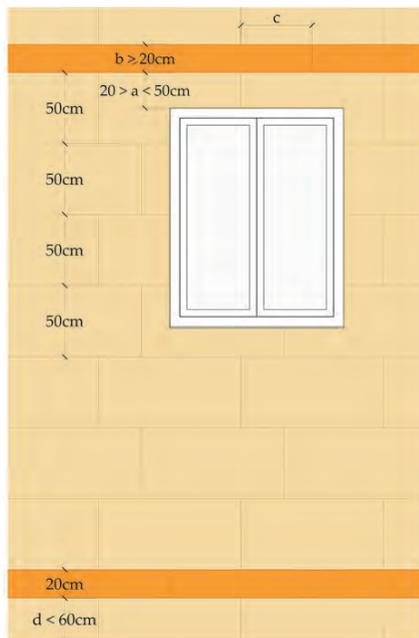


Ilustración 55: Ejemplo de instalación de franjas cortafuego en SATE de poliestireno expandido. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.5.3.7 Elementos pesados en una fachada SATE

Es posible instalar o reinstalar sobre una fachada de SATE elementos pesados como toldos, tendedores, luminarias, barandillas, paneles fotovoltaicos en fachada, etc. pero requiere la previsión de la instalación de accesorios especiales que eviten la rotura del aislamiento térmico por carga excesiva, la entrada de agua en el SATE y/o la creación de un puente térmico por la interrupción del aislamiento. En general, pueden darse dos situaciones:

- Cuando la posición exacta de estas piezas especiales o accesorios para cargas pesadas está definida en fase de proyecto, estos se instalan (adheridos y/o fijados mecánicamente) en la misma fase que el aislamiento térmico. La sujeción de toldos, calderas, contraventanas o similares elementos pesados es la que habitualmente requiere el uso de estos accesorios para cargas.
- En los casos donde aún no hay ubicación precisa del elemento, existe la posibilidad de instalarlo tras el SATE, pero con un mayor riesgo de entradas de agua si no se usan los elementos especiales (apartado 3.10).

Los accesorios que se instalan en la fase de aislamiento (primer caso) se escogen en función del peso del elemento que deba anclarse y del tipo de aislamiento térmico del SATE, ya que no todos los tipos de accesorios pueden ser instalados en todos los tipos de aislamiento.

Según el tipo de carga (ligera o pesada), existen los siguientes accesorios para la fase de ejecución del aislamiento:

- Accesorios para cargas ligeras (carteles, bajantes, enrejados): son piezas que se colocan integradas en el aislamiento térmico y habitualmente son de EPS de alta densidad (Ilustración 56, Ilustración 57).

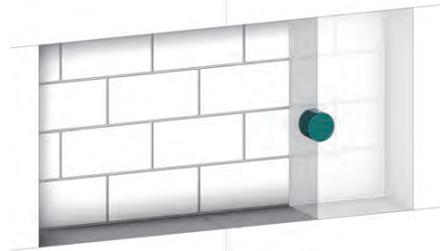


Ilustración 56: Accesorio cilíndrico adherido al aislamiento donde atornillar cargas ligeras. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

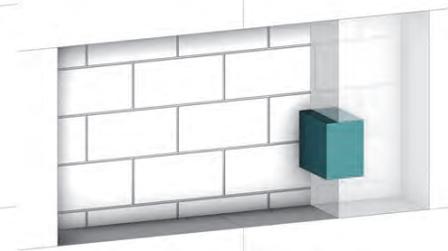


Ilustración 57: Accesorio adherido al muro como soporte para cargas ligeras. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

- Accesorios para cargas pesadas mayores de 15 kg (toldos o marquesinas, por ejemplo) o para montajes que requieren cálculos estáticos: son accesorios que se anclan al muro soporte y confieren la seguridad en la capacidad de carga del SATE, así como una transferencia efectiva de la carga desde la capa exterior de aislamiento hasta el muro soporte (*Ilustración 58*).
- Elementos de fachada cuyo fallo pondría en riesgo la integridad física de las personas (contraventanas o barandillas), se anclan al muro soporte con el mismo tipo de accesorios que los utilizados para cargas pesadas, independientemente del peso que tengan (*Ilustración 59*).

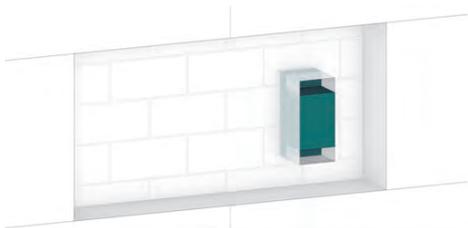


Ilustración 58: Accesorio para la fijación de elementos pesados como marquesinas, toldos y escaleras o para montajes que requieren cálculos estáticos. Fuente: Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 59: Accesorio para elementos críticos como barandillas, protecciones anticaídas, guías de persianas de panel deslizante o contraventanas. Fuente: Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

A pesar de no ser una pieza para cargas pesadas, es interesante mencionar en este apartado una pieza especial destinada a albergar distintos tipos de cajas nido en el SATE, puesto que su colocación responde al mismo modelo.

De esta forma se busca dar una respuesta satisfactoria a la reposición de anidaciones existentes en los edificios que se rehabilitan o incluso a la integración de nuevos lugares de anidación en fachadas existentes o de obra nueva.



Ilustración 60: Accesorio para incorporación de nido. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.5.3.8 Sombreamientos para el cumplimiento del control solar

Debido a los cada vez más cálidos veranos, está cobrando más importancia el control solar en los edificios. En los edificios con fachada de SATE aún adquiere más relevancia el control solar mediante la instalación de sombreadamientos para evitar el sobrecalentamiento del edificio. Esto se debe a que el edificio "abrigado" mediante un SATE tiene mayor capacidad de almacenar calor que antes (efecto termo) y debe protegerse eficazmente frente a una entrada indiscriminada de radiación solar.

Con carácter general, es más beneficiosa la instalación de sombreadamientos frente al uso de vidrios de control solar (vidrios que permiten un bajo porcentaje de penetración de radiación solar). Los sombreadamientos (fijos o móviles) permiten la regulación de captación solar según necesidades, mientras que los vidrios de control solar bloquean las ganancias solares de forma permanente, impidiendo las ganancias deseables en época de calefacción.

En consecuencia, aunque un edificio no tuviera elementos de sombreadamiento antes de una rehabilitación energética con SATE, es importante estudiar esta necesidad, planificarlos e incluir en el proyecto tanto los elementos de sombreadamiento como los accesorios especiales que permitan su instalación.

Como la mayoría de los elementos de sombreadamiento son pesados (aleros, marquesinas, toldos, contraventanas, celosías...), el momento de incluir las piezas especiales para su instalación es preferiblemente la fase de colocación de aislamiento, simultáneamente con el resto de elementos pesados a colocar o recolocar en fachada.

El caso particular de las persianas o venecianas exteriores requiere una previsión y ejecución distinta porque la problemática no está tan relacionada con el peso del elemento sobre el SATE, sino con la continuidad del aislamiento alrededor del elemento de sombreadamiento.

Existen algunas soluciones en el mercado para el tratamiento de las persianas o persianas tipo veneciana sin puente térmico. Sin embargo, es vital la correcta integración de estas en el SATE mediante la elaboración del detalle constructivo de instalación que debe incluirse en proyecto. En cuanto a la fase de instalación de estos elementos, coincidirá con la fase de colocación del aislamiento.



Ilustración 61: Cajas de persiana para SATE con puente térmico mitigado. Fuente: Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Los tipos de sombreados deben seleccionarse según la orientación de fachada:

- Fachada SUR: Toldos, aleros y marquesinas (fijos o móviles) de carácter predominantemente horizontal.

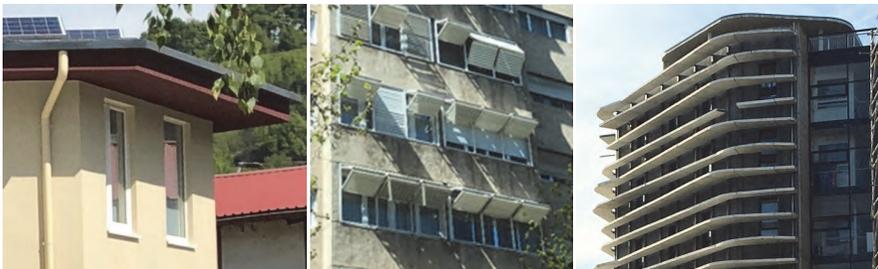


Imagen 14: Sombreado fijo horizontal en fachada SATE sur (País Vasco). Fuente: Marta Epelde.

Imagen 15: Sombreado móvil horizontal y vertical en fachada sur (Madrid). Fuente: Marta Epelde.

Imagen 16: Sombreado horizontal excesivo y sin vinculación con la orientación. Fuente: Marta Epelde.

- Fachadas ESTE y OESTE: sufren una radiación muy desigual en invierno y verano, son más recomendables los sombreados móviles y de tipo vertical como venecianas, celosías o persianas.



Imagen 17: Sombreado móvil vertical (contraventanas y persiana tipo alicantina) en fachada oeste (Murcia). Fuente: Marta Epelde.

Imagen 18: Sombreados móviles verticales mediante contraventanas en fachadas SATE de orientación este, sudeste y noreste (País Vasco). Fuente: Marta Epelde.

3.5.3.9 Ejemplo de instalación de aislamiento en el edificio modelo

El edificio modelo es singular en la distribución irregular de los huecos de ventana, los encuentros con el terreno y las alturas de forjados y, por consiguiente, sus fachadas tienen geometrías, detalles constructivos y dimensiones dispares y particulares. Esto lo convierte en un caso interesante para el análisis de una casuística más compleja y completa en el planteamiento y distribución de las placas de aislamiento de un SATE. Para mostrar la aplicación de los principios para el edificio modelo, se va a seguir el orden de análisis iniciado en el apartado 3.5.3:

- Hiladas: inicio del planteamiento mediante análisis de las distancias de los huecos al arranque.
- Arranque: análisis de los tipos de arranque del SATE y casuísticas.
- Esquinas: casuísticas particulares del edificio modelo aplicables a edificios unifamiliares o bifamiliares.
- Zonas opacas: casos particulares por la existencia de encuentros singulares en el edificio modelo.
- Huecos: soluciones variadas para las placas que rodean los huecos.



Ilustración 2: Fachada principal del edificio modelo utilizado en esta publicación. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.



Ilustración 3: Fachada lateral del edificio modelo utilizado en esta publicación. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

❖ Hiladas: inicio del planteamiento mediante análisis de las distancias de los huecos al arranque

En el edificio modelo el planteamiento se inicia con el mismo método descrito en el apartado 3.5.3.1: marcando las hiladas que encajan entre el dintel y el vierteaguas de la primera fila de ventanas.

Se ha cogido como referencia para el inicio del planteamiento la ventana inferior izquierda de la fachada principal (*Ilustración 62*). Se ha iniciado planteando la hilada a 20 cm bajo el vierteaguas (B) resultando la hilada sobre el dintel (A) dentro de las medidas (20 a 30 cm) para las placas alrededor de los huecos. Al continuar con el planteamiento de las hiladas cada 50 cm hacia la acera, se observa que la hilada del arranque (C) queda con la altura de una placa entera de 50 cm. Por tanto, esta fachada no requiere ajuste de hiladas.

El planteamiento de hiladas se mantiene para el resto de las fachadas puesto que las esquinas deben seguir la misma alineación. Por ello, se ha comprobado que esta alineación también cumple con los márgenes adecuados en las ventanas de la fachada lateral. Se observa que algunas ventanas (*Ilustración 63*) cumplen con las medidas mínimas de hilada a hueco (D y F) pero otras las incumplen (E, G, H), siendo necesaria una solución alternativa para las placas de ese hueco (*Ilustración 70 a Ilustración 73*).

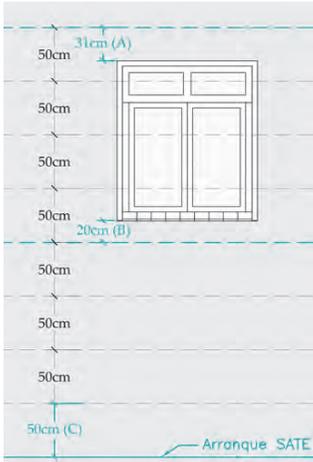


Ilustración 62: Planteamiento de hiladas de aislamiento para el edificio modelo. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

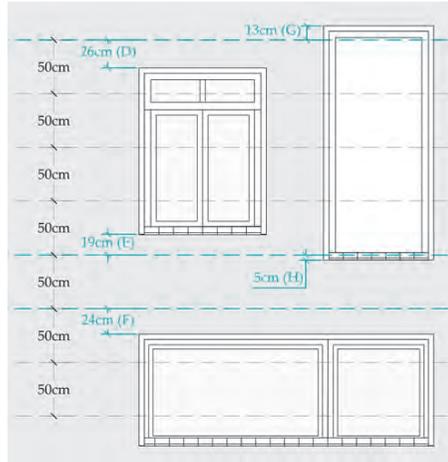


Ilustración 63: Planteamiento de hiladas en fachada lateral con márgenes problemáticos. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

❖ Arranque: análisis de los tipos de arranque del SATE y casuísticas

El edificio modelo muestra dos condicionantes a la hora de analizar el arranque del SATE: distintas cotas de arranque y la presencia de un puente térmico a mitigar en el encuentro del SATE con la acera.

- El edificio tiene distintas cotas de arranque entre sus dos fachadas principales por la presencia de una plataforma de dos peldaños, lo que obliga a realizar ajustes en las hiladas de arranque de las fachadas.

En el arranque de la fachada principal (*Ilustración 64*) se observa la hilada de arranque de 50 cm (letra K) que es consecuencia del planteamiento de hiladas previo (*Ilustración 62*).

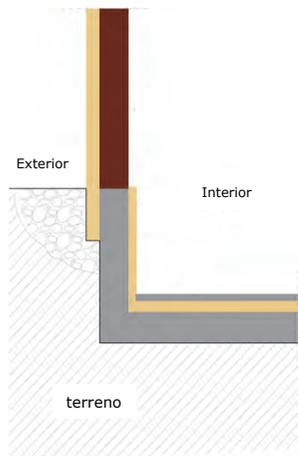
Sin embargo, al llevar esa alineación a la fachada lateral (*Ilustración 65*), la presencia de los peldaños crea una primera hilada de solo 21 cm (letra K1), resultando un tamaño de placa insuficiente para cumplir el requisito de 30 cm de aislamiento hidrófugo sobre acera. Esto obligará a utilizar dos hiladas de hidrófugo sobre acera (letra K1 y K2).



Ilustración 64: Arranque con hilada de aislamiento hidrófugo en fachada principal. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Ilustración 65: Arranque con dos hiladas de aislamiento hidrófugo en fachada lateral. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

- Como consecuencia de la conjunción de los dos condicionantes mencionados (altura de la hilada de arranque en fachada lateral y puente térmico en el encuentro del SATE con la acera), la solución óptima para el edificio modelo es plantear un arranque del SATE para la mitigación del puente térmico mediante la estrategia de prolongar el aislamiento por debajo de cota de acera (*Ilustración 16*).



De esta forma el aislamiento del SATE bajo cota de acera es capaz de solaparse con el aislamiento interior existente, reduciendo considerablemente la pérdida energética ya que ese puente térmico afecta a todo el perímetro del edificio modelo (*Ilustración 16*).

Con esta solución (*Ilustración 66*), la altura de la placa de la primera hilada será de 50 cm, donde una parte quedará enterrada (29 cm, letra K3) y otra parte quedará sobre acera (21 cm, letra K1).

Dado que solo 21 cm de aislamiento hidrófugo quedan por encima de la cota de acera (letra K1), la segunda hilada (letra K2) también se ejecutará con aislamiento hidrófugo para cumplir, entre ambas, con los 30 cm mínimos requeridos sobre cota de acera.

