
FACHADAS EFICIENTES

SISTEMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO POR EL EXTERIOR (SATE)

Trabajo Final de Grado ETSA 2015-2016

Universidad Politécnica de Valencia

Autor: Beatriz Garvía Merino

ERT: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia (ETSAV)

Titulación: Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Tutor: José María Fran Bretones

Fecha: 7 de julio de 2016

"Una casa es una máquina para vivir.(...)La casa debe ser el estuche de la vida, la máquina de felicidad". Le Corbusier.

0. ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE
2. INTRODUCCIÓN
 - 2.1. ¿Por qué aislar? ¿Cómo aislar? Normativa Española
 - 2.2. Eficiencia y demanda energética
 - 2.3. ¿Qué son los SATE?
 - 2.4. Certificación energética
3. FUNCIONES QUE DEBEN CUMPLIR. NORMATIVA
4. EVOLUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES
 - 4.1. Ventajas y beneficios
 - 4.2. Inconvenientes
 - 4.3. Puentes térmicos
5. TIPOS DE SATE
 - 5.1. Con fachada ventilada
 - 5.1.1 Componentes:
 - Aislamientos térmicos (tipos)
 - Cámara de aire
 - Hoja exterior
 - 5.1.2 Características generales
 - Ventajas
 - Inconvenientes
 - 5.1.3 Puesta en obra de los SATE con fachadas ventiladas
 - 5.1.3.1 Acciones previas. Preparación del soporte
 - 5.1.3.2 Arranque del aislamiento térmico:
 - Instalación de testigos
 - Instalación de perfiles guía.
 - 5.1.3.4 Instalación del aislamiento térmico:
 - Fijación con mortero adhesivo
 - Fijación mecánica con espigas o rosetas
 - 5.1.3.5 Anclaje de la hoja exterior
 - 5.1.3.6 Accesorios
 - 5.1.3.7 Otras consideraciones
 - 5.2. Sin fachada ventilada
 - 5.2.1 Descripción del sistema: componentes
 - Cerramiento base
 - Mortero adhesivo o fijaciones mecánicas
 - Aislante térmico
 - Capa base de armadura
 - Armadura

- Capa de acabado

5.2.2 Características generales

- Ventajas
- Inconvenientes
- Características técnicas

5.2.3 Clasificación en función del aislamiento térmico

5.2.3.1 Poliestireno expandido EPS

- Aplicaciones
- Ventajas y características técnicas

5.2.3.2 Lana mineral MW (lana de vidrio o de roca)

- Aplicaciones
- Ventajas y características técnicas

5.2.3.3 Mortero termoaislante

- Aplicaciones
- Ventajas y características técnicas

5.2.3.4 Poliuretano conformado PUR

5.2.3.5 Poliuretano extruido XPS

5.2.3.6 Corcho expandido (ICB)

5.2.3.7 Vidrio celular (CG)

5.2.3.8 Otros aislantes

5.2.4 Puesta en obra de los SATE sin fachada ventilada

5.2.4.1 Acciones previas: preparación del soporte

- Estudio previo
- Estudio y preparación del soporte

5.2.4.2 Arranque del sistema desde el suelo

- Arranque por encima del nivel del suelo
- Continuidad del sistema de aislamiento de pared enterrada

5.2.4.3 Montaje de las placas aislantes

- Adhesivos
- Consideraciones generales: recomendaciones

5.2.4.4 Fijación mecánica de las placas aislantes

- Adhesivo y fijación con espigas de platillo o espirales
- Fijación con espigas
- Fijación mecánica mediante perfiles
- Fijaciones mixtas

5.2.4.5 Refuerzo de aristas y puntos singulares

- Protección de esquinas
- Arranque del sistema
- Vierteaguas

- Encuentro con los marcos de las ventanas
- Refuerzo de los huecos
- Junta de dilatación

5.2.4.6 Capa base de armadura

- Consideraciones generales: recomendaciones

5.2.4.7 Capa de acabado

- Capa de imprimación
- Acabados revocados
- Acabados aplacados de ladrillo acrílico, cerámico de arcilla y piedra

5.2.4.8 Accesorios

5.2.4.9 Otras consideraciones

7. CONCLUSIONES

8. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

8.1 Bibliografía

8.2 Referencias

9. ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

10. ANEXOS

10.1 Anexo 01: Tablas comparativas

10.2 Anexo 02: CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN EN REHABILITACIÓN (PAREX)

10.2.1 Introducción a la rehabilitación

10.2.2 Proceso global de la rehabilitación

- Fases
- Estado de la fachada
- Identificación de lesiones

10.3 Anexo 03: Detalles constructivos de puntos singulares.

10.4 Anexo 04: Ejemplos de obras de rehabilitación energética.

10.5 Anexo 05: Certificados.

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

RESUMEN:

El presente trabajo trata sobre la acuciante necesidad de la sociedad actual por el ahorro energético en la construcción tanto de obra nueva como de rehabilitación. En él se realiza un estudio sobre la repercusión del aislante térmico en la mejora térmica de los edificios en cuanto a demanda energética.

El objetivo de la siguiente publicación es; en primer lugar, recopilar los distintos sistemas de aislamiento térmico de los edificios para, posteriormente, indagar en el sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE). Se procede pues, al análisis de esta tipología mediante su clasificación en dos grandes campos: edificios con fachada ventilada y edificios con fachada no ventilada. Dentro de este último propondremos una nueva distinción en base al aislamiento térmico.

PALABRAS CLAVE:

Aislamiento térmico. Rehabilitación. Mejora Energética. Cerramiento. Edificación

RESUM:

El present treball tracta sobre l'apressant necessitat de la societat actual per l'estalvi energètic en la construcció tant d'obra nova com de rehabilitació. En ell es realitza un estudi sobre la repercussió de l'aïllant tèrmic en la millora tèrmica dels edificis quant a demanda energètica.

L'objectiu de la següent publicació és, en primer lloc, recopilar els distints sistemes d'aïllament tèrmic dels edificis per a, posteriorment, indagar en el sistema d'aïllament tèrmic per l'exterior (SATE). Es procedix perquè, a l'anàlisi d'esta tipologia per mitjà de la seua classificació en dos grans camps: edificis amb fatxada ventilada i edificis amb fatxada no ventilada. Dins d'este últim proposarem una nova distinció basant-se en l'aïllament tèrmic.

PARAULES CLAU:

Aïllament tèrmic. Rehabilitació. Millora Energètica. Tancament. Edificació.

SUMMARY:

This work deals with the pressing need of the society of today by saving energy in the building world in new construction as well as rehabilitation. A study on the impact of thermal insulation on the upgrading of buildings in terms of energy demand is made in it.

The aim of the next issue is; first of all, to collect the different systems of thermal insulation of buildings to, subsequently, investigate the external thermal insulation system (ETICS). It is therefore appropriate, to process to the analysis to this typology by classification into two big areas: buildings with ventilated façade and buildings with unventilated façade. Within the latter, we propose a new distinction based on the thermal insulation.

KEY WORDS:

Thermal insulation. Rehabilitation. Energy improvement. Enclosure. Building.

2. INTRODUCCIÓN

El futuro medioambiental de nuestro planeta está íntimamente ligado al desarrollo de las energías y los servicios que consumimos, a la gestión urbana de nuestras ciudades y al uso que hacemos de los recursos que nos ofrece nuestro entorno. Un crecimiento urbano ordenado y sostenible energéticamente es una tarea necesaria para garantizar una correcta evolución de la sociedad, de modo que no quede comprometido el futuro estado del medio ambiente y la calidad de vida de las generaciones venideras.

2.1_ ¿POR QUÉ AISLAR? ¿CÓMO AISLAR? NORMATIVA ESPAÑOLA

Se estima que los edificios son los responsables de más del 40% de la energía consumida en nuestro país, de la cual el 50% se pierde a través de los cerramientos opacos del edificio. Por este motivo, es muy importante aumentar la eficiencia energética en edificios, tanto residenciales como de servicios.

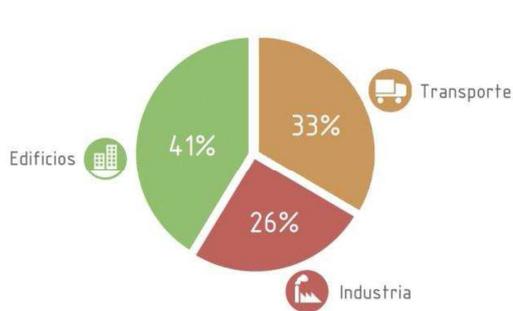


Imagen 1.
Distribución del consumo energético total en la Unión Europea.

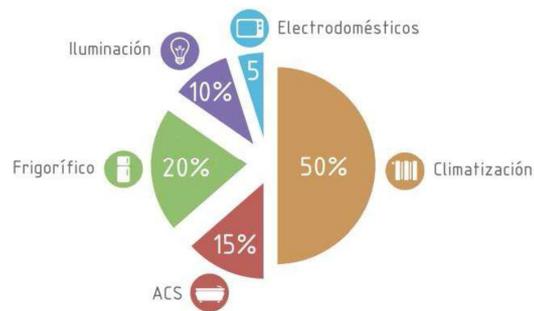


Imagen 2.
Distribución del consumo energético en los edificios.