Ilustración 16: SATE con aislamiento bajo cota acera. Fuente: M. Epelde,

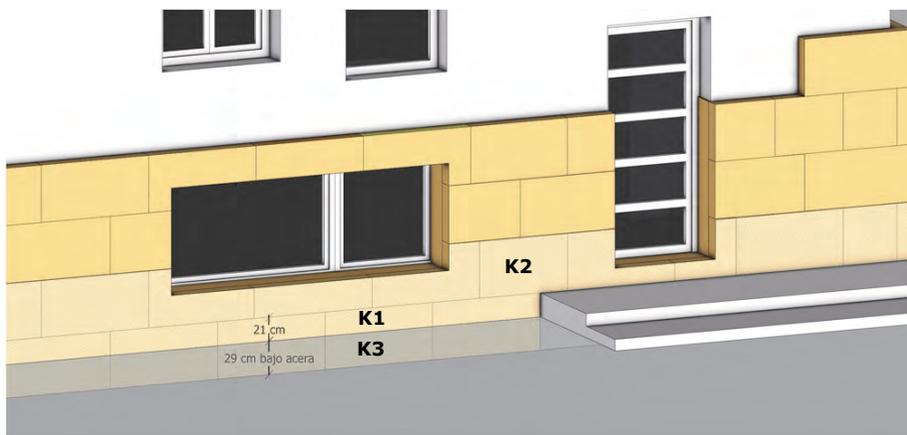


Ilustración 66: Planteamiento de arranque del SATE en edificio modelo con aislamiento bajo cota acera. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

❖ Esquinas: casuísticas particulares del edificio modelo aplicables a edificios unifamiliares o bifamiliares

En los edificios de cierto tamaño, el SATE se instala por fachadas de manera que primero se ejecuta la esquina, pero luego solo se avanza instalando aislamiento en una de las fachadas. Sin embargo, el tamaño del edificio modelo permite la instalación de andamios en todas las fachadas y, por tanto, una vez ejecutada la esquina se pueden ejecutar las hiladas de las dos fachadas a la vez, fachada principal y fachada lateral (*Ilustración 67*).

Se observa que la esquina cumple la condición de usar placa entera (placa 1) y media placa (placa 2) y en orden inverso según se elevan las hiladas. Debido a la concentración de elementos singulares en esta fachada, tras el uso de placa entera y media placa en la esquina, no siempre es posible el uso de placa entera a continuación, usándose el mayor tamaño de placa posible en cada caso (placa 3).

Otra particularidad en este edificio es que algunas esquinas están bastante próximas creando complejidad para el planteamiento de placas. El análisis es fundamental para que no se utilicen placas demasiado pequeñas o que pierda su formación dentada, poniendo en riesgo el arriostamiento entre placas.

■ Placa entera (1) ■ Media placa (2) ■ Superior a media placa (3) ■ Inferior a media placa (4) ■ Arranque hidrófugo (K)

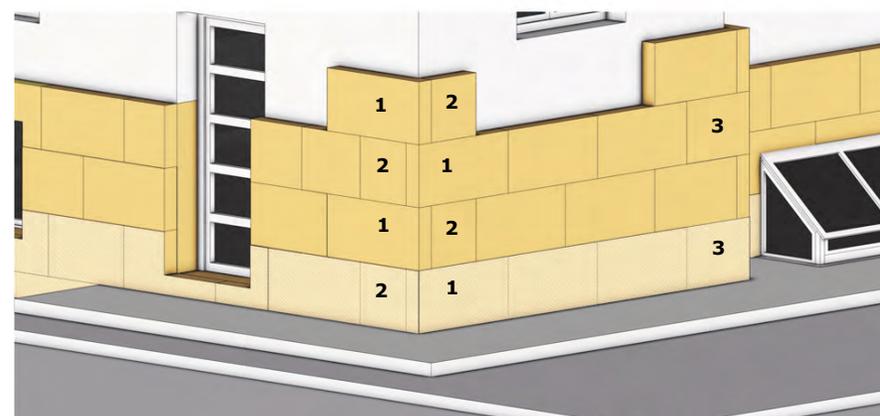


Ilustración 67: Colocación de esquina de la cuarta hilada en el caso de instalación del SATE simultánea en ambas fachadas. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

❖ Zonas opacas: casos particulares por la existencia de encuentros singulares en el edificio modelo

Lo habitual es iniciar el planteamiento de placas desde los extremos al centro y de abajo a arriba, situando las piezas de ajuste en el centro del paño y evitando los huecos.

Sin embargo, como consecuencia de las esquinas y huecos próximos, las fachadas del edificio modelo requieren múltiples ajustes en las placas de aislamiento y a menudo soluciones *ad hoc* que se irán explicando a continuación.

Las premisas más importantes que deben seguirse son:

- No utilizar placas de longitud inferior a determinada dimensión (la recomendación es 20 cm mínimo).

En las placas de la doble esquina (2 y 3) han tenido que adaptarse y no siguen las reglas de ajuste de placas en el centro del paño y uso de placa entera y mitad de placa en esquina. En este caso, el ajuste de dimensiones de las placas se produce en la esquina (y no en el centro), con el criterio del uso del mayor tamaño de placa posible (Ilustración 68).

- Mantener la distancia mínima recomendada entre las juntas verticales de las distintas hiladas.

En el edificio modelo se ha calculado el decalaje mínimo con la fórmula del doble del espesor de la placa. Teniendo en cuenta un espesor de placa de 14 cm, el decalaje mínimo calculado de 28 cm.

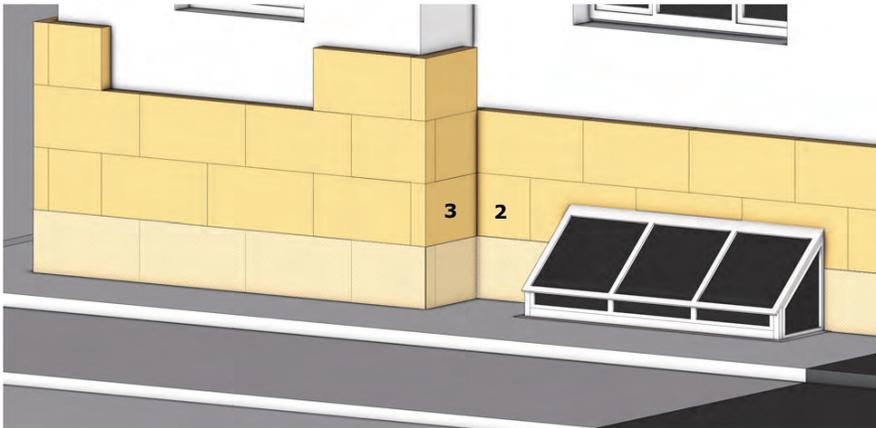


Ilustración 68: Ajuste de fachada en paño completo. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Otra solución peculiar que ha sido necesario adoptar en el edificio modelo se encuentra en la zona sobre el balcón de la fachada principal. En esa zona, sobre la viga superior del balcón, la altura que queda hasta la hilada superior no es adecuado resolverla con una hilada de 50 cm más otra hilada de pequeña altura (menor de 20 cm).

Por ello, en esta ocasión se ha adoptado la solución poco habitual de girar las placas de aislamiento 90 grados y colocarlas en vertical (placa 3). A pesar de que algunos decalajes entre juntas verticales quedan más reducidos, se trata de la mejor opción en este caso para evitar el uso de dos hiladas de escasa altura (Ilustración 69).

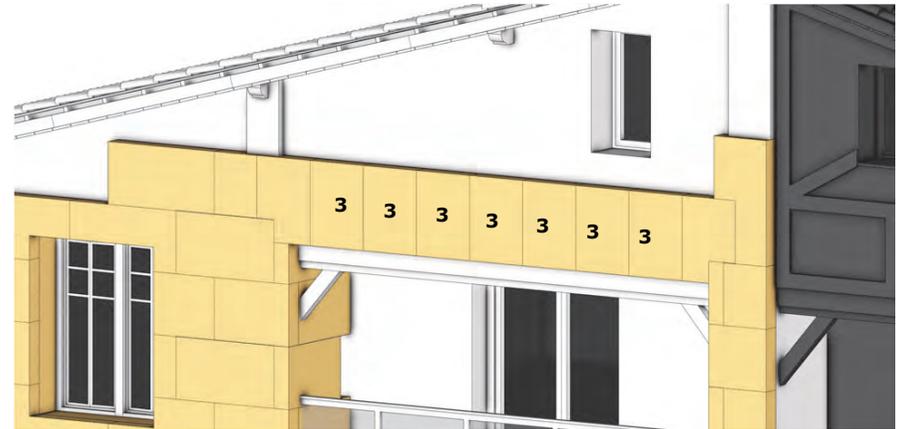


Ilustración 69: Solución de placas verticales adoptada en la zona sobre el balcón de la fachada principal. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

❖ Huecos: soluciones variadas para las placas que rodean los huecos

En el edificio modelo, la complejidad de instalación de aislamiento en el perímetro de los huecos es significativa por la diferencia de altura de arranque y dimensiones de cada uno de los huecos de fachada.

En todos se han mantenido correctamente las premisas del apartado 3.5.3.5 sobre Aislamiento en el perímetro de los huecos de carpintería: no hacer coincidir el vértice de una placa con el vértice de un hueco y reservar un área mínima de placa, manteniendo una distancia al vértice del hueco de al menos 20 cm en todas las direcciones.

Como consecuencia, para cumplir lo indicado, las soluciones han tenido que ser analizadas hueco por hueco.

En las ventanas de la izquierda en la fachada principal (Ilustración 70), las placas A-B-C-D son las placas especiales en forma de L o “banderas” que cumplen con la medida mínima de 20 cm alrededor del vértice (color verde ■). Su alineación horizontal viene dada del primer análisis y ahora se trata de alinearlas verticalmente.

Placa en L o bandera (A B C D)

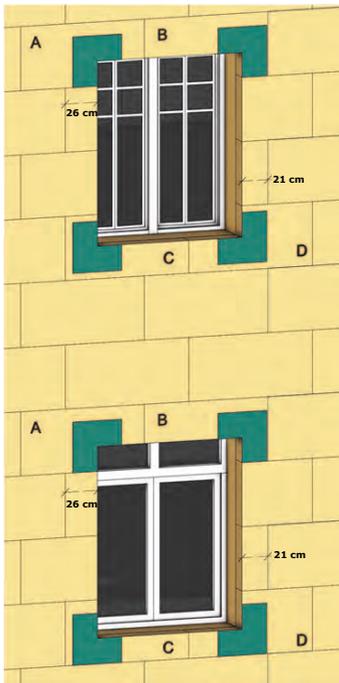


Ilustración 70: Resolución de placas alrededor de huecos en fachada principal. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

El resto de las ventanas de la fachada principal tienen igualmente las placas en forma de L en sus vértices (A-B-C-D). Como se puede observar en todos los casos (Ilustración 70 a Ilustración 72), los huecos requieren un exhaustivo análisis para ajustar correctamente el resto de las placas.

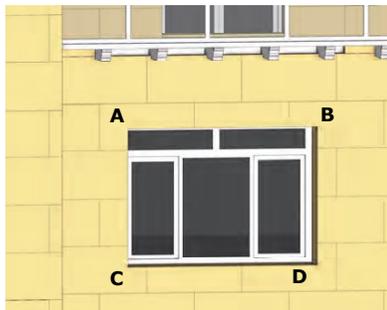


Ilustración 71: Resolución de placas alrededor de huecos en fachada principal. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

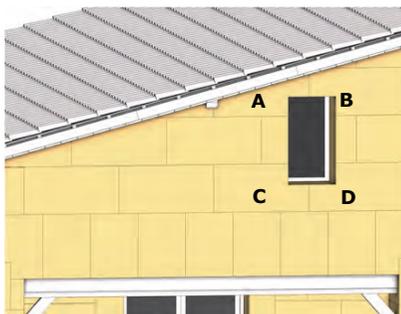


Ilustración 72: Resolución de placas alrededor de hueco reducido en fachada principal. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

En algunas ocasiones, nada parece funcionar a la hora de ajustar la dimensión y la posición de las “banderas” en los huecos. En estos casos, existe la solución particular que consiste en la colocación del panel aislante en vertical (A-B-C-D). Esta solución, aplicada en las dos ventanas de la derecha, se debe considerar solo una vez que las opciones habituales se han descartado. Como se puede observar, permite cumplir con la distancia mínima de 20 cm de aislamiento en contacto con el hueco y mantiene en un alto grado el decalaje entre juntas verticales de placas.

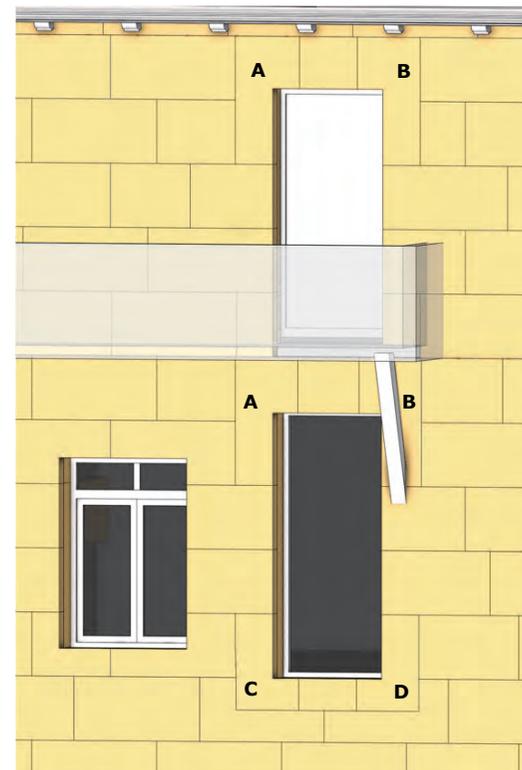


Ilustración 73: Ejemplo de resolución especial de paneles en huecos de ventana Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

❖ Resultado del planteamiento de instalación de placas

Una vez que se han analizado por separado las diferentes zonas complejas del edificio, es el momento de analizar si la combinación de todas ellas da como resultado un planteamiento que cumpla con todas las premisas.

- Placa entera (1)
- Media placa (2)
- Superior a media placa (3)
- Inferior a media placa (4)
- Placa en L (bandera) (A B C D)
- Arranque hidrófugo (K)
- Placa ajuste especial



Ilustración 74: Resultado final del planteamiento de placas de aislamiento en la fachada principal. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

Como se puede observar, la coincidencia de múltiples huecos, balcones y esquinas en unas fachadas relativamente pequeñas supone un esfuerzo importante de encaje. Sin embargo, minimiza los errores que se producirían en la ejecución si no se hubieran previsto y analizado los encuentros y ajustes necesarios.



Ilustración 75: Resultado final del planteamiento de placas de aislamiento en la fachada lateral. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

❖ Elementos pesados

En el edificio modelo, se dan diferentes situaciones que afectan a elementos de peso a recolocar. Por un lado, existen elementos de cargas ligeras como el soporte de la manguera, cajas eléctricas, bajantes, etc. y elementos de cargas pesadas como la marquesina, el enrejado de la puerta o la caldera.

En este caso, se ha considerado que los elementos de cargas ligeras se instalarán en la fase final del SATE, por lo que el detalle sobre su sujeción está especificado en el apartado 3.10 sobre reposición de instalaciones. Se trata de elementos que se pueden “atornillar” al SATE o al soporte mediante accesorios especiales para su colocación después del aislamiento (sin dañarlo) en la sujeción de bajantes, instalaciones eléctricas de poca entidad, etc.

Sin embargo, los elementos de carga pesada se tratarán en esta fase con la instalación de accesorios específicos. Estos accesorios transfieren la carga al muro soporte (ver apartado 3.5.3.7), pero sin originar puente térmico y servirán para prever el punto de anclaje para la marquesina, caldera, etc.

Llegado el momento de reposición de instalaciones, se buscará la ubicación exacta del elemento y se atornillará sobre el accesorio previsto la sujeción de la marquesina, la caldera o la contraventana.



Ilustración 26: Instalaciones a reponer que requieren elementos especiales para pesos en la fase de instalación de aislamiento.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.6 Anclajes o espigas: definición y especificaciones

Tras la instalación del aislamiento térmico, el componente clave del “kit” del SATE son las espigas. Este elemento reviste una importancia especial, ya que asegura el SATE frente a efectos higrotérmicos o fuerzas de succión de viento.

Además, su utilización es relevante en los edificios en altura, donde la succión de viento es de mayor magnitud y donde los posibles fallos de adherencia y desprendimientos del SATE pueden provocar importantes daños materiales y personales.

A pesar de que existen métodos que contemplan la ejecución del SATE puramente adherido o solo mediante fijaciones mecánicas, en este apartado se tratarán únicamente los sistemas adheridos con fijaciones mecánicas suplementarias porque son la solución que abarca la mayor parte de las situaciones de los edificios existentes.