Con este objetivo, el Parlamento español aprobó el Código Técnico de la Edificación (CTE) que incorpora el DB-HE (Documento Básico de Ahorro de Energía), dando cumplimiento a la directiva de la Unión Europea 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios.

En el ámbito del CTE, se aprobó el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de los edificios, que atribuye una clasificación de acuerdo con el consumo energético alcanzado. Desde el día 1 de junio del año de 2013 es obligatorio, según el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba este procedimiento (BOE nº89 de 13 de abril de 2013) la obtención de la etiqueta energética para todos aquellos inmuebles en alquiler (para periodos superiores a 4 meses al año) o en venta. Este certificado permitirá a los propietarios, compradores y arrendatarios de edificios residenciales, obtener información sobre la eficiencia energética y los consumos estimados en su uso normal, así como recibir propuestas de intervención para la mejora de dicha eficiencia con comparaciones objetivas entre diferentes propuestas del mercado, que intervienen sobre la envolvente y los sistemas de instalaciones térmicas.

Un edificio bien aislado garantiza el confort, manteniendo estable la temperatura interior independientemente de las condiciones exteriores. A fin de mantener este confort interior, la envolvente del edificio debe ser capaz de regular el flujo de calor en las diferentes estaciones del año: en invierno, es necesario limitar las pérdidas de calor producidas por el sistema de calefacción con el exterior; en verano, por el contrario, obstaculizar las ganancias energéticas provenientes del exterior, limitando así el gasto en refrigeración. [<http://www.weber.es/sate>]

aislamiento-termico-por-el-exterior/ayuda-y-consejos/por-que-aislar-y-por-que-hacerlo-por-el-exterior.html (1)].

Como dice José María Fran Bretones en su estudio de los SATE en fachadas ventiladas (2): la medida más eficaz para conseguir una rehabilitación energética de los cerramientos de fachada de los edificios existentes así como las mejoras energéticas en el aislamiento térmico de edificios nuevos pasa por mejorar el comportamiento higratérmico de las zonas ciegas. En arquitectura existen varias soluciones técnicas para aislar térmicamente un edificio, per los SATE son la manera más eficiente. Se trata de incorporar un material aislante para disminuir la transmitancia térmica de la fachada, además de minimizar las pérdidas de calor en el exterior a través de la fachada en invierno, las minimizan hacia el interior en verano, y es una solución 100% efectiva para la resolución de los puentes térmicos, así como, en la mayoría de los cosas, las humedades de condensación (1).

Si bien estas intervenciones presentan una buena relación eficacia/coste, también se debe considerar la actuación sobre el conjunto de la carpintería exterior de los inmuebles, tanto sobre los marcos, como sobre los acristalamientos (2).

Las pérdidas y ganancias de calor a través de las fachadas corresponden a más de un 30% del total de la energía consumida de una casa unifamiliar.

El aislamiento térmico de las partes ciegas de las fachadas existentes se puede incorporar, básicamente, en tres posiciones distintas:

- 1.- En la cara interior de la fachada, trabajando desde el interior del inmueble; se trata de sistemas de trasdosados para paramentos verticales, de soleras secar para suelos y de techos aislantes.
- 2.- En la cámara del cerramiento, cuando se disponga de ella; es el caso de cerramientos con doble hoja y una cámara de aire interpuesta o muros a la capuchina.
- 3.- En la cara exterior de la fachada, trabajando desde el exterior del inmueble; son los sistemas denominados SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior) en acrónimo español, o los ETICS (External Thermal Insulation Composite System) en acrónimo inglés, a nivel Europeo.

Las dos primeras opciones permiten actuaciones individuales, vecino a vecino, y resuelven con cierta dificultad los puentes térmicos de forjados y estructura. La tercera, que presenta grandes ventajas respecto a las dos anteriores, supone una intervención sobre toda la fachada, lo que requiere el acuerdo de todos los usuarios del edificio (2).

2.2_ EFICIENCIA Y DEMANDA ENERGÉTICA.

Durante el desarrollo de este trabajo se expondrá tercera opción de rehabilitación energética de los cerramientos de fachada y de edificios de nueva construcción, la de los sistemas denominados SATE. Previamente vamos a desarrollar unos cuantos conceptos clave que explican la necesidad del aislamiento térmico en nuestros días, tanto para la mejora energética como para el ahorro energético.

De acuerdo con la Directiva Europea 2002/91, como se narra en el libro “Rehabilitación energética de edificios” de Helena Granados Menéndez (3).

EFICIENCIA ENERGÉTICA (3)

“La eficiencia energética de un edificio es la cantidad de energía consumida realmente o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del

edificio, que podrá incluir, entre otras cosas, la calefacción, el calentamiento del agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación”.

Esta Directiva también expresa que dicha magnitud (la eficacia energética) “deberá quedar reflejada en uno o más indicadores cuantitativos calculados teniendo en cuenta el aislamiento, las características técnicas y de la instalación, el diseño y la orientación, en relación con los aspectos climáticos, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores que influyan en la demanda de energía”.

DEMANDA ENERGÉTICA (3)

El CTE en su Documento Básico DB-HE establece, en su apartado HE-1 limitación de la demanda, la siguiente definición para la demanda energética de acondicionamiento higrotérmico del edificio:

“La demanda energética es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de calefacción y refrigeración, correspondientes a los meses de la temporada de calefacción y de refrigeración respectivamente.”

Las variables que influyen en la demanda energética del edificio para su acondicionamiento higrotérmico están relacionadas con su localización, diseño y tipo de uso.

2.3_ ¿QUÉ SON LOS SATE? (weber)(1)

Los SATE están formados por varios elementos que combinados dan como resultado una solución constructiva con un excelente aislamiento térmico al proporcionar al edificio una envolvente continua que minimiza las pérdidas del mismo.

Es especialmente importante respetar la concepción del SATE como un sistema integral de fachadas. Ello supone que cada componente forma parte del conjunto, asegurando la compatibilidad del sistema y el mejor resultado.

Todos los componentes de un SATE deben estar concebidos y ensayados de forma conjunta para el uso que se va a dar al sistema. Esto debe respetarse desde la prescripción hasta el servicio postventa, pasando por el suministro y aplicación.

Una solución de fachadas tipo SATE es apta para cualquier tipo de proyecto ya sea de nueva construcción o de rehabilitación, así como para viviendas unifamiliares o edificios de vivienda colectiva.

El cambio estético y saneamiento de estos edificios es impresionante, pero no debemos quedarnos sólo en el revestimiento final ya que la elección del aislamiento es fundamental para maximizar los beneficios de este sistema y, por tanto, requiere de un estudio previo.

El aislamiento es el motor del ahorro energético en edificación, que debe estar ligado al uso de materiales de bajo impacto ambiental y que aporten los máximos beneficios posibles. Estos sistemas deben tener como mínimo un valor de resistencia térmica igual o superior a $1 \text{ m}^2\text{K/W}$, como se indica en la guía ETAG 004 y normas UNE-EN 13499 y 13500.

A nivel europeo se está trabajando en la elaboración de una norma armonizada que especificará los requisitos de los SATE e incorporará en un futuro la obligatoriedad del mercado CE de los mismos.

Las características mínimas exigidas a los SATE y la valoración de su idoneidad para el uso previsto se especifican en los requisitos del “ETA Guidance No. 004” referente a los sistemas de aislamiento térmico por el exterior.

El Documento de Idoneidad Técnica Europeo, en adelante DITE, se concede como resultado de la evaluación técnica realizada en base a una Guía de la EOTA (European Organisation for Technical Approvals), o bien en base a un Procedimiento consensuado de evaluación (Common Understanding Assessment Procedure).

El aislamiento acústico también es un aspecto fundamental a tener en cuenta durante el diseño y la decisión del aislamiento de un SATE, ya que es un problema que puede resolverse fácilmente aislando con lanas minerales. Según el Instituto Nacional de Estadística, el 15,5% de los hogares españoles sufren problemas de ruido [IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)] (4) [SATE. Rehabilitación de fachadas] (5).

2.4_ CERTIFICADO ENERGÉTICO. NORMATIVA ESPAÑOLA (3)

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Mediante este real decreto se transpone parcialmente la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, con la incorporación del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes, teniendo en consideración además la experiencia de su aplicación en los últimos cinco años.

El real decreto establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su eficiencia energética. Además, este real decreto contribuye a informar de las emisiones de CO₂ por el uso de la energía proveniente de fuentes emisoras en el sector residencial, lo que facilitará la adopción de medidas para reducir las emisiones y mejorar la calificación energética de los edificios [BOE (Boletín Oficial del Estado)] (6).

Imagen 3.
Certificación energética.