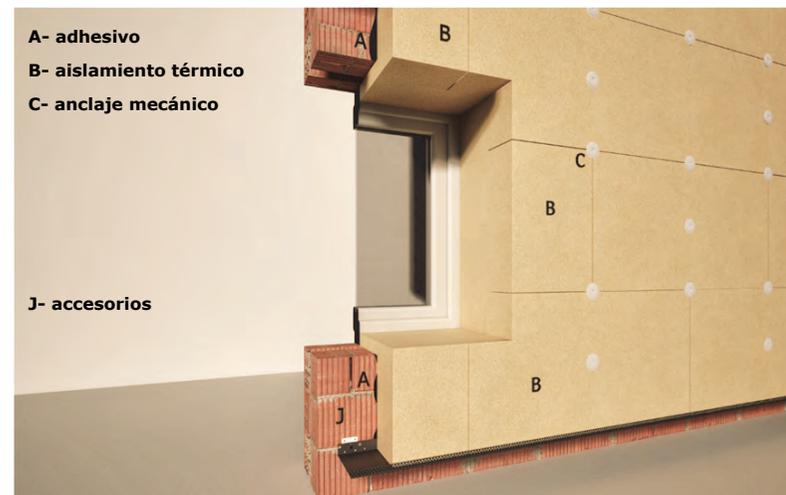


Ilustración 76: Fase de instalación de espigas.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.6.1 Tipos de espigas y opciones de colocación

Habitualmente se utilizan dos tipos de anclajes: de percusión (o golpeo) y de atornillamiento. Estas son las características que comparten y, también, las que los diferencian:

- Ambos tienen el mismo diámetro de plato (60 mm) pero la principal diferencia radica en la resistencia al arranque, siendo las espigas atornilladas las que ofrecen mayor resistencia.
- La elección entre ambos se determina mediante ensayos de arrancamiento (apartado 2.3) que evalúan la capacidad de la espiga al ser extraída de un muro soporte específico. Este ensayo determina la necesidad de utilizar un tipo u otro de espiga, así como la necesidad de aumentar su número (habitualmente 6 espigas/m²) en el caso de un comportamiento deficiente del muro soporte.

También existen dos tipos de instalación para las espigas: avellanada y plana.

- La instalación plana (Ilustración 77) es la más común, pero debe realizarse con cuidado para no cometer errores por exceso o escaso hundimiento en el panel (Ilustración 79, Ilustración 80).
- La opción avellanada (Ilustración 78) suele utilizarse en SATE con espesores de aislamiento a partir de 8 cm. Requiere una herramienta específica para su instalación y se completa con la posterior colocación de una tapa aislante sobre el plato de la espiga.

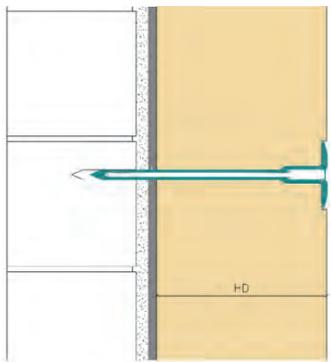


Ilustración 77: Instalación plana de espiga.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

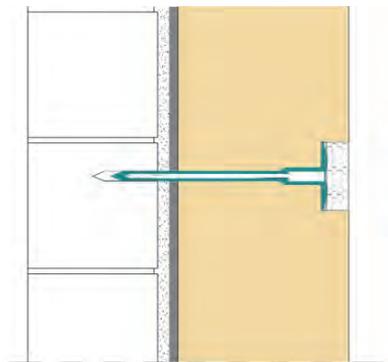


Ilustración 78: Instalación avellanada de espiga.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

La instalación de las espigas debe realizarse con cuidado por las consecuencias negativas que puede conllevar. Una inserción demasiado profunda en el panel puede dañar el aislamiento, mientras que una inserción superficial en el panel puede provocar irregularidades en la planimetría de los morteros base.

Por ello, la cara exterior del plato de la espiga debe quedar completamente alineada con el panel aislante, para lo que es necesario hundirla ligeramente (Ilustración 77).

Por el contrario, se consideran instalaciones incorrectas aquellas en las que el plato de la espiga sobresale del aislante (Ilustración 79) o queda demasiado profundo, hundiéndose y deformando el aislamiento térmico (Ilustración 80).

Ambas colocaciones erróneas provocan una capa irregular de mortero sobre los platos de las espigas. En el caso de la espiga que sobresale del aislamiento, se crea una capa con menor espesor de mortero sobre el plato de la espiga y en el caso de la espiga hundida, se colmata la zona de aislante deformado con un exceso de mortero.

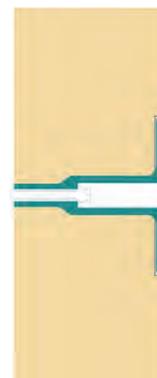


Ilustración 77: Ejemplo de correcta instalación de la espiga respecto a su alineación con el aislamiento térmico del SATE.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

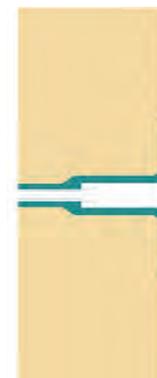


Ilustración 79: Ejemplo de incorrecta instalación de la espiga, demasiado exterior respecto a su alineación con el aislamiento térmico.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

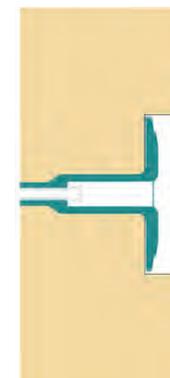


Ilustración 80: Ejemplo de incorrecta instalación de la espiga, demasiado hundida respecto a su alineación con el aislamiento térmico.

Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.6.2 Importancia de identificar la espiga específica del kit del sistema

Dada la importancia mecánica de la espiga dentro del SATE, esta suele estar perfectamente definida dentro del ETE o la documentación de referencia que acompaña al kit de materiales de alguna de las siguientes maneras:

- Mediante la indicación expresa de la marca y referencia de los tipos de espigas incluidos en el kit SATE.
- Mediante la indicación del número de ETE o documentación de referencia de las espigas en la que se puede buscar la marca y referencia de la espiga.

Alcanzar este nivel de identificación es crucial para contrastar la calidad de la espiga propuesta por el fabricante. De hecho, se recomienda solicitar al fabricante una muestra de la espiga incluida en el kit del SATE, ya que la simple observación de la calidad del material plástico y/o la rigidez del plato de la espiga puede ofrecer una idea de la calidad y durabilidad del componente. Además, una espiga de buena calidad suele ser un indicio de buena calidad del resto de los componentes del SATE.

El número de espigas que se colocan por metro cuadrado variará en función del estado de conservación del soporte y del tipo de material del mismo (cerámica, hormigón, madera u otros). Para ello, se debe consultar el ETE o documentación de referencia de la espiga y verificar para qué tipo de muro soporte está diseñada.

Es habitual que en el plato de la espiga se indique la longitud de la espiga y, en ocasiones, incluso la marca y referencia. Además, algunos fabricantes usan un código de letras ABCDE (Ilustración 81) para indicar los tipos de soporte a los que se adapta la espiga:

- A- Hormigón
- B- Ladrillo macizo
- C- Ladrillo hueco
- D- Hormigón ligero
- E- Hormigón celular



Ilustración 81: Ejemplo de información en la espiga.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

En el caso de soportes de madera u otro tipo de paneles propios de construcciones industrializadas, las espigas para SATE son específicas y diferentes a las que pueden utilizarse en los tipos de soportes mencionados. Por tanto, es importante asegurar con el fabricante que su sistema contemple el uso de espigas para madera u otros materiales panelados y/o se hagan los ensayos correspondientes para su uso.

3.6.3 Posición y número de espigas en el panel aislante

La posición de las espigas suele venir determinada por la dimensión del panel aislante y su material, por lo que es común que cada fabricante lo especifique. Sin embargo, es posible generalizar e indicar que:

- En los paneles de EPS, las espigas se suelen instalar en forma de T con 6 anclajes por m^2 (Ilustración 82).
- En los paneles de lana mineral, las espigas se suelen instalar en forma de W con 6 anclajes por m^2 (Ilustración 83).

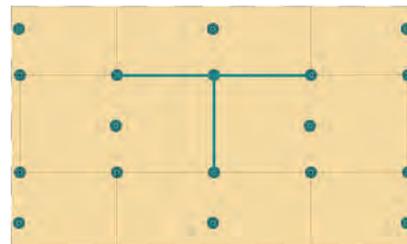


Ilustración 82: Ejemplos de instalación en paneles de EPS.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

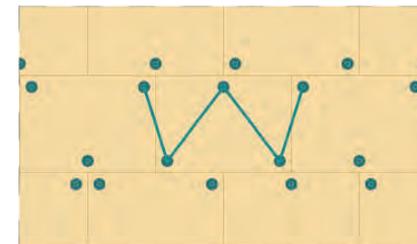


Ilustración 83: Ejemplos de instalación en paneles de lana mineral.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

El modo de contabilizar el número de espigas en un panel de EPS de 500x1000 mm (0,5 m^2) es (Ilustración 84):

- 1 espiga en el centro.
- 4 cuartos de espiga en los vértices del panel.
- 2 medias espiga en el centro superior e inferior del panel.

Por tanto, 1 espiga + 2 medias espigas + 4 cuartos de espiga sumarian 3 anclajes por panel de 0,5 m^2 y, por tanto, en 2 paneles que suman 1 m^2 se contabilizarían 6 anclajes/ m^2 .

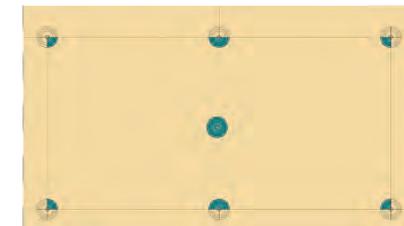


Ilustración 84: Ejemplo de contabilización de espigas en un panel de EPS (500 x 1000 mm).
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

El número de espigas varía en función de la resistencia del muro soporte y la altura del edificio:

- A menor resistencia del muro soporte, mayor número de espigas para asegurar la estabilidad. El aumento del número de espigas se hará según los siguientes patrones que muestran el paso de las habituales 6 espigas/m² (Ilustración 84) a 8, 10, 12, 14 espigas/m² (Ilustración 85).

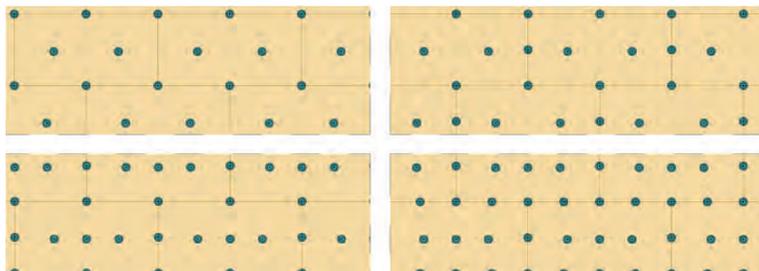


Ilustración 85: Distribución de espigas en función de la cantidad que sea necesario instalar. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

- A mayor altura del edificio y debido a la mayor exposición a fuerzas de viento, el número de espigas en las esquinas deberá aumentarse.

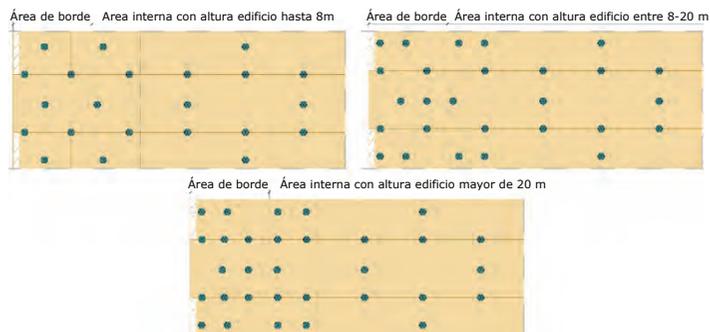


Ilustración 86: Distribución de espigas en función de la altura de la esquina. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.6.4 Longitud del anclaje

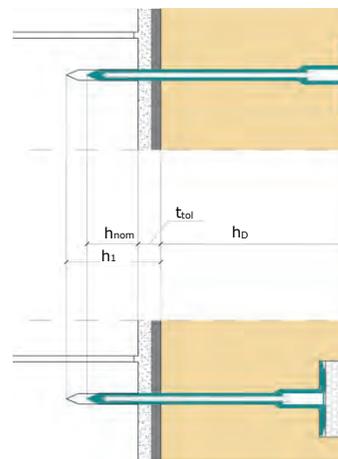
La correcta elección de la longitud de la espiga (l_D) es crucial para la seguridad del SATE y se calcula en función del espesor del aislamiento (h_D), la profundidad nominal del anclaje (h_{nom}) y la compensación de tolerancias o grosor de las capas de adhesivo del SATE y/o morteros que existan sobre la fábrica (t_{tol}):

l_D Long. espiga (mm) $\geq h_D$ espesor aislam. (mm) + h_{nom} prof. nominal anclaje (mm) + t_{tol} comp. tolerancias (mm)

La fórmula es la misma tanto para instalación de espigas en plano como para instalación de espigas avellanadas (Ilustración 87), simplemente será necesario consultar la tabla que el fabricante haya previsto para cada caso.

Puesto que el espesor del aislamiento (h_D) es conocido y la profundidad nominal del anclaje (h_{nom}) es un dato que aporta el fabricante en la documentación de referencia de la espiga, el valor que debe analizarse con detalle es la compensación tolerancias (t_{tol}), con especial observación en el caso de las rehabilitaciones:

- Si en una obra nueva el SATE se coloca directamente sobre la fábrica, el valor t_{tol} solo se verá afectado por el espesor del mortero adhesivo del SATE, valor próximo a 0,5-1,0 cm.
- En rehabilitación, sin embargo, debe sumarse el espesor de los revestimientos existentes sin capacidad portante (pueden tener 2-3 cm de espesor o más) al espesor del mortero adhesivo del SATE mencionado en el punto anterior.



h_D = Espesor de aislamiento

h_{nom} o h_{ef} = Profundidad nominal del anclaje o profundidad de empotrado efectiva (algunos fabricantes solo indican este valor)

t_{tol} = Compensación de tolerancias (grosor de adhesivo o grosor de adhesivo más revestimientos existentes en rehabilitación)

h_1 = Profundidad de perforación en el soporte

Ilustración 87: Ejemplos de tipos de instalaciones y medidas para cálculo de longitud del anclaje. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.7 Perfilerías: elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema

Dentro del conjunto de materiales de un SATE, los perfiles de refuerzo son elementos esenciales, pero frecuentemente subestimados y poco empleados. Desempeñan un papel crucial garantizando la durabilidad del sistema y están diseñados para adaptarse a una variedad de situaciones complejas: alinear, proteger, rematar, conectar el enlucido y proteger contra la escorrentía del agua de lluvia.

Los perfiles de refuerzo más comunes en esta fase del SATE son el clip goterón, la cantonera y el goterón (el perfil de arranque ya se encuentra colocado en esta fase, tal y como se explica en el apartado 3.3).

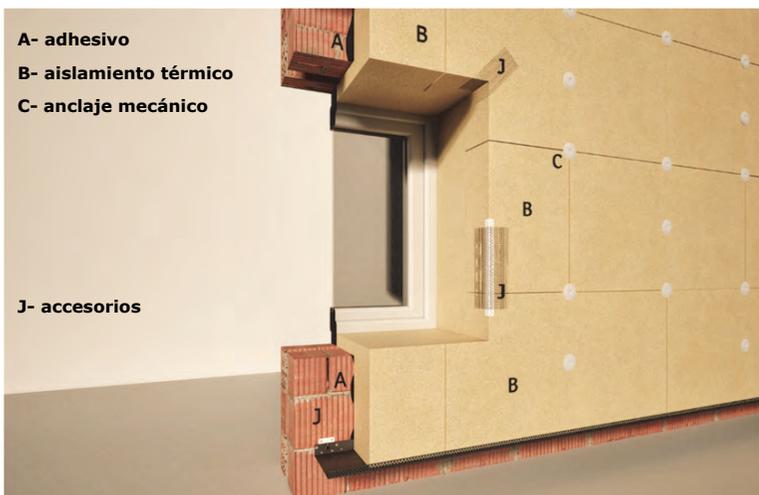


Ilustración 29: Instalación de perfilerías tras la ejecución del aislamiento y anclajes Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

También existen perfiles menos conocidos, aunque igualmente vitales, que son necesarios para reforzar encuentros más complejos como mochetas, juntas de dilatación, etc. La elección de estos perfiles dependerá de las especificaciones particulares del proyecto como respuesta al tipo de encuentros del edificio.

3.7.1 Perfil clip goterón

Aunque muchos fabricantes no lo prescriben conjuntamente, resulta beneficioso emplear el perfil de arranque (Ilustración 31) junto con un perfil específico como el "clip goterón" o el "perfil de transición metal" (Imagen 19).

Este perfil equipado con malla se fija en el borde exterior del perfil de arranque y cumple una doble función:

- Proporciona un acabado adecuado en forma de goterón para el revestimiento de la fachada, permitiendo que la escorrentía se evacúe adecuadamente y no discurra por el perfil de arranque hacia el soporte.
- Contribuye al remate correcto de los morteros del SATE, permitiendo el solapamiento entre la malla general del SATE y la malla del perfil "clip goterón", lo que evita la formación de fisuras, muy comunes en el encuentro entre los morteros y el perfil metálico de arranque.