Los nuevos edificios que se construyan o rehabiliten a partir de cierto tamaño, deben incorporar obligatoriamente la calificación energética del mismo, con una etiqueta energética mediante una escala de 7 letras que va desde la clase A, para los más eficientes, hasta la clase G, para los menos (3).

Esta clasificación de los edificios se realiza teniendo en cuenta la demanda de acondicionamiento térmico y de ACS del edificio, los sistemas que se utilizan para dar cobertura a los mismos y las fuentes energéticas que se utilizan en estos sistemas.

Los factores que permiten evaluar la “bondad” energética del edificio –o indicadores energéticos- y asignarle una calificación en consecuencia son los siguientes:

- El consumo energético anual de la edificación;

- Las emisiones de CO₂ que generan los sistemas durante este período.

Dado que el objetivo buscado mediante la Directiva 2002/91/EC y su transposición al marco normativo nacional es limitar las emisiones de GEI4, comúnmente denominados gases de efecto invernadero, el rendimiento de los equipos y las fuentes energéticas utilizadas para cubrir la demanda energética de la edificación son elementos claves en su calificación energética.

Se encuentra en desarrollo el marco normativo que será de aplicación al parque edificatorio existente. (3)

3. FUNCIONES QUE DEBEN CUMPLIR. NORMATIVA

3.1_ NORMATIVA ESPAÑOLA: CTE DB. FUNCIONES QUE DEBEN CUMPLIR

Según la normativa actual, las fachadas con Sistema de Aislamiento por el Exterior, SATE, se rigen por los requerimientos termo-acústicos y de protección contra incendios del Código Técnico de la Edificación.

El primero de estos Reales Decretos (RD), se desarrolla en el Código Técnico de la Edificación (CTE) aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Exigencia básica HE

Documento Básico de Ahorro Energético, que tiene por objeto establecer las reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de Ahorro de Energía.

El de aplicación directa en los SATE será el CTE DB HE1:

Limitación de demanda energética

“Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.”

Exigencia básica HR⁸

Documento Básico de Protección Frente al Ruido, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas, que consisten en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir

la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

EL CTE establece una serie de requisitos en esta dirección y que dependen del nivel de ruido de la zona donde se ubique el edificio, según el índice de ruido de día (Ld).

Exigencia básica SI

Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas, que consisten en reducir a límites aceptables el riesgo que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de

Valor del Ld dBA	Habitaciones D2m, nT, Atr
Ld < 60	30 dBA
60 Ld < 65	32 dBA
65 Ld < 70	37 dBA
70 Ld < 75	42 dBA
Ld 75	47 dBA

Tabla 1. Demanda energética del edificio: Exigencias de aislamiento acústico a ruido entre recintos protegidos y el exterior.

Ld: Índice de ruido de día (dBA)
D2m,nT,Atr: Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas de automóviles o aeronaves (dBA). Valor medio “insitu”.

origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

El de aplicación directa a los STF (Sistemas Técnicos para Fachadas) será el CTE DB SI. Propagación exterior. Se limitará el riesgo de propagación del incendio por el exterior, tanto en el edificio considerado, como a otros edificios.

La superficie de la fachada del edificio puede ser escenario de incendio o permitir la propagación del mismo por el paso de llamas o humo entre los huecos de las viviendas.

Por lo que es recomendable diseñar soluciones constructivas compuestas por materiales incombustibles. Las lanas minerales no contribuyen a la propagación de los incendios, no desprenden humos, ni generan gotas o partículas incandescentes, que suponen un peligro y contribuyen a la evolución del fuego.

Son el material idóneo para velar por la seguridad física, tanto de las personas que viven en el edificio como de la propia estructura. Se utilizan también como protección pasiva para proteger estructuras y actuar como cortafuegos. Son totalmente incombustibles (A1), no ayudan a la propagación del fuego en caso de incendio.

Exigencia básica SE-AE

Documento Básico de Seguridad Estructural. Se basa en la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante, estabilidad) y aptitud al servicio. En especial las indicaciones sobre acciones de viento de aplicación en los STF.

Exigencia básica HS

Documento Básico de Salubridad, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas en esta materia.

El objetivo del requisito básico “Higiene, salud y protección del medio ambiente”, tratado en adelante bajo el término de salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

El de aplicación directa en los STF será el CTE DB HS 1. Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso, permitan su evacuación sin producción de daños. [PAREX GROUP, www.parex.es] (7)

Otras funciones a cumplir:

- Estabilidad dimensional.
- Transpirabilidad.
- No absorción de agua.
- Inerte.

4. EVOLUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los SATE o ETICS se desarrollaron en Alemania, Suecia y Suiza durante los años 40-50 que fueron un paso adelante en la demanda de confort en la vivienda, debido al parque de edificios antiguos que tenían, buscando aislamiento térmico y acústico. Después, cuando el consumo de energía pasó a ser un problema el aislamiento térmico adquirió además la función de contribuir al ahorro energético. Los SATE fueron introducidos a finales de los años 60 en los Estados Unidos (EFIS, External Insulation and Finishing System) llegando a ser muy popular en la construcción como reacción a la crisis de energía de los años 70 y la necesidad de confort de los edificios. Este sistema americano llamado "Dryvit", incluía diferentes técnicas de refuerzo con hilos de metal, malle de metal, tela de vidrio y también de tejido plástico [rehabilitación energética de edificios](3).

En EEUU y Europa Central el SATE fue en principio utilizado casi exclusivamente en los edificios comerciales. A medida que el sistema se popularizó, los precios cayeron hasta el punto que su uso se generalizó hasta el actual uso en viviendas en bloques y viviendas unifamiliares [www.rehabilitacionenergetica.com] (8).

En España la entrada de los SATE, entraron más tarde pero con más fuerza, ya que nos preocupa más la rehabilitación de edificios, su aislamiento térmico y la reducción de consumo energético.

Sin embargo, el ahorro económico que supone adecuar las fachadas a las exigencias de la "envolvente térmica" es del orden del 20%.

Los edificios que deban ser rehabilitados deberán cumplir dichos requerimientos, por lo que se prevé un desarrollo notable en el mercado de los ETICS ya que una de sus características es precisamente el adaptarse a los edificios ya existentes. En la actualidad, que se habla en términos de sostenibilidad, los aislamientos térmicos juegan un papel cada vez más destacado en la disminución de emisiones de CO₂. [www.reforza.com] (9)

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Los sistemas de aislamiento térmico por el exterior del cerramiento de la fachada se pueden acometer con dos soluciones constructivas diferentes:

- Fachada ventilada.
- Aislamiento térmico revestido con morteros de acabado superficial, tipo revocos o monocapa.

Ambas soluciones constructivas comparten algunos procesos de puesta en obra como, por ejemplo, todos los trabajos de preparación del cerramiento base y los de colocación del aislante térmico elegido.

Del mismo modo, también comparten todo un conjunto de ventajas, inconvenientes y puntos críticos frente a los sistemas de aislamiento por el interior o de inyección en las cámaras. (2)
[REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE FACHADAS]

4.1_ BENEFICIOS [PAREX GROUP](7)

✓ Ahorro energético y respeto por el medio ambiente

El aislamiento por el exterior de una fachada frena la pérdida de calor en invierno y la entrada de calor en verano. Optimizando así el ahorro de energía en calefacción y aire

acondicionado, mejorando así el confort de los usuarios, las demanda energética y consecuentemente los costes derivados.

La reducción en el uso de energía disminuye de forma directa las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

✓ **Confort térmico invierno/verano**

El óptimo funcionamiento térmico de la vivienda proporciona a sus habitantes un ambiente confortable y saludable.

✓ **Ahorro económico**

La inversión en el SATE es amortizable en un plazo de 5 a 7 años, por reducción del consumo de calefacción y aire acondicionado (Fuente: Ministerio de Fomento).

Se reducen los costes de mantenimiento, alargando la vida útil del edificio.

✓ **Seguridad**

- Cumplimiento CTE DB HE

- Cumplimiento CTE DB HS

- Cumplimiento CTE DB SI

- Cumplimiento CTE DB SE-AE

- Cumplimiento CTE DB HR

- Documento de Idoneidad Técnica DITE 06/0089 emitido por I.E.TORROJA.

✓ **Sostenibilidad del medio ambiente**

Materias primas naturales y reciclables, contribuyen a la sostenibilidad del medio ambiente. No contienen sustancias inflamables, tóxicas o nocivas. Están totalmente exentos de metales pesados y no transmite gases nocivos, evitando transferencias al medio natural.

4.2_VENTAJAS

Los sistemas de aislamiento por el exterior aportan prestaciones más eficientes que los sistemas de aislamiento convencionales y, por tanto, permiten maximizar el grado de confort y ahorro energético en el interior de los edificios debido a la reducción de las necesidades de calefacción y refrigeración de los ambientes interiores, y reducción del ruido que proviene del exterior.