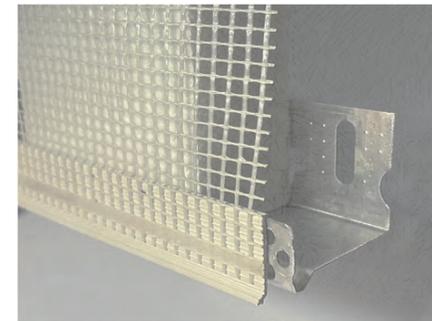


Imagen 19: Perfil clip goterón para el encuentro mortero perfil arranque metálico. Fuente: Marta Epelde.

3.7.2 Perfiles cantonera y goterón

Para encuentros en esquina y encuentros volados existen dos perfiles.

Como en el caso del perfil clip goterón, cuentan con una malla de fibra de vidrio que permite su solape con la malla general del SATE.

Al igual que las mallas de refuerzo del SATE, las mallas de estos perfiles se impregnan con mortero adhesivo para su sujeción, asegurando la correcta penetración del mismo.

- El perfil cantonera tiene como función proteger y reforzar las esquinas del SATE y va provisto de una banda de malla de fibra de vidrio de unos 10 cm. Posteriormente, se solapará con la malla general del sistema (Imagen 20).



Imagen 20: Perfil cantonera con malla de armado. Fuente: Marta Epelde.

- El perfil goterón es fundamental para evitar la escorrentía y el ensuciamiento de la fachada en encuentros volados o en la parte inferior de los ángulos salientes (Imagen 21).

A menudo se sustituye incorrectamente por el perfil cantonera (más simple), pero este último no tiene la función de goterón y no es capaz de evitar que el agua de lluvia discurra por los elementos volados.



Imagen 21: Perfil goterón en un elemento volado (dintel por ejemplo). Fuente: Marta Epelde.

3.7.3 Perfiles y refuerzos en huecos de ventana

Los perfiles necesarios para garantizar una instalación adecuada del SATE en los huecos de ventana son poco conocidos pero imprescindibles para evitar la formación de grietas en los diversos puntos de unión de este elemento constructivo.

- El perfil especial de ventana es el que conecta el SATE con la carpintería (Imagen 22): gracias a él se crea una junta fiable entre el SATE y los marcos de las carpinterías, absorbiendo las posibles vibraciones y optimizando la estanqueidad al agua del sistema.

Este perfil cuenta con una tira autoadhesiva que permite su sujeción a la carpintería (A) y una banda arrancable (B) que permite el correcto remate y la protección de las ventanas durante la ejecución de la obra. Estos perfiles también resultan útiles para encuentros del SATE con elementos de hormigón o mampostería.

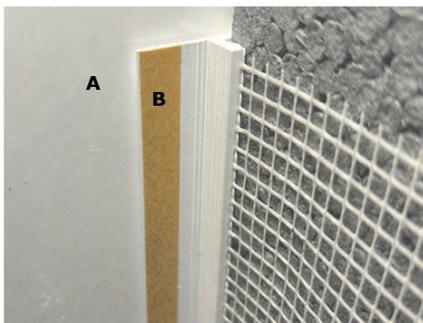


Imagen 22: Perfil de ventana adherido a la carpintería (A) y con malla para refuerzo de la mocheta de hueco. Fuente: M. Epelde.

- El segundo refuerzo existente en los huecos se realiza instalando una pieza especial de malla en las diagonales del hueco (Ilustración 88) para evitar la fisuración en los vértices del hueco.

En resumen, la suma de perfiles para una correcta instalación del SATE en un hueco incluye las cantoneras para refuerzo del ángulo entre la fachada y la mocheta (Imagen 20); el goterón para el dintel (Imagen 21); el perfil de ventana específico para encuentro con el marco (Imagen 22) y los refuerzos diagonales (Ilustración 88).



Ilustración 88: Refuerzo de vértices de hueco. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.7.4 Perfiles en juntas de dilatación y juntas divisorias

- Los perfiles para juntas de dilatación (Imagen 23) permiten al SATE absorber el movimiento sobre una junta de dilatación.
- Además, protegen la junta frente al agua y se adaptan a todo tipo de casuísticas: esquinas, diferentes grosores, etc.
- Existen otros perfiles para juntas de trabajo, que se usan para prever la microfisuración en las juntas producidas por un cambio de tono o un cambio de material en las capas de acabado. En este caso, la junta afecta solo al mortero, no a las placas de aislamiento como en el caso de la junta de dilatación de edificio.

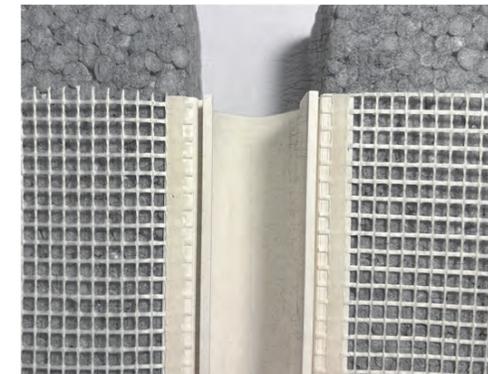


Imagen 23: Perfil junta de dilatación. Fuente: Marta Epelde.

3.8 Capas base y refuerzo (malla)

Es característico del SATE recubrir la capa de aislamiento con una capa reforzada compuesta de capas de mortero armadas con malla en el núcleo. Eso ocurre porque el aislamiento carece de propiedades para estar expuesto a la intemperie y son las capas de mortero las que confieren propiedades como la resistencia mecánica, la durabilidad, el refuerzo ante impactos, la protección ante inclemencias climáticas y la seguridad frente propagación de incendio.

La documentación del SATE indica los materiales previstos por el fabricante para la capa base: la marca y referencia de mortero, su rendimiento y espesor y, para la malla, sus dimensiones y características estándar o reforzada.

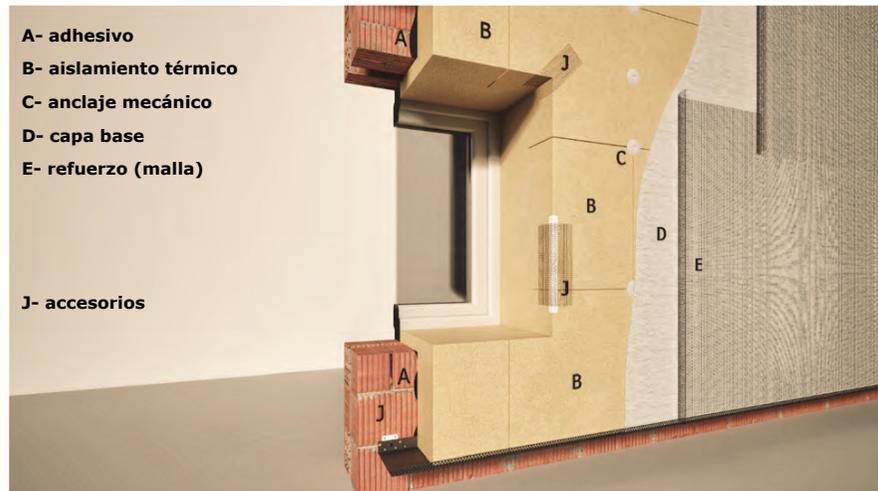


Ilustración 30: Esquema de colocación de mortero base y mallas de armadura. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.8.1 Mortero de la capa base

Salvo que la documentación del sistema indique lo contrario, es habitual que la capa base se ejecute con el mismo mortero usado como adhesivo del aislante. En este punto, merece la pena recordar que existen dos tipos de morteros para el SATE (ver 3.4): los morteros minerales (cementosos, indicados para SATE con acabado aplacado) y los morteros orgánicos (no cementosos, con alto contenido en resinas y de mayor elasticidad).

Los morteros de la capa base se tienden directamente sobre el aislamiento térmico, permitiendo nivelar solo pequeñas irregularidades que hayan podido quedar en las placas de aislamiento o en la colocación de las espigas.

La correcta adherencia de esta capa al aislamiento y el embebido de la malla de refuerzo en el mortero son de máxima importancia en esta fase: su fallo provocaría el desprendimiento de la capa base y las capas de acabado.

3.8.2 Refuerzo (malla o armadura)

El refuerzo de la capa base se realiza mediante una malla de fibra de vidrio específica para SATE que se define por su gramaje (g/m^2) y dimensión de malla ($mm \times mm$).

Las mallas pueden ser estándares o reforzadas: las primeras tienen habitualmente un gramaje cercano a $160g/m^2$ y las segundas, también conocidas como antivandálicas, son de gramaje muy superior (en algunos fabricantes $450g/m^2$ y en otros incluso $735g/m^2$). Estas últimas mallas reforzadas se recomiendan para aquellos SATE que van a estar en espacios con riesgo de impacto: zonas de aparcamiento, plantas bajas a nivel de calle, zonas de paso de máquinas barredoras, zonas deportivas, etc.

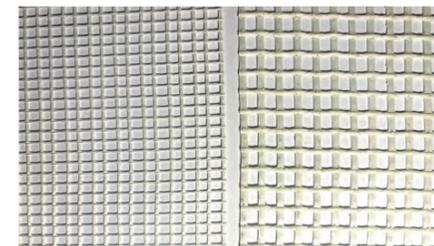


Imagen 24: Mallas de diferente gramaje. Fuente: Marta Epelde.

Un error grave en la ejecución de la capa base es situar la malla directamente sobre el aislamiento térmico, provocando que el mortero no penetre correctamente en las celdas y no se adhiera correctamente la capa base al aislamiento. Por ello, es vital que la colocación de la malla cumpla con los siguientes condicionantes:

- Que se coloque correctamente: embebida entre el tendido de la primera y la segunda capa de mortero base.
- Que cumpla con el solape mínimo entre mallas, habitualmente 10 cm.
- Que tenga la necesaria resistencia al impacto, prescribiendo una malla antivandálica en muros expuestos.
- Que, en el caso de existencia de molduras decorativas en el SATE, se consulte con el fabricante o la documentación reconocida del sistema si la malla debe cubrir o no las mismas.
- Que, en el caso del SATE con acabado aplacado, se comprueben las instrucciones del fabricante para verificar posibles modificaciones del orden de ejecución de la capa reforzada y espigas. En un SATE sin aplacado, lo habitual es instalar primero las espigas y luego la capa reforzada, pero, en los SATE con aplacado de cierto peso (cerámico, por ejemplo), es común instalar primero la capa reforzada y después las espigas como estrategia para aumentar la seguridad del sistema frente al peso añadido por el aplacado.

3.9 Imprimación y capas de acabados

Tras la capa base que refuerza el sistema, llegan las capas de acabado formadas por la capa de imprimación (según el sistema) y los materiales de recubrimiento final (mortero, aplacados y/o pintura según el caso).

Dado que los primeros SATE se ejecutaban con mortero coloreado, se tiene la idea de que el sistema permite únicamente este tipo de acabado homogéneo y de cierta rugosidad. Sin embargo, el mercado empezó a requerir acabados cerámicos o de imitación ladrillo y, como consecuencia, hoy en día algunos fabricantes disponen de una amplia variedad de materiales de acabado homologados para el SATE. Estos se pueden utilizar para:

- Aportar la estética deseada como acabados lisos, texturas de imitación madera o un acabado caravista.
- Adaptar el acabado a las necesidades técnicas de la fachada o del proyecto mediante el uso de acabados autolimpiables, de alta transpirabilidad o con criterios de utilización de materiales sostenibles.
- Reproducir acabados patrimoniales o aportar elementos decorativos a la fachada a través de molduras específicas o réplicas de entramados decorativos, entre otros.

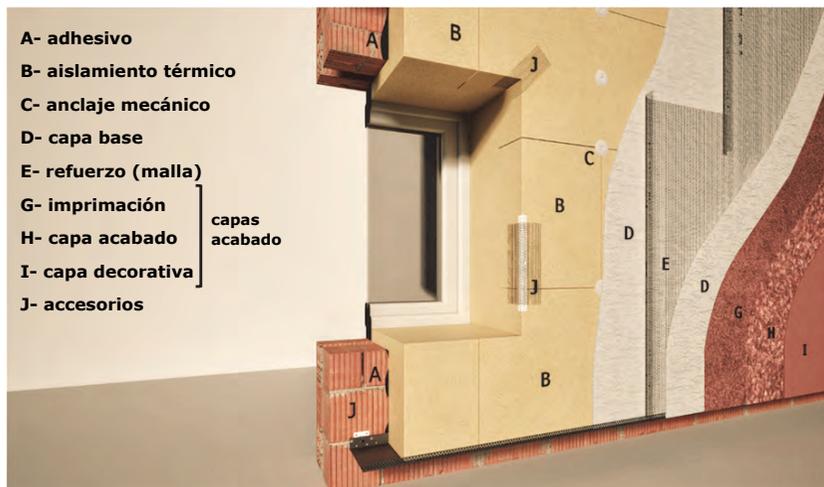


Ilustración 1: Elementos que componen el kit del SATE según prEN17237. Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

3.9.1 Imprimación

Se trata de una capa habitual en aquellos SATE cuyo acabado es un mortero coloreado: tras la ejecución de la capa base, se aplica la imprimación para que el soporte adquiera un mismo nivel de absorción de cara a la posterior aplicación del acabado.

Es habitual que la imprimación sea un producto pigmentado con el mismo tono que el mortero de acabado, de forma que ayude también a uniformar el tono final de la fachada. Su uso viene determinado por la documentación del sistema, donde se especificará si la imprimación es una capa opcional u obligatoria según el fabricante.

3.9.2 Acabados con mortero coloreado o pintura decorativa

Las capas de acabado más comunes son los morteros acrílicos coloreados. Sin embargo, hay fabricantes que ofrecen morteros de acabado y/o pinturas decorativas de variados materiales para aportar cualidades a la capa final:

- Mayor resistencia mecánica o a impacto.
- Menor ensuciamiento o resistencia a microorganismos a través de morteros de acabados autolimpiables para zonas industriales o urbanas de alta contaminación ambiental.
- Mayor transpirabilidad.
- Mayor grado de sostenibilidad.
- Mejor protección ante las peculiaridades climáticas del entorno o fachadas especialmente expuestas.
- Mayor calidad estética.
- Mejor adaptación a la tipología edificatoria predominante.

Por ello, es importante no generalizar el uso del mortero coloreado final a la hora de proponer el acabado y estudiar los diferentes morteros y pinturas (acrílico, acrílico-siloxano, vinílico, siloxano, de cal, de silicato, orgánico, etc.) propuestos por el fabricante en la documentación del sistema.

Se recuerda que solo podrán utilizarse aquellos morteros de acabado y pinturas decorativas específicamente incluidos en la documentación del sistema. En este caso, la documentación suele indicar:

- Marca, referencia, método de aplicación y rendimiento de la imprimación (si procede).
- Marca, referencia, granulometría/tamaño de partículas (alrededor de 1 mm, pero existe rango hasta 6 mm), método de aplicación, restricciones (si procede), espesor y rendimiento del mortero de acabado.
- Marca, referencia y rendimiento de la pintura decorativa (si el sistema tiene esta configuración).

3.9.2.1 Posibilidades estéticas de morteros de acabado coloreados y pinturas decorativas

El SATE tiene una alta capacidad para adaptarse a múltiples estéticas a través de las diferentes terminaciones (rugoso, liso, imitación a madera o metal, etc.) que se pueden conseguir con sus capas de acabado de mortero. Aunque su uso no está extendido, existen fabricantes que ofrecen una gran variedad de texturas y granulometrías que, unidas a las técnicas de aplicación, permiten dotar de un proyecto de una cualidad estética particular.



Imagen 25: Ejemplo de textura rayada y brillante en capa de acabado del SATE (Asturias). Fuente: Marta Epelde.

Imagen 26: Ejemplo de granulometrías y técnicas de textura en capas de acabado del SATE (Zúrich). Fuente: Marta Epelde.

Otro aspecto relevante en los acabados de mortero o pintura es la elección del color, ya que afecta a las tensiones térmicas que puede sufrir el SATE:

- La norma general es prescindir de tonos oscuros por los cambios dimensionales y el consiguiente riesgo de fisuración que provoca su mayor absorción de radiación solar.
- La recomendación es utilizar colores claros cuyo índice de reflexión solar sea superior al 25-35%, tomando como referencia que el valor 0% del índice corresponde al negro y el 100% al color blanco.
- Solo algunos fabricantes tienen productos específicos que pueden llegar a valores de reflectancia de luz del 15-20% y siempre estudiando factores favorables como su uso en fachadas con orientaciones no expuestas a la radiación directa.
- Es recomendable evitar la yuxtaposición entre tonos con alta diferencia de absorción solar. Si es el caso, se debe estudiar la posibilidad de utilizar un perfil específico para la junta entre tonos.