Algunas de las ventajas de este sistema son:

1. Mejora del aislamiento:

Conductividad térmica inferior a 0,15 W/m²K, así como una alta capacidad de inercia térmica de 2100 J/kg le proporcionan un importante ahorro energético en calefacción en invierno y refrigeración en verano. [gutex-espana.eu/home/] (10) [GUTEX ESPAÑA]

Se crea una envolvente térmica continua, eliminando puentes térmicos lineales, como frentes de forjado, pilares, contornos de ventanas... (7)

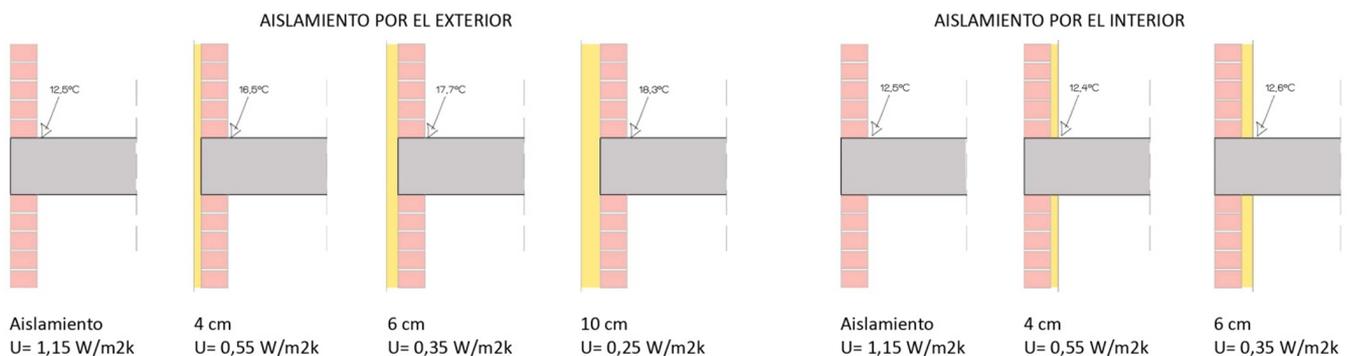


Imagen 4. Diferencias de aislamiento por el exterior y por el interior

Mejora de la eficiencia energética del edificio a través de su envolvente, gracias a sus elevadas prestaciones térmicas, minimizando las pérdidas de calor, mejorando el confort de los usuarios, la demanda energética y consecuentemente los costes derivados (5)[FACHADASATE].

Se aprovecha toda la inercia térmica de los materiales que conforman la fachada (un muro de fábrica de ladrillo perforado de medio pie pesa 180 kg/m², lo que equivale a una bañera de unos 36 litros de agua por cada m² de fachada). En viviendas o edificios de ocupación permanente, se amortigua la variación de temperatura y, por tanto, se reduce el consumo energético en calefacción-refrigeración (2).

2. Resistencia al impacto:

La combinación de sus diferentes capas y componentes hace de este sistema compuesto de aislamiento extremadamente resistente al impacto [GUTEX](10).

3. Versatilidad:

Es aplicable a cualquier tipo de fachada, aunque presente una mala planimetría. El aislante cubre las grietas y fisuras del cerramiento soporte dificultando posibles filtraciones, en el caso de rehabilitación de edificios. En edificios nuevos este sistema permite una gran variedad de acabados de fachada gracias a la estabilidad, así como una amplia flexibilidad de diseño (5).

4. Aislamiento acústico:

Eficaz aislamiento acústico con puntuaciones de reducción de la transmisión del sonido (Rw) respecto del aislamiento convencional de hasta 54 dB (10).

5. Ambiente interior agradable, sin alteraciones en rehabilitación.

Al actuar por el exterior de la fachada:

- La obra de rehabilitación se ejecuta con la mínima interferencia para los usuarios, pudiendo trabajar con el edificio ocupado. Tratando de minimizar las molestias para los usuarios en el interior de sus viviendas (polvo, eliminación de escombros, simplificación de las fases de elaboración y disminución de los tiempos).
- No se reduce la superficie útil de las viviendas (o del edificio, si no es de viviendas).
- Posibilita el cambio de imagen de la fachada del edificio, actualizando su aspecto y contribuyendo a la mejora del entorno urbano. Mejora el aspecto del edificio, revalorizándolo estéticamente y económicamente (2).

6. Impermeables al agua y permeables al vapor de agua.

Minimiza el riesgo de condensaciones intersticiales, transfiriendo el punto potencial de condensación fuera de la estructura del edificio y evitando patologías por humedades (7).

La cara interior del cerramiento no puede alcanzar la temperatura de rocío y, por tanto, se evita la condensación sobre ella del vapor de agua del ambiente interior. (2)

Cuenta con excelente permeabilidad al vapor de agua, control de la humedad y la inocuidad biológica, vitales para proporcionar un ambiente interior confortable y saludable (5).