3.9.3 Acabados aplacados

Existen fabricantes que tienen homologados acabados aplacados en distintos materiales, permitiendo un nuevo tipo de estéticas para un SATE. Además, también se suelen usar los SATE con acabado aplacado en aquellos espacios donde pueda haber un riesgo elevado de impacto. Los materiales existentes para un SATE aplacado incluyen plaqueta de ladrillo caravista, piezas cerámicas, piedra natural, piedra aglomerada, mosaico de vidrio, paneles prefabricados, plaqueta de clínker, plaqueta de imitación cerámica de polímero flexible, etc.

En los SATE con aplacado, la documentación reconocida (3.2) debe concretar los materiales homologados, además de la información específica sobre su colocación o características. Por ello la documentación debe indicar, entre otros aspectos:

- El adhesivo para instalar el aplacado, que puede ser distinto al adhesivo del aislante.
- La espiga específica para el SATE aplacado, ya que se usan espigas de mayor resistencia para contrarrestar la adición del peso que supone el aplacado para el sistema.
- La alteración del orden de instalación del SATE (primero, capa base armada y, después, espigas) para reforzar el sistema ante el peso adicional del aplacado.
- El tipo, tamaño y espesor de los aplacados que están homologados para ese SATE. Lo adecuado es usar aplacados de espesores reducidos y pequeñas dimensiones.
- El material de rejunteado, el espesor de la junta o el porcentaje de junta en la superficie aplacada que es necesario respetar para la correcta transpirabilidad del cerramiento (los aplacados de grandes dimensiones y sin junta bloquean la transpirabilidad del SATE).



Imagen 27: Aplacado de imitación cerámica sobre SATE. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 28: Detalles en aplacado de piedra sobre SATE. Fuente: Marta Epelde.

3.9.4 Acabados decorativos y ornamentales

El amplio abanico de acabados decorativos y ornamentales que permite reproducir un SATE abarca desde la imitación de estéticas clásicas a la creación de fachadas con elementos 3D de formas innovadoras. Estos acabados se pueden clasificar en elementos puntuales, elementos lineales, paneles y combinaciones de los anteriores.

Los elementos lineales son habitualmente utilizados para reproducir molduras (*Imagen 29*) mientras que los paneles ayudan en la reproducción de elementos decorativos concretos (*Imagen 30*) al igual que los elementos puntuales.



Imagen 29: Elementos ornamentales de tipo lineal sobre SATE.
Fuente: Juan José Epelde.

Imagen 30: Elemento ornamentales tipo panelado sobre SATE.
Fuente: Juan José Epelde.

Como en casos anteriores, sus características, condiciones de uso y aplicación, se especifican en la documentación del sistema, aunque en este caso concreto de elementos decorativos, también pueden detallarse los condicionantes en la documentación de los elementos decorativos.

Normalmente estos acabados ornamentales son elementos tridimensionales de perlita (euroclase A2) que se adhieren al SATE una vez que se han ejecutado las capas habituales del SATE. Sin embargo, la variedad de molduras, paneles, cornisas, etc. es tan amplia que cada tipo de elemento decorativo debe ser estudiado para conocer si el fabricante ha previsto refuerzos, espigas, juntas o sujeciones adicionales para ellos.

Gracias a la riqueza decorativa y la variedad de acabados disponibles, se puede afirmar que el SATE es, en muchos casos, el sistema más adecuado para mantener la estética de aquellos edificios que requieren una rehabilitación patrimonial o la conservación de una imagen fiel al edificio original. Y en el caso de fachadas que busquen mayor libertad estética, también es un sistema que permite una variedad de acabados, texturas, molduras y panelados.

3.10 Reposición de instalaciones y elementos pesados en fachada

En la reposición de instalaciones y elementos pesados en fachada, se deben buscar soluciones estandarizadas que permitan la ausencia de puente térmico y la protección frente a la lluvia. En esta fase existen dos posibilidades:

- Accesorios previstos en la fase de aislamiento para la colocación de cargas pesadas (apartado 3.5.3.7). Es en esta fase final del SATE cuando se localiza la ubicación concreta de los accesorios preinstalados y se atornilla a ellos el elemento de carga pesada correspondiente (marquesina, contraventanas...).
- Instalaciones o elementos sin ubicación exacta prevista o decididos con posterioridad. Este caso post SATE requiere accesorios diferentes para la sujeción de cargas sin dañar el SATE (*Imagen 31*):



Imagen 31: Fijaciones para cargas ligeras (espiral), pesadas (barra no metálica) y tapón para sellado de anclaje de andamio.
Fuente: Marta Epelde.

- Fijaciones ligeras de espiral directamente ancladas al aislamiento para cargas ligeras, de hasta 5 Kg. Es común su uso en la fijación de elementos poco pesados como placas de portal, timbres, etc.
- Fijaciones tipo “dardo” con cabeza plástica para cargas medias hasta 15 Kg que deben anclarse al muro soporte por resistir esfuerzos de mayor intensidad (bajantes, por ejemplo).
- Anclajes mediante barras no metálicas para la sujeción una vez concluido el SATE de toldos, tendedores, fachadas verdes y resto de cargas pesadas no previstas y que, por su peso, requieren cálculos estáticos y deben anclarse al muro soporte.

Del mismo modo que se han presentado cajas para fauna en el apartado 3.5.3.7 (*Ilustración 60*), también existe este tipo de accesorios para su montaje tras la ejecución del SATE (*Ilustración 89*).

Al igual que en el caso anterior, se busca dar solución a la reposición de anidaciones existentes tras rehabilitaciones o la integración de nuevas anidaciones en fachadas nuevas.



Ilustración 89: Nido para gorriones.
Fuente: M. Epelde, A. Intxausti.

CAPÍTULO 4

DIRECTRICES PARA DEFINIR EL RESTO DEL PROYECTO DE SATE

CAPÍTULO 4: DIRECTRICES PARA DEFINIR EL RESTO DEL PROYECTO DE SATE

4.1 Cumplimiento de normativa

Los apartados de la normativa estatal de edificación (CTE, Código Técnico de Edificación) que más afectan a la definición de un SATE tienen que ver con ahorro energético, la seguridad contra incendios y la protección frente a la humedad. Con el objetivo de que esta publicación no quede desactualizada, se repasan brevemente las cuestiones más destacadas y se remite a la normativa vigente para el detalle de los requisitos mínimos en vigor.

Ahorro energético. Se requiere:

- Atender al criterio de envolvente térmica definido en la normativa y diseñar en consecuencia la intervención (ver ejemplo en el apartado 2.1).
- Revisar las exigencias energéticas que se solicitan a la envolvente y adecuar los espesores de aislamiento del SATE a las transmitancias térmicas o parámetros similares requeridos.
- Realizar el cálculo de condensaciones de la envolvente térmica.
- Revisar el requerimiento de control solar y prever los sombreadamientos que correspondan (ver apartado 3.5.3.8 para más información y ejemplos).

Seguridad ante incendio. Deben revisarse las condiciones de reacción al fuego, con especial atención al apartado sobre propagación exterior en medianerías y fachadas:

- Dado que el SATE está compuesto por una combinación de materiales de distinta reacción a fuego, es importante identificar las características exigidas para el conjunto de los materiales, el aislante o las molduras. Dos ejemplos de clasificación al fuego de un SATE pueden ser: A2-s1,d0 o B-s2,d0 (inflamabilidad del sistema-generación de humos, toxicidad de partículas según UNE-EN 13501-1).
- Deben verificarse los requisitos de ubicación y dimensiones de las franjas antifuego en una fachada SATE.
- Es necesario atender criterios específicos que pueda requerir la normativa en función de la altura total del edificio o para arranques de fachada accesibles al público.
- Debe verificarse reacción al fuego de los toldos y sombreadamientos y tomar las medidas oportunas.

Protección frente a la humedad. Afecta a los criterios de diseño de los encuentros constructivos del SATE en muros en contacto con el terreno y del SATE en fachadas, donde se requiere un grado de impermeabilidad.

Por tanto, este apartado de la normativa tendrá especial interés en los encuentros del SATE con huecos, con acera y bajo cota de acera.

4.2 Planos

La documentación gráfica que debe incluir un proyecto de SATE es la misma que habitualmente corresponde a un proyecto de reforma de fachada.

Sin embargo, se propone la creación de documentación gráfica adicional que permita la definición de los aspectos de planteamiento y ejecución relevantes mencionados en capítulos anteriores.

Por ello, en el siguiente listado orientativo, se enumera información significativa que se recomienda añadir en los planos del proyecto:

Plano de demoliciones/picados	Específicamente interesante para proyectos de SATE en edificios existentes, este plano define gráficamente las áreas de demoliciones o picados de fachada a efectuar
Plano de instalaciones existentes	Se trata de un plano idóneo para la identificación de instalaciones que deban desmontarse o reponerse en intervenciones de rehabilitación energética
Plano de envolvente térmica	Es un esquema gráfico que define la envolvente térmica prevista para la intervención, reflejando claramente los cerramientos que delimitarán los espacios habitables del edificio o parte del edificio
Replanteo del aislamiento térmico y franjas antifuego	Se aconseja aportar en el proyecto un replanteo del aislamiento térmico (ver apartado 3.5.3) y, si procede, de las franjas antifuego (3.5.3.6). O, al menos, realizar la identificación de las hiladas (3.5.3.1) y las placas de los vértices de ventana (3.5.3.5)
Plano de identificación de puentes térmicos	Describir o marcar gráficamente qué detalles constructivos van a impedir la continuidad de la envolvente creando puentes térmicos
Detalle constructivo de puentes térmicos inevitables	De los puentes térmicos inevitables, definir gráficamente directrices sobre la solución para el mayor ahorro energético y la prevención de condensaciones. Incluso se recomienda añadir a estas definiciones gráficas información sobre la estimación del valor de los puentes térmicos analizados (2.1.2) o sobre los cálculos realizados
Plano de encuentros o piezas singulares	Identificar gráficamente y marcar aquellos puntos de fachada que requieren piezas especiales por la existencia de huecos (ver 3.5.3.5), elementos pesados (3.5.3.7), persianas y sombreamientos (3.5.3.8) y, por tanto, requieren estudio específico, definición de materiales o realización de su detalle constructivo

4.3 Presupuesto: criterios de medición y ejemplos de partidas

El SATE es un sistema complejo que requiere ser descrito y detallado en el presupuesto para asegurar su correcta caracterización y ejecución. Por ello, las partidas referidas al SATE deben incluir, al menos, la siguiente información:

- Número de ETE o nº referencia específica a la documentación del SATE escogido para el proyecto.
- Espesor y conductividad del aislamiento térmico.
- Espiga elegida, indicando número de ETE (o documento equivalente) de la misma.
- Perfiles de refuerzo necesarios según proyecto.
- Tipo de mortero de armadura y malla.
- Tipo de mortero de acabado, textura, granulometría y otros acabados.

A pesar de ser habitual encontrar una única partida del SATE en los presupuestos y mediciones, lo recomendable sería dividir el SATE en varias partidas para reflejar las diferentes zonas que se ejecutan y se miden de forma distinta. Por tanto, sería interesante exponer:

- Una partida de las áreas opacas y elementos generales de la fachada cuya unidad de medida sea el m² y describa el SATE elegido, características de los materiales, indicaciones para mochetas, ventanas, etc.
- Las partidas específicas para los encuentros complejos o con mayor nivel de detalle como zócalo, alféizar, piezas para cargas pesadas, molduras o todos aquellos detalles o materiales especiales no incluidos en la partida general.

4.3.1 Ejemplo de partida tipo para áreas opacas y elementos generales de la fachada

Para evitar confusiones, sobre todo en los huecos, es recomendable especificar el criterio de medición utilizado, que pueden ser:

- Medición "a cinta corrida". Quedan incluidos los huecos para compensar el coste de mochetas y dinteles, lo que requiere incluir en la partida la descripción y el coste de perfiles específicos como el perfil de ventana, goterón... A veces se especifica el % de superficie considerada con frases como: "En la medición se considera el 50% de los huecos de superficie > 4,00 m² y altura superior a 1,70 m en concepto de formación de jambas, dinteles y vierteaguas".
- Medición "descontando huecos". Requiere redactar una partida adicional de metro lineal para mochetas y dinteles.

A continuación, se muestra un ejemplo de una partida general del SATE por m² para un sistema adherido y con fijación mecánica que incluye en su descripción las mochetas, el rectificado de planimetría, los perfiles de arranque y lateral, el refuerzo de vértices de ventana y los perfiles cantonera, goterón y ventana. Nótese que no incluye zócalo, elementos especiales para la carga de pesos, alféizares, molduras o acabados especiales, por lo que deberían incluirse en partidas adicionales.

- **Instalación de aislamiento térmico**

Sistema de Aislamiento Térmico Exterior para fachadas _____ (marca del SATE) según Aprobación Técnica Europea ETA-_/___ del ___/___, con clasificación de protección contra incendios _____ (p. ej. B-s1,d0) según EN 13501-1. Consistente en suministro y colocación de placas de material aislante de _____ (p. ej. EPS aditivado con grafito, densidad 15 kg/m³) de ___mm de espesor y conductividad térmica $\lambda=0,0$ W/(m·K), de medidas _____ (p. ej. 0,5x1,00m). En zonas de mochetas el espesor mínimo del ___ (p. ej. EPS) será de 2 o 3 cm.

Correcto replanteo de las placas, atendiendo a su disposición mediante paneles enteros colocados de abajo arriba, de una esquina hacia la otra, unidos a testa e intercalados.

En las esquinas, encaje especial de las placas en formación dentada.

En ventanas, replanteo correcto de placas evitando el encuentro del vértice de la ventana con el vértice de la placa.

En mochetas, el aislante de la fachada debe quedar por delante del aislamiento de la mocheta.

Placas de aislamiento adheridas mediante mortero adhesivo, en cordón perimetral y pelladas centrales, cubriendo al menos un 40% del panel.

- **Fijación**

En toda la superficie, sistema de fijación adicional mecánica modelo _____ (marca de la espiga) según ETA-_/___, mediante espigas de _____ (p. ej. expansión de polipropileno), con diámetro del plato 60 mm, verificando el anclaje de las espigas en el soporte existente. Esquema de colocación de espigas según directrices para el material de aislamiento y en cantidad de 6 ud/m² para zonas frontales. En zona de borde (ancho zona de borde = 1/8 x ancho edificio), según la altura del edificio, la cantidad de espigas es la siguiente: 0 a 8 m de altura son 8 ud/m²; de 8 a 20 m de altura son 10 ud/m² y más de 20 m de altura son 14 uds/m².

- **Rectificado**

Rectificado de planimetría entre placas mediante lijado o esmerilado de las mismas. Revisión de estado de las juntas entre placas: rellenado con espuma de aquellas que presenten aberturas menores a 2 mm y (p. ej. EPS) para juntas mayores a 2 mm.

- **Arranque en cota superior**

Suministro y colocación de perfil de arranque, fabricado en aluminio, en todo el perímetro sobre el que arranca el sistema de aislamiento. Incluso, uso de perfil PVC clip goterón reforzado con malla de fibra de vidrio en perfil de arranque para evacuación de agua.

Perfil lateral (en caso de necesidad de remate lateral): Instalación de perfil de remate lateral para terminación del Sistema de Aislamiento Térmico Exterior.

- **Perfilería**

Suministro y colocación de perfiles de PVC homologados _____ (marca) para refuerzo del sistema:

- Perfil cantonera reforzado con malla de fibra de vidrio en esquinas y mochetas de ventana
- Perfil goterón reforzado con malla de fibra de vidrio sobre cabezales de fachada
- Perfil de conexión en encuentro de puertas/ventanas reforzado con malla de fibra de vidrio

- **Refuerzo del sistema**

Suministro y colocación de malla de dimensiones aproximadas 45 cm largo x 25 cm ancho, a 45°, para refuerzo de vértices de ventanas y en todas aquellas zonas de concentración de tensiones para evitar la micro-fisuración.

- **Raseo**

Ejecución de doble raseo mediante llana dentada, asegurando así el espesor óptimo del mortero de ___mm (p. ej. 2,5-3,5 mm) según certificado ETA _/___.

Armado con malla de fibra de vidrio embutida entre los raseos. Uso de malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis con un gramaje de _____ (p. ej. 160 g/m²) y una abertura de _____ (p. ej. 4,5x4,5 mm) según ETA _/____. Solape de las juntas de la malla de 10 cm, inclusive con los accesorios.

Raseo para consolidación, refuerzo e impermeabilización del sistema de aislamiento, dejando una superficie lista para recibir el acabado protector y decorativo.

- **Revestimiento del sistema**

Mano de imprimación como fondo regularizador y puente de adherencia.

Acabado mediante _____ (p. ej. mortero rugoso con resina siloxano, revestimiento extremadamente impermeable, en pasta, flexible y transpirable acabado fratasado). Grosor del revestimiento de ___mm según ETA _/___ y al menos igual al tamaño del grano. Color a elegir según carta de color.

4.3.2 Partidas específicas para elementos particulares

Dado que algunos elementos del SATE requieren cambios de material o elementos especiales, es recomendable separar al menos los siguientes elementos en partidas específicas:

- **Zócalo (metro lineal)**

Al ser superficies expuestas a salpicaduras, requiere un aislamiento distinto (habitualmente XPS o EPS alta densidad) y un tratamiento de impermeabilización.

- **Alféizar (metro lineal)**

Requiere impermeabilización, así como la especificación del espesor del aislamiento térmico que se puede instalar para evitar el puente térmico.

Así mismo, la partida debería describir si se prevé la utilización de un sistema de vierteaguas específico, cintas expansivas, etc.

- **Piezas para cargas o elementos pesados (unidad)**

Allí donde se requiera recolocar elementos fijados a la fachada, se deben prever y presupuestar las piezas especiales estudiadas en los apartados:

3.5.3.7 Elementos pesados en una fachada SATE.

3.10 Reposición de instalaciones y elementos pesados en fachada.

- **Molduras (unidad o metro lineal)**

Si existen elementos decorativos para la reproducción de estéticas o generación de efectos visuales, se requiere definición específica.

- **Perfiles especiales habitualmente no incluidos en la partida general (metro lineal)**

Lo habitual es que la partida general incluya los perfiles de arranque, goterón y cantonera pero será necesario especificar también aquellos perfiles menos habituales que el proyecto requiera (perfil de ventana, juntas de dilatación, clip goterón, etc.).

4.4 Pliegos de condiciones

Como documento que incluye normas, instrucciones, recomendaciones y directrices que afectan a los proyectos de SATE, se recomienda revisar que el pliego tipo utilizado incluya recomendaciones específicas sobre el sistema.

Si no existen tales recomendaciones sobre el SATE en el pliego, el siguiente listado no exhaustivo puede utilizarse como orientación sobre el contenido del documento:

- Descripción y datos del fabricante del sistema.
- Requisitos o características del aplicador.
- Descripción técnica resumida del sistema (partida/s utilizadas en el presupuesto). Recordatorio de que todos los componentes del SATE deben formar parte del sistema, no siendo posible el uso de materiales que no pertenezcan al mismo y no estén indicados por el fabricante.
- N° de certificado, n° de páginas del mismo, idiomas disponibles y portada a ser posible.
- Composición del sistema: descripción de los materiales, tipo de fijación, etc.
- Procedimientos generales:
 - Campo de aplicación.
 - Características del muro soporte en el que ejecutar el SATE.
 - Recomendaciones para el uso e instalación del andamio.
 - Características del aislamiento y particularidades de ejecución y adherencia.
 - Tipo de fijación mecánica y cantidad de espigas.
 - Aplicación de la armadura y los morteros base.
 - Condicionantes de aplicación del puente de unión (si lo hubiera).
 - Condiciones de selección y aplicación de la capa de acabado y capa de pintura (si la hubiera).
 - Definición de los accesorios (perfiles, elementos para carga de pesos, cintas expansivas...).
- Impermeabilizaciones y sellados para elementos que complementan el sistema (encuentros, coronaciones, vierteaguas...).
- Condiciones de almacenamiento de los materiales.

4.5 Plan de Control de Calidad

En el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), los SATE están incluidos en las fichas para la elaboración del Plan de Control de Calidad (PCC) o del Libro de Control de Calidad (LCC), lo que permite tener un ejemplo de los tipos de ensayos exigibles a estos sistemas a nivel normativo.

En concreto, el control se realiza a través de la “ORDEN de 17 de marzo de 2023, del Consejero de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes, sobre control térmico y calidad del aire del edificio”, que exige ensayos de adherencia, arrancamiento y espesor de distintos componentes del SATE.

Además, la mencionada ORDEN recoge en su Anexo I algunos aspectos importantes que se reflejan a continuación:

- “En el caso de productos, equipos y sistemas constructivos con aislamiento térmico, que sean innovadores y que no estén completamente cubiertos por norma armonizada, será obligatorio que dispongan del Documento de Evaluación Técnica correspondiente (ETE...)”.

“Se aplicarán los métodos de puesta a prueba del kit o conjunto de elementos de cada sistema para garantizar las prestaciones establecidas en el proyecto”.

- “En obras de rehabilitación será necesaria una valoración previa del estado del soporte, incluso mediante la realización de ensayos si la Dirección Facultativa lo considera necesario”.

A modo de ejemplo, se adjuntan en las siguientes páginas las fichas relativas al SATE que genera la Herramienta de Gestión de Control de Calidad (GCC) del Gobierno Vasco, herramienta creada para la redacción de los Planes de Control de Calidad que acompañan al proyecto o la elaboración de los Libros del Control de Calidad para el seguimiento del control de obra:

- La primera ficha, para la realización del Plan de Control de Calidad (PCC), detalla la documentación necesaria y los ensayos prescriptivos, para justificar el cumplimiento de la normativa vigente.
- La segunda ficha es para la creación de la documentación del seguimiento del control de calidad o Libro de Control de Calidad (LCC) en la CAPV, cuyo desarrollo corresponde a la fase de ejecución.

Esta ficha cumple con el contenido que normativamente se establece en la Orden autonómica correspondiente (actualmente “ORDEN de 3 de febrero de 2025 del Consejero de Vivienda y Agenda Urbana, por la que se procede a la actualización y publicación de las fichas normalizadas para la confección del Libro de Control de Calidad, según dispone el Decreto 209/2014, de 28 de octubre, por el que se regula el control de calidad en la construcción”).

PLAN DE CONTROL DE CALIDAD: FICHAS

PCC	AHORRO ENERGÉTICO	FACHADAS					
OBRA							
Identificación del Sistema							
SISTEMA. Referencia / Tipo / Identificación / Dimensiones							
Exigencia Documental de Control de Recepción							
PRODUCTO	Hoja de suministro	Marcado CE	Certificado de garantía	Evaluaciones técnicas	Distintivo de Calidad	Otros	Control
FACHADA SATE	SI	SI		SI			SI
Relación de Ensayos / Pruebas (1)							
Ref	FACHADA SATE	Normativa de aplicación	Frecuencia prescriptiva	Frecuencia facultativa			
1	Adherencia entre el adhesivo del SATE y el soporte. (Ver ETE, DIT, DAU y/o TC)	DB-HE	1/ tipo				
2	Adherencia entre la capa base del SATE y el producto aislante térmico. (Ver ETE, DIT, DAU y/o TC) (2)	DB-HE	1/ tipo				
3	Arrancamiento de las fijaciones mecánicas del SATE. espigas. (Ver ETE, DIT, DAU y/o TC)	DB-HE	1/ tipo				
4	Determinación del espesor de la capa base	DB-HE	1/ tipo				
(1) Ensayos a realizar por laboratorio con declaración responsable.							
(2) Se puede eximir de realizar el ensayo de referencia 2 si al perforar el sistema para verificar el espesor de la capa base, en esa probeta extraída del sistema se vea el correcto funcionamiento de la adherencia entre aislante y mortero. Es decir que el interfaz de rotura se produzca en el núcleo del material aislante.							
Control de Recepción: Lotes y Ensayos / Pruebas							
FACHADA SATE	Medición	Nº Lotes	Ref. Ensayos				
			1	2	3	4	
TOTAL ENSAYOS / PRUEBAS							
Observaciones:							

Tabla 12: Ficha combinada de control documental, ensayos y control de recepción como ejemplo de Plan de Control de Calidad del SATE.

Fuente: Gobierno Vasco, Colegio Oficial de la Arquitectura Técnica de Araba/Álava, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Gipuzkoa, Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro.

LIBRO DE CONTROL DE CALIDAD: FICHAS

LCC	AHORRO ENERGÉTICO	FACHADAS				
OBRA						
Identificación del Producto						
TIPO	IDENTIFICACIÓN	CERRAMIENTO / PARTICIÓN (1)	ESPESOR (mm)	FABRICANTE	Nº LOTES	
					PROG.	ENSAY.
<small>(1) Definir elemento: muro (fachada), cubierta, suelo, medianero, partición horizontal (forjados), partición vertical, otros.</small>						
Exigencia Documental de Control de Recepción						
Tipo	Identificación de producto	Documento justificativo (2)	Valor declarado		Valor proyecto /exigencia	Aceptación
			Característica	Valor		
<small>(2) Documentos justificativos: Declaración de prestaciones y marcado CE (documentos obligatorios), distintivos de calidad, Evaluación Técnica Europea (ETE), Certificado de garantía del fabricante.</small>						
Control de Recepción (ensayos y pruebas)						
FACHADA SATE		IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTO / TIPO / LOTE				
Valor de proyecto /exigencia						
Resultados						
Nº de Informe						
Fecha						
Ref	Ensayo / Prueba					
1	Adherencia entre el adhesivo del SATE y el soporte. (Ver ETE, DIT, DAU y/o TC)					
2	Adherencia entre la capa base del SATE y el producto aislante térmico. (Ver ETE, DIT, DAU y/o TC)					
3	Arrancamiento de las fijaciones mecánicas del SATE, espigas. (Ver ETE, DIT, DAU y/o TC)					
4	Determinación del espesor de la capa base					
ACEPTACIÓN						
Observaciones / Medidas correctoras: Se adjunta garantía documental de los fabricantes e informes de ensayos de laboratorio.				Dirección Facultativa / Constructor		
Laboratorio:						

Tabla 13: Ficha combinada de control documental, ensayos y control de recepción como ejemplo del Libro de Control de Calidad del SATE.

Fuente: Gobierno Vasco, Colegio Oficial de la Arquitectura Técnica de Araba/Álava, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Gipuzkoa, Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro.

4.6 Estudio o Estudio Básico de Seguridad y Salud

La ejecución de un SATE no supone, en general, la incorporación de nuevos riesgos que deban ser recogidos en el Estudio de Seguridad y Salud (ESS) o en el Estudio Básico de Seguridad y Salud (EBSS). Salvo casos específicos en los que se esté trabajando con algún material o técnica no habitual en intervenciones en fachada, lo usual es que se redacte un ESS o EBSS similar a los que se realizan para rehabilitaciones de fachada.

4.7 Estudio de Gestión de Residuos

En el caso de una ejecución del SATE en un edificio existente, se puede prever la habitual generación de residuos procedentes de la demolición o picado de revestimientos existentes en mal estado, generalmente enfoscados y enlucidos. Por tanto, el Estudio de Gestión de Residuos será similar al aplicado para intervenciones en fachadas existentes.

Si el foco se centra exclusivamente en los residuos generados por la ejecución de un SATE con los materiales incluidos en el kit del sistema, los residuos más voluminosos generados son los resultantes de los recortes de aislamiento térmico. Sin embargo, actualmente la mayoría de los fabricantes de aislamiento térmico están aplicando políticas de minimización de residuos mediante la recogida de recortes de aislamiento térmico en obra porque, materiales como el EPS y la lana de roca entre otros, pueden ser recuperados y reintegrados en el proceso de fabricación. Por tanto, es importante recoger en el Estudio de Gestión de Residuos esta posibilidad porque ofrece una significativa reducción del residuo más voluminoso de un SATE.

Además, están surgiendo nuevos métodos para gestionar la fase de fin de vida útil de un SATE. En países donde la instalación del SATE ya ha recorrido periodos significativos (más de 30 años), existe una solución habitual y contemplada por los fabricantes que consiste en suplementar el SATE existente con otro SATE adicional (técnica conocida como SATE sobre SATE). Esta nueva capa del SATE sobre la existente consigue alargar la durabilidad del revestimiento y aportar una mejor capacidad térmica.

También es importante mencionar que alrededor de la retirada y fin de vida útil de los SATE existe un debate sobre la reciclabilidad de los sistemas dada la dificultad de separación de los distintos materiales que lo componen. Por ello, se están investigando las posibilidades de reciclado combinado (mecánico y termoquímico) para los SATE, con el objetivo de evaluar oportunidades para la economía circular [Referencia 13].

Algunos fabricantes han empezado a desarrollar nuevas propuestas para la reciclabilidad de los SATE, que se basan en el uso de sistemas puramente mecánicos (sin adhesivo al soporte) que permiten una mejor separación de la capa de morteros y el posterior desmontaje separativo de la capa de aislamiento y sus espigas.

4.8 Mantenimiento del SATE en el Libro del Edificio

Como todos los paramentos expuestos a las inclemencias del tiempo, los SATE son susceptibles de crecimiento microbiano y otro tipo de afecciones debido a la lluvia, los rayos UV o la condensación superficial. Por ello, además de garantizar un proyecto bien definido y una ejecución minuciosa para asegurar la durabilidad del sistema, es importante ser conscientes de la lógica necesidad de mantenimiento de los SATE y así reflejarlo en el Libro del Edificio.

Para un correcto mantenimiento del SATE, no existiendo un procedimiento unificado por parte de los fabricantes, sí existen unas pautas comunes. En cuanto a los costos y frecuencia de mantenimiento, los SATE pueden equipararse a las fachadas convencionales en cuanto a conservación y revisiones.

La siguiente relación de actuaciones debe considerarse un guion práctico y de sencilla aplicación para prolongar la durabilidad del sistema y puede incluirse en el Libro del Edificio. Se basan en la información contenida en el *Cahier 3035 del Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)* [Referencia 8]:

- **Limpieza**

La limpieza de microorganismos y otros depósitos de las zonas de acumulación, el mantenimiento de la cubierta, los desagües pluviales y las obras que contribuyen a la impermeabilidad de la fachada guardan relación directa con el mantenimiento del SATE

Se evitará el lavado agresivo (a alta temperatura y/o alta presión) y la aplicación de calor para cualquier procedimiento de limpieza alternativo. Así mismo, también se prescindirá del uso de productos a base de disolventes que puedan dañar el sistema

- **Renovación estética**

Se estipula que la vida mínima de un revestimiento de SATE debería ser de 10 años [Referencia 8]. Sin embargo, este periodo variará en función del relieve de la fachada, la textura del acabado y/o la exposición de la fachada

- **Sobreaislamiento**

Se procede instalando un nuevo SATE específico (o SATE de renovación) sobre un SATE existente para la mejora de la capacidad térmica y la reducción de los residuos al evitar la demolición del sistema previo. Las pautas para llevar a cabo esta actuación deben de estar descritas en la documentación reconocida (3.2)

- **Reparación de daños**

Los SATE pueden sufrir ciertos daños (impactos, perforaciones, desgarros) provocados por daño casual o negligencia y deben ser reparados con rapidez para evitar el deterioro del sistema y no poner en riesgo su durabilidad.

La reparación de pequeños golpes (superficies que no superen los 2 cm²), se realiza rellenando la oquedad con el mismo mortero de acabado utilizado en la ejecución.

La reparación de impactos importantes pero localizados requiere, por el contrario, la sustitución parcial del sistema. Puede utilizarse el siguiente procedimiento como base para la reparación [Referencia 8]:

- 1º. Marcar un área cuadrada o rectangular cuya dimensión sea ligeramente mayor a los bordes del impacto o de la degradación que quiera repararse
- 2º. Recortar el SATE en todas sus capas, retirando todo el sistema hasta llegar al muro soporte
- 3º. Limpiar el muro soporte eliminando cualquier rastro de adhesivo, espigas, etc.
- 4º. Realizar un corte en las capas de mortero existente en un ángulo de 45° en las esquinas, retirar la malla aproximadamente 10 cm respecto de los bordes del corte y eliminar el revestimiento de la zona
- 5º. Preparar una placa de aislamiento del mismo tamaño que el material retirado y adherirlo en su lugar con el adhesivo perteneciente al sistema
- 6º. Disponer un recorte de malla que sea, aproximadamente, 5 cm más grande
- 7º. Una vez haya secado el adhesivo, aplicar una capa de base sobre el aislamiento, embebiendo el recorte de malla y aplicar una segunda capa base para mantener una diferencia de espesor igual a la capa base existente
- 8º. Después del secado de los morteros de la placa base, aplicar la imprimación (si procede) y luego la capa de acabado

Estas reparaciones abordan técnicamente los daños, pero por pulcras que sean, la diferencia de aspecto entre el acabado existente y el nuevo acabado reparado seguirá siendo visible. Para mitigar la diferencia, se recomienda repintar paños enteros o crear motivos decorativos en la zona reparada.

CAPÍTULO 5

PUNTOS DE INSPECCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTO Y DIRECCIÓN DE OBRA DEL SATE

CAPÍTULO 5: PUNTOS DE INSPECCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTO Y DIRECCIÓN DE OBRA DEL SATE

Para la correcta definición del proyecto y un seguimiento de la ejecución de la instalación de un SATE, se recomienda completar una relación previa de los diferentes puntos de interés o críticos que surgen.

A continuación, se plantea este listado de chequeo como una relación, no exhaustiva, de puntos de interés que tener en cuenta en la elaboración del proyecto y en la supervisión posterior durante la dirección de obra.

Al ser un listado orientativo, puede ser necesario añadir más puntos de supervisión en función de las condiciones previas de la estructura, patologías localizadas, ordenanzas municipales de aplicación, tipo de instalación y resto de condicionantes propios o ajenos al proceso constructivo.

Punto de revisión	Imagen ilustrativa	Punto de revisión	Imagen ilustrativa
<input checked="" type="checkbox"/> Envolvente térmica Revisión del planteamiento (ver 2.1)		<input checked="" type="checkbox"/> Puentes térmicos Revisión de encuentros que impiden la continuidad del aislante (ver 2.1.2)	
<input checked="" type="checkbox"/> Instalaciones y elementos en fachada Análisis y retirada de los elementos que procedan (ver 2.2)		<input checked="" type="checkbox"/> Pared soporte Análisis y/o ensayos del soporte donde se instalará el SATE (ver 2.3)	
<input checked="" type="checkbox"/> Pared soporte Preparación o intervención en el soporte donde se instalará el SATE (ver 2.3.1)			

☑ Elección del SATE

Análisis de la adecuación al proyecto de los materiales del kit SATE (ver 3.1)



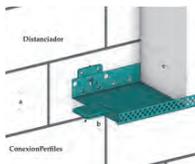
☑ Documentación reconocida

Análisis de los materiales incluidos en el kit y de los que no (ver 3.2)



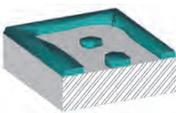
☑ Perfil de arranque/lateral

Comprobación de su necesidad y de su inclusión en el kit (ver 3.3)



☑ Adhesivo

Examen del método, de la correcta aplicación y de la cantidad de mortero (ver 3.4)



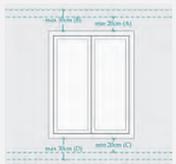
☑ Aislamiento

Verificación de la calidad térmica, del espesor y si está incluido en el kit (ver 3.5.2)

Aislamiento térmico	λ = Conductividad térmica, aparente (W/mK, E)
Poliestireno expandido (EPS)	0,032 (EPS blanco)
	0,032 (EPS gris/rojo)
Lana mineral (Lana roca) (MW)	0,035
Cerita expandida (CE)	0,040
Fibra de celulosa (FC)	0,040

☑ Aislamiento

Correcto planteamiento de hiladas de aislamiento (ver 3.5.3.1)



☑ Aislamiento

Correcto planteamiento de arranque (sobre acera, bajo acera o con perfil) (ver 3.5.3.2)



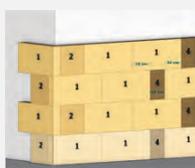
☑ Aislamiento

Correcto planteamiento de esquinas en formación dentada (ver 3.5.3.3)



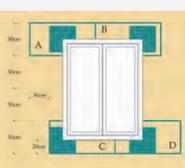
☑ Aislamiento

Correcto planteamiento y ajuste de placas de aislamiento en fachada (ver 3.5.3.4)



☑ Aislamiento

Correcto planteamiento, colocación y distancias mínimas en placas del perímetro de huecos (ver 3.5.3.5)



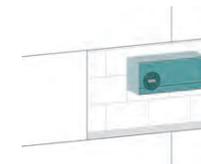
☑ Aislamiento

Planteamiento de franjas antifuego. Verificación de su inclusión en el kit de materiales del SATE (ver 3.5.3.6)



☑ Aislamiento

Comprobación de elementos especiales para cargas pesadas y si están incluidos en el kit (ver 3.5.3.7)



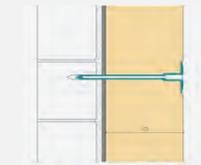
☑ Aislamiento

Revisión de las necesidades de sombreado en un proyecto SATE (ver 3.5.3.8)



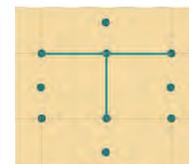
☑ Espigas

Revisión del tipo de anclajes mecánicos y verificación de su inclusión en el kit (ver 3.6)



☑ Espigas

Revisión del número de anclajes definido, su posición y disposiciones especiales en esquina (ver 3.6.3)



☑ Espigas

Revisión de la longitud del anclaje definido, especialmente en rehabilitación (ver 3.6.4)



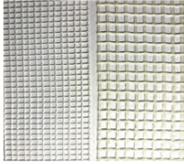
☑ Perfilerías

Comprobación de la elección de todas las perfilerías necesarias para reforzar los encuentros del proyecto y su inclusión en el kit del SATE (ver 3.7)



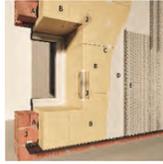
Armaduras

Correcta elección de malla según casuística y verificación de su inclusión en el kit
(ver 3.8.2)



Capa base

Comprobación del espesor, correcto embebido de la malla y verificación de su inclusión en el kit
(ver 3.8.1)



Imprimación

Verificar rendimiento y su inclusión en el kit
(ver 3.9.1)



Acabado

Verificación de los condicionantes (estéticos, patrimoniales, climáticos, constructivos, sostenibles, etc.), espesor capa de acabado, condicionantes para aplacados y si están incluidos en el kit
(ver 3.9.2)



Post SATE

Verificación de los elementos especiales para cargas pesadas y si están incluidos en el kit
(ver 3.10)



CAPÍTULO 6

PATOLOGÍAS Y ERRORES MÁS COMUNES DEL SATE

CAPÍTULO 6: PATOLOGÍAS Y ERRORES MÁS COMUNES DEL SATE

A través de este capítulo se quieren identificar cuáles son los errores de ejecución más comunes y las posibles patologías que surgen a raíz de estos, buscando una relación daño – defecto - causa.

Actualmente apenas existen reclamaciones y resoluciones judiciales a nivel estatal sobre patologías relacionadas con los SATE, de lo que se puede concluir que varios escenarios pueden estar confluyendo:

- Que los SATE instalados no hayan producido patologías al ser sistemas ejecutados recientemente y, por tanto, sin manifestación aún de posibles fallos.
- Que los SATE no se estén produciendo una cantidad significativa de problemas.
- Que los problemas surgidos, al ser de baja magnitud, no hayan dado lugar a reclamaciones o resoluciones.

Los daños más habituales en un SATE, que pueden afectar tanto a la durabilidad del sistema como a su eficiencia energética, incluyen [Referencia 14]:

- Grietas.
- Fisuras.
- Desconchados.
- Desprendimientos.
- Crecimiento biológico.

Generalmente estas patologías son debidas a defectos en los procesos de instalación y gestión en obra (típicos de sistemas que requieren preparaciones en obra). Sin embargo, a veces los defectos se originan por una deficiente definición del sistema en fase de proyecto, olvidando la importancia de detallar la envolvente, los puentes térmicos o los accesorios necesarios del sistema, entre otros. Por tanto, es posible encontrar causas diversas que influyen en la durabilidad y la aparición de patologías:

- Errores en tiempos y condiciones de aplicación (especialmente en morteros o resinas).
- Errores en la fijación de los materiales (especialmente en la adherencia del aislamiento).
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Métodos de almacenaje que afecten al comportamiento de los materiales.
- Presencia de humedad en los materiales.
- Agentes externos.

Los fallos de definición en fase proyecto, el uso de materiales ajenos al kit del SATE certificado y los errores de ejecución en los procesos a pie de obra tienen una gran influencia en la durabilidad y las patologías de un SATE, de ahí la importancia de profundizar en el origen del daño y no simplemente repararlo.

Por ejemplo, en los SATE es habitual que los daños afecten en la capa de acabado y, sin embargo, la causa de esa patología puede deberse a una deficiente instalación de la malla de refuerzo o un insuficiente espesor del mortero base. Además, en los SATE suele ocurrir que el origen de la patología se deba a un procedimiento erróneo o a un error de proyecto generalizado, provocando que el daño se produzca en toda la superficie y no de manera puntual.

Estos fallos generalizados suelen ocurrir, por ejemplo, como consecuencia de errores en la ejecución de las capas del SATE, de la falta de adherencia de las placas de aislamiento o de la escasa definición en proyecto de los perfiles auxiliares necesarios. A continuación se pueden observar dos ejemplos ilustrativos (*Imagen 32*, *Imagen 33*) de errores de planteamiento y/o errores de ejecución generalizados que afectan a toda la superficie de acabado o a todo el perímetro del edificio.



Imagen 32: El error generalizado en el planteamiento de la capa base provoca una patología que afecta a toda la superficie del sistema.

Fuente: Marta Epelde.



Imagen 33: El error en el planteamiento del perfil de arranque provoca una ejecución inadecuada que afecta a todo el perímetro de arranque del SATE.

Fuente: Marta Epelde.

Una estrategia para categorizar y analizar los defectos que visualmente es posible detectar en una inspección a un SATE existente, es identificarlos según dos parámetros fundamentales [*Referencia 14*]:

- **La zona de la patología**

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| a. Zonas opacas de la fachada | f. Zonas de paso o puertas de entrada |
| b. Ventanas | g. Balcones o terrazas |
| c. Antepechos | h. Aleros |
| d. Contacto con terreno | i. Elementos fijos |
| e. Zona baja de la fachada | j. Esquinas y ángulos |

El análisis de la zona de la patología permite vincular el daño detectado visualmente con los procesos de ejecución in situ o con la definición específica de proyecto para el elemento constructivo concreto.

- **El tipo de patología o daño**

La clasificación de los defectos permite asociarlos a posibles causas que, generalmente, implican problemas de durabilidad para el SATE. Siguiendo la referencia anterior, se pueden catalogar como:

1. Deficiencias tecnológicas, como desprendimiento o deterioro generalizado del sistema.
2. Anomalías en el comportamiento o agrietamiento de los materiales.
3. Crecimiento biológico, daños por humedad o por corrosión.

En las categorías 1, 2 y 3, las causas de los defectos están relacionadas con la baja calidad de los trabajos y procesos llevados a cabo en obra y/o con la mala o poca definición de las particularidades y detalles del SATE en proyecto.

4. Defectos estéticos. No tienen efecto en la durabilidad del sistema, por lo que se consideran de menor importancia.
5. Reparaciones visibles. Se observan las reparaciones realizadas, pero no permiten identificar la causa.

Gracias a esta metodología se orienta eficazmente la búsqueda de la relación daño – defecto - causa. Por ejemplo, una patología en zona baja de fachada (tipo d) y asociada a daños por humedad (tipo 3) inmediatamente orientará al técnico hacia la revisión de posibles errores en la definición de los materiales hidrófugos del zócalo de aislamiento o a la ejecución incorrecta de la impermeabilización previa al SATE.

6.1 Estrategia de análisis de patologías del SATE

Tomando como punto de partida la estrategia descrita, a continuación se presentan una serie de cuadros resumen divididos según el tipo de patología o daño (desprendimientos, grietas, humedades, defectos estéticos y otros). Dentro de cada uno de ellos, se continúa con la identificación de la particularidad y la zona del daño, con el objetivo de orientar hacia las causas de la patología y la fase constructiva en la que ha podido suceder.

Cabe destacar que estos daños pueden ser debidos tanto a errores de proyecto (por poca o nula definición de la fase constructiva mencionada) como a errores de procesos y ejecución en obra.

Con esto se quiere resaltar la gran importancia que tiene la correcta definición de las características y casuísticas del SATE en fase de proyecto, donde deberían reflejarse multitud de indicaciones para las variadas situaciones que deben resolverse en un SATE.

6.1.1 Desprendimiento o deterioro generalizado del sistema

Zona	Lesión-defecto	Causa-origen
General (a, c, d, e, h)	Desprendimiento o deterioro en paneles de aislamiento y espigas desprendidas	Incorrecto diagnóstico y tratamiento del soporte (capas sueltas, soporte húmedo, falta de planimetría)
		Incorrecto espesor o porcentaje de adhesivo en la placa y/o adhesivo inapropiado para el soporte
		Insuficiente longitud de espiga o insuficiente penetración de la espiga en el soporte
		Insuficiente número de espigas/m ² o incorrecta ubicación de las espigas
		Incorrecta elección del tipo de espiga según el soporte o uso de taladro en función no adecuada (tipo percutor)

General (a, c, d, e, h)	Desprendimiento o deterioro en la capa base	Incorrecto espesor de la capa base y/o incorrecta elección del mortero base
		Incorrecta ejecución de los solapes de la malla, existencia de áreas sin malla
General (a, c, d, e, h)	Desprendimiento o deterioro en la capa de acabado (incluido el desprendimiento de aplacados o existencia de eflorescencias)	Incorrecta ejecución del embebido de la armadura o malla en el mortero base y/o instalación directa de la malla sobre el aislamiento
		Ausencia de junta de dilatación en sistemas SATE con acabado aplacado o encuentros rígidos con otros elementos constructivos
		Ausencia del refuerzo de espigas sobre malla en la ejecución del SATE aplacado o elección de malla de gramaje insuficiente
		Incorrecta elección del tipo de capa de acabado olvidando considerar características climáticas y geográficas de la zona (p.ej. salinidad, niebla)

Tabla 14: Cuadro resumen de las patologías del SATE vinculadas a desprendimientos o deterioro generalizado del SATE.

Fuente: Marta Epelde.

6.1.2 Grietas y fisuras

Zona	Lesión-defecto	Causa-origen
General (a, c, d, e, h)	Grietas y fisuras en juntas entre paneles aislamiento	Incorrecto diagnóstico y tratamiento del soporte (capas sueltas, soporte húmedo, falta de planimetría)
General (a, c, d, e, h)	Grietas y fisuras en juntas entre paneles aislamiento	Incorrecto espesor de adhesivo o insuficiente porcentaje de adhesivo en la placa y/o adhesivo inapropiado para el soporte
General (a, c, d, e, h)	Grietas y fisuras en el perímetro de las espigas	Instalación de la espiga demasiado hundida o demasiado exterior respecto a su alineación con el aislamiento térmico
General (a, c, d, e, h)	Grietas y fisuras en la superficie y que afectan a la capa base	Incorrecto espesor de la capa base y/o incorrecta elección del mortero base
		Incorrecta ejecución de los solapes de la malla, existencia de áreas sin malla
General (a, c, d, e, h)	Grietas y fisuras en la superficie y que afecta a la capa de acabado	Incorrecta ejecución del embebido de la malla en el mortero base y/o instalación directa de la malla sobre el aislamiento
		Ausencia de junta de dilatación en SATE con acabado aplacado o encuentros rígidos con otros elementos
Zonas opacas (a)	Grietas y fisuras en juntas entre paneles aislamiento	Ausencia del refuerzo de espigas sobre malla en la ejecución de las fases previa
		Existencia de mortero en las juntas del aislamiento y/o incumplimiento del decalaje mínimo en juntas verticales

Ventanas (b)	Grietas y fisuras en juntas entre paneles aislamiento	Incorrecta ejecución de las placas de aislamiento tipo "bandera" en el perímetro de huecos
Zona baja fachada (e)	Grietas y fisuras en la unión de dos perfiles de arranque	Ausencia de juntas de dilatación entre perfiles o de colocación de distanciadores. Existencia de juntas de perfiles coincidiendo con juntas de paneles aislantes
	Grietas y fisuras en el borde inferior del perfil de arranque	Incorrecto acabado del perfil goterón en su remate inferior por ausencia de perfil tipo clip goterón
Elementos fijos (i)	Grietas y fisuras en juntas entre paneles aislamiento	Ausencia de aislamiento hidrófugo específico
	Grietas y fisuras alrededor de elementos pesados o sujeciones	Mala elección o ausencia de piezas especiales para la fijación al SATE de elementos pesados o singulares
Esquinas y ángulos (j)	Grietas y fisuras en juntas entre paneles aislamiento	Incorrecto encaje de las placas en las esquinas, sin respetar la formación dentada
Grietas y fisuras en el encuentro del SATE con otros elementos constructivos	Ventanas (b), Zonas de paso (f), Balcones (g), Esquinas (j)	Ausencia de perfiles auxiliares, refuerzos en vértices de huecos y/o sellados adecuados para los encuentros del SATE con carpinterías, juntas de dilatación, edificios colindantes o similares

Tabla 15: Cuadro resumen de las patologías del SATE vinculadas a grietas y fisuras. Fuente: Marta Epelde.

6.1.3 Daños por humedad y crecimiento biológico (hongos o similares)

Zona	Lesión-defecto	Causa-origen
General (a, c, d, e, h)	Entrada de agua al interior del sistema y afectación de la capacidad térmica del aislamiento.	Incorrecto diagnóstico y tratamiento del soporte (capas sueltas, soporte húmedo, falta de planimetría) Incorrecto espesor de adhesivo, insuficiente porcentaje de adhesivo en la placa y/o adhesivo inapropiado para el soporte
Zona baja fachada (e)	Entrada de agua al interior del sistema y afectación de la capacidad térmica del aislamiento.	Incorrecto acabado del perfil goterón en su remate inferior por ausencia de perfil tipo clip goterón
Elementos fijos (i)	Entrada de agua al interior del sistema y afectación de la capacidad térmica del aislamiento.	Mala elección o ausencia de piezas especiales para la fijación al SATE de elementos pesados o singulares
Ventanas (b), Zonas de paso (f), Balcones (g)	Entrada de agua al interior del sistema y afectación de la capacidad térmica del aislamiento.	Ausencia o incorrecta impermeabilización o resolución de alféizares, vierteaguas, umbrales, albardillas o similares
Ventanas (b), Zonas de paso (f), Balcones (g), Esquinas (j)	Entrada de agua al interior del sistema y afectación de la capacidad térmica del aislamiento.	Ausencia de perfiles auxiliares, refuerzos en vértices de huecos y/o sellados adecuados para los encuentros del SATE con carpinterías, juntas de dilatación, edificios colindantes o similares
Zona baja fachada (e)	Capilaridad y afectación de la capacidad térmica del aislamiento.	Ausencia de aislamiento hidrófugo específico

Ventanas (b), Zonas de paso (f), Balcones (g)	Hongos en encuentros	Ausencia o incorrecta impermeabilización o resolución de alféizares, vierteaguas, umbrales, albardillas o similares
General (a, c, d, e, h)	Hongos en las juntas de placas aislantes	Existencia de mortero en las juntas del aislamiento y/o incumplimiento del decalaje mínimo en juntas verticales
	Hongos coincidentes con las espigas	Instalación de la espiga demasiado hundida o demasiado exterior respecto a su alineación con el aislamiento térmico
	Hongos generalizados en la capa de acabado	Incorrecta elección del tipo de acabado por ausencia de análisis de los condicionantes del entorno que promueven la proliferación de microorganismos (lluvias, temperatura, exposición) o exceso de humedad en la capa base

Tabla 16: Cuadro resumen de las patologías del SATE vinculadas a daños por humedad y crecimiento biológico en un SATE.
Fuente: Marta Epelde.

6.1.4 Defectos estéticos

Zona	Lesión-defecto	Causa-origen
General (a, c, d, e, h)	Falta de planimetría	Incorrecto diagnóstico y tratamiento del soporte (capas sueltas, soporte húmedo, falta de planimetría)
		Ausencia de lijado en las irregularidades entre placas de aislamiento
General (a, c, d, e, h)	Marcas de distinto color en junta de placas aislantes	Instalación de la espiga demasiado hundida o demasiado exterior respecto a su alineación con el aislamiento térmico
		Incorrecta ejecución de los solapes de la malla, existencia de áreas sin malla
General (a, c, d, e, h)	Suciedad, decoloraciones o marcas en forma de surco en la capa de acabado	Ausencia de perfiles auxiliares (específicamente tipos de perfil goterón) y/o sellados adecuados para los encuentros del SATE con carpinterías, juntas de dilatación, edificios colindantes o similares
		Mala elección o ausencia de piezas especiales para la fijación al SATE de elementos pesados o singulares
		Incorrecta elección del tono de la capa de acabado (color excesivamente oscuro) o de la textura de acabado

Tabla 17: Cuadro resumen de las patologías del SATE vinculadas a defectos estéticos. Fuente: Marta Epelde.

6.1.5 Otros

Zona	Lesión-defecto	Causa-origen
General (a, c, d, e, h)	Condensaciones por existencia de corrientes de aire entre el aislamiento y el muro soporte	Incorrecto espesor de adhesivo o insuficiente porcentaje de adhesivo en la placa y/o adhesivo inapropiado para el soporte
		Ausencia de cordón perimetral de adhesivo en la colocación por pelladas de las placas de aislamiento
General (a, c, d, e, h)	Creación de puentes térmicos	Incorrecto planteamiento de la línea de envolvente
Ventanas (b), Zonas de paso (f), Balcones (g), Esquinas (j)	Creación de puentes térmicos	Incorrecto análisis y mitigación de las discontinuidades de aislamiento que se producen en los encuentros
Elementos fijos (i)	Creación de puentes térmicos	Mala elección o ausencia de piezas especiales para la fijación al SATE de elementos pesados o singulares

Tabla 18: Cuadro resumen de las patologías del SATE vinculadas a otro tipo de daños como corrientes de aire o puentes térmicos. Fuente: Marta Epelde.

6.2 Ejemplos de patologías del SATE en imágenes

Con el objetivo de amenizar el aprendizaje e ilustrar el reconocimiento de estos errores o patologías, se presentan una serie de fotografías muy representativas que aclaren, de forma gráfica, la descripción de estos.

En las mismas se realiza una clasificación primaria de los daños que se aprecian, si bien es posible observar que en algunas imágenes se superponen. En general, esto suele ser debido a que un mal proyecto o una mala ejecución del SATE a menudo implica errores en varias capas y materiales, provocando una amalgama de patologías.

Desprendimiento o deterioro (ver 6.1.1)

Desprendimiento de la capa de acabado y capa base



Imagen 34: Patología en las capa reforzada y capa base del aislamiento. Fuente: Marta Epelde.

Eflorescencias

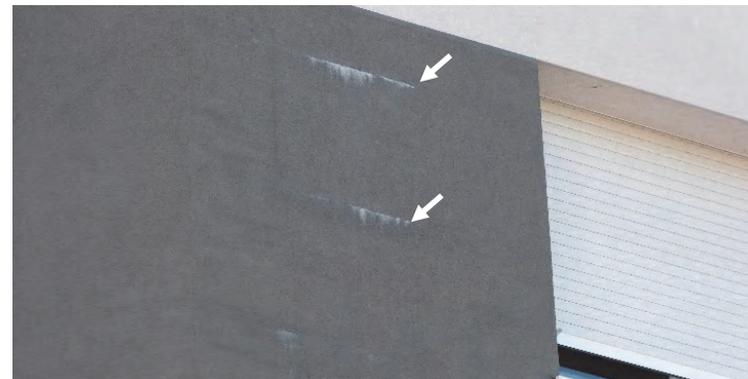


Imagen 35: Eflorescencias coincidentes con las juntas de las placas de aislamiento. . Fuente: Marta Epelde.

Impactos



Imagen 36: Impacto en esquina saliente en voladizo de un SATE. Fuente: Marta Epelde.

Imagen 37: Impacto en zona de perfil de arranque de un SATE. Fuente: Marta Epelde.

Grietas o fisuras (ver 6.1.2)

Líneas de paneles fisuradas y mortero sobre las espigas deformado.



Imagen 38: Grietas y fisuras coincidente con las juntas de paneles aislantes. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 39: Detalle de la fisuración en las juntas del SATE. Fuente: Marta Epelde.

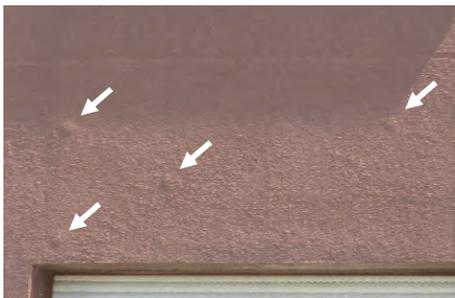


Imagen 40: Detalle de la deformación del mortero en las zonas sobre las espigas. Fuente: Marta Epelde.

Humedad y crecimiento biológico (ver 6.1.3)

Ensuciamiento de fachada o presencia de contaminación microbiológica



Imagen 41: Contaminación microbiológica en arranque volado del SATE. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 42: Ensuciamiento en zonas de escorrentía del SATE. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 43: Ensuciamiento y contaminación microbiológica en fachada norte del SATE. Fuente: Marta Epelde.

Errores de planteamiento

Perfiles de arranque inexistentes o erróneos



Imagen 44: Perfil de arranque inapropiado. Fuente: Marta Epelde. Imagen 45: Ausencia de perfil de arranque. Fuente: Marta Epelde.

Ausencia de clip goterón en perfil de arranque



Imagen 46: Desprendimiento por ausencia de clip goterón para la conexión de la malla con el perfil de arranque. Fuente: Marta Epelde.

Instalaciones interrumpiendo la continuidad del aislamiento



Imagen 47: Aislamiento interrumpido por canaleta metálica. Fuente: Marta Epelde.

Imagen 48: Aislamiento interrumpido por instalación de gas. Fuente: Marta Epelde.

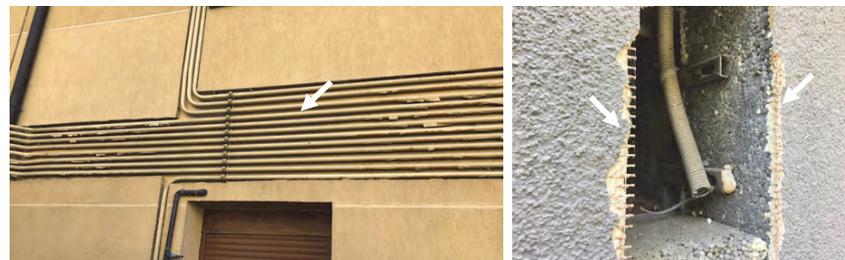


Imagen 49: Aislamiento interrumpido. Fuente: Marta Epelde.

Imagen 50: Aislamiento interrumpido. Fuente: Marta Epelde.

Errores de ejecución

Presencia de mortero en juntas de paneles de aislamiento



Imagen 51: Aislamiento con junta abierta y presencia de mortero.
Fuente: Marta Epelde.

Imagen 52: Presencia de adhesivo en junta de aislamiento.
Fuente: Marta Epelde.

Espesores deficientes de mortero y/o colocación incorrecta de la malla de refuerzo

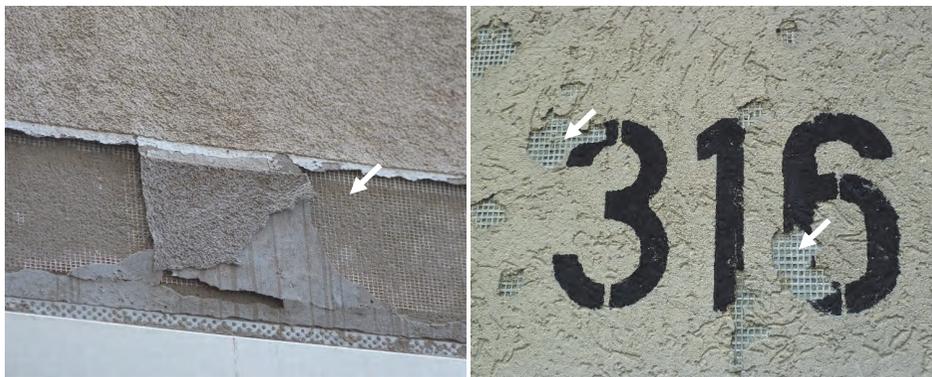


Imagen 53: Capas de mortero deficientes. Fuente: Marta Epelde.

Imagen 54: Capas de mortero deficientes. Fuente: Marta Epelde.

Incorrecta ejecución de adhesivo y remate esquina



Imagen 55: Remate en esquina incorrecto: ausencia de encaje dentado y adhesivo sin cordón perimetral Fuente: Marta Epelde.

Imagen 56: Remate contra esquina sin formación dentada de placas y sin remate correcto. Fuente: Marta Epelde.

Ejemplo del deterioro de un SATE por errores de planteamiento y ejecución.



Imagen 57: SATE extremadamente deteriorado donde se observa la rotura de la malla, las escasas espigas y el desprendimiento del mortero y de las placas de aislamiento. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 58: Placas de aislamiento desprendidas (se observan las pellas de adhesivo pero no existe cordón perimetral de adhesivo). Fuente: Marta Epelde.

Ejemplo del deterioro progresivo de un SATE por errores de planteamiento y ejecución.



Imagen 59 e Imagen 60: SATE sin aparentes signos de patologías pero donde se aprecia la malla en algunos puntos, síntoma de posible error en la colocación de la malla y/o el espesor del mortero. Año 2015. Fuente: Marta Epelde.



Imagen 61 e Imagen 62: SATE con deterioro generalizado que afecta a las capas de mortero de acabado, a la capa reforzada e incluso al aislamiento, que queda expuesto. Año 2024. Fuente: Marta Epelde.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

Referencia 1: Cobo Escamilla. A. Dictamen acerca de la influencia de la ejecución de un sistema SATE sobre la estructura de un edificio y la variación de su configuración arquitectónica. Universidad Politécnica de Madrid, 2024.

Referencia 2: Lengsfeld, K., Krus, M., Künzel, H., Künzel, H. *Assessing the long-term performance of applied external thermal insulation composite systems (ETICS)*. Fraunhofer Institute for Building Physics IBP, 2015.

Referencia 3: Código Técnico de Edificación. Guía de aplicación del DB HE 2019. Versión 2022.

Referencia 4: Documento de Apoyo al Documento Básico. DB-HE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación. DA DB-HE / 3, Puentes térmicos, 2014.

Referencia 5: *European Technical Approval Guidelines - "Guideline for european technical approval of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with rendering"*. ETAG 004.

Referencia 6: *European Assessment Document - "External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with rendering"*. EAD 040083-00-0404.

Referencia 7: *European Application Guideline for ETICS*. EAE – European Association for External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS).

Referencia 8: *Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé. Cahier 3035_V3*, 2018. CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment).

Referencia 9: Carretero Ayuso. M, Moreno Cansado. A. Fachadas con aislamiento continuo. MUSAAT, 2024. ISSN: 2340-7573.

Referencia 10: Versión preliminar de prEN 17237 "Thermal insulation products for buildings-External thermal insulation composite kits with a rendering system (ETIC kits)-Characteristics".

Referencia 11: *Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé: principe de mise en oeuvre autour des baies -liaison avec les fenêtres. e-Cahiers 3709_V2*, 2015. CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment).

Referencia 12: *Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé: conditions de mise en oeuvre de bandes filantes pour protection incendie. Cahier 3714 – Juillet 2012*. CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment).

Referencia 13: Netsch. N et al. *Recycling of polystyrene-based external thermal insulation composite systems – Application of combined mechanical and chemical recycling*, Waste Management, Volume 150, 2022, Pages 141-150, ISSN 0956-053X.

Referencia 14: Sulakatko. V, Lill. I, Liisma. E. *Analysis of on-site construction processes for effective external thermal insulation composite system (ETICS) installation*. 8th Nordic Conference on Construction Economics and Organization, 2015.

LISTADO DE ACRÓNIMOS

SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior
ETICS	<i>External Thermal Insulation Composite System</i>
EIFS	<i>Exterior Insulation Finishing Systems</i>
EOTA	<i>European Organisation for Technical Assessment</i>
ETAG	<i>European Technical Approval Guidelines</i>
EAD	<i>European Assessment Document</i>
ETA	<i>European Technical Assessment</i>
ETE	Evaluación Técnica Europea (versión en castellano del documento anterior)
CTE DB HE1	Código Técnico de Edificación - Documento Básico - Ahorro de Energía – Apartado 1: Condiciones para el control de la demanda energética
CSTB	<i>Centre Scientifique et Technique du Bâtiment</i>
EAE	<i>European Association for ETICS</i>

SOBRE LAS AUTORAS

Marta Epelde Merino

Arquitecta Técnica; Máster en Gestión de Dirección de Proyectos, Máster en Biología de la Construcción y Passivhaus Designer. Su experiencia en el ámbito de la construcción está específicamente ligada con la consultoría sobre eficiencia energética, sostenibilidad y salud en los edificios y más recientemente como asesora para proyectos de innovación constructiva, digitalización e industrialización. Además, es formadora para distintas entidades profesionales, universidades y organismos públicos y ponente en congresos nacionales e internacionales.

Argi Intxausti Cortadi

Delineante proyectista, topografía y GIS, trabajando como freelance desde hace 30 años tanto en la realización de planos 2D constructivos como 3D para comunicación visual, como en optimización del uso de programas de dibujo por ordenador para empresas y profesionales. 22 años de experiencia docente sin perder su incombustible paciencia, optimismo y buen humor

AGRADECIMIENTOS

Las autoras de esta publicación quieren agradecer sinceramente el apoyo brindado por Federico Sánchez e Iñaki Grueso por las consultas atendidas en la elaboración de las ilustraciones del apartado 3.5.



Financiado por el programa de apoyo a la innovación del sector de la edificación residencial, ERAIKAL.