7. Mantenimiento y vida útil:

EL sistema tiene bajos costes de mantenimiento, alargando la vida útil del edificio y aumentando el valor de la propiedad (2) (7).

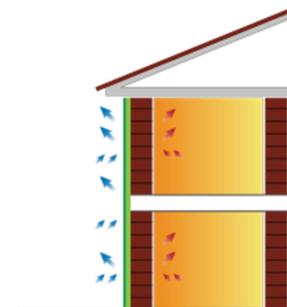
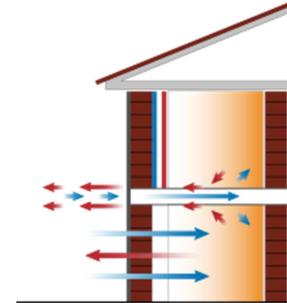


Imagen 5. Puentes térmicos. Distinción entre fachada tradicional y con SATE.

Mantiene la envoltura exterior y la estructura del edificio en condiciones termohigrométricas estables, contribuyendo de manera decisiva al mantenimiento de los materiales de construcción a lo largo del tiempo e impidiendo la degradación causada por las oscilaciones de temperatura: grietas, fisuras, infiltraciones de agua, fenómenos de disgregación, manchas, mohos y la impregnación de la masa mural (5).

Es un proceso de construcción en seco, por lo que los trabajos de ejecución son rápidos y sin tiempos de espera para el secado de morteros, pastas de yesos, etc (2).

4.3_ INCONVENIENTES

En general los detalles críticos a tener en cuenta de este sistema son los siguientes:

- El revestimiento debe tener las especificaciones necesarias para satisfacer las necesidades de protección del sistema.[ATECOS: www.miliarium.com] (11)
- Deben respetarse las juntas de unión y los sellados del sistema con los encuentros, las instalaciones, etc (11).
- Se deben detallar en el proyecto cómo van a quedar las instalaciones que atraviesan el sistema o que necesitan perforarlo en sus fijaciones (por ejemplo, la instalación de gas natural) (11).
- Es difícil, cuando no imposible, en el caso de inmuebles de interés cultural con algún grado de protección dada la alteración que supondría de las fachadas (2).
- Al afectar a la totalidad de la fachada de los inmuebles, se requerirá el acuerdo expreso de la Comunidad de Propietarios (2).

4.4_ PUNTOS SINGULARES

Con un SATE se reviste y aísla el exterior del edificio adaptándose a las geometrías del mismo, incluso las más complejas, sin discontinuidad. Por tanto, cuando está correctamente concebido e instalado permite fácilmente resolver la mayoría de los puentes térmicos del edificio (4) [IDAE].



Imagen 6. Edificio con defectos en los pilares y frentes de forjado.

Los SATE que incorporan un aislamiento con un espesor óptimo aseguran drásticas reducciones de la energía disipada al exterior, demostrando una disminución del consumo de combustibles próximo al 30% y permiten un ahorro energético consistente y continuo (calefacción en invierno; aire acondicionado en verano) (4). También aseguran un mayor confort tanto en invierno como en verano, la temperatura del interior de la vivienda se mantiene estable, gracias a la inercia térmica que proporciona el cerramiento.

Los puentes térmicos se presentan en los sistemas de aislamiento tradicionales (por ejemplo: pilares, cantos de forjado, recerco de huecos, etc.). En invierno, el flujo de calor interior se escapa por estos puntos provocando un enfriamiento en las paredes interiores y el riesgo de condensación de la humedad relativa del interior de la vivienda (1) [WEBER].

- Prestar especial atención a la hora de realizar el proyecto los encuentros con la cubierta, los balcones, la carpintería exterior (ventanas y puertas) (11). Así como con los detalles ornamentales y cualquier heterogeneidad que tenga la fachada en el caso de rehabilitación.
- Necesario un estudio detallado para evitar o limitar los puentes térmicos en los encuentros con los huecos de fachadas (juntas, dinteles y alféizares).

En cuanto a los puntos a tener en cuenta a la hora de realizar un proyecto de rehabilitación de un edificio cabe destacar:

1. Comprobar el tipo de cerramiento de fachada, pues debe soportar el sistema de aislamiento, así como su estado de conservación, su resistencia mecánica y el grado de degradación sufrida con el tiempo. Es frecuente la necesidad de planificar trabajos previos de reparación y preparación (2).
2. Se debe respetar las juntas de dilatación estructural del edificio sobre el que se actúa (2).
3. El proyecto debe solucionar la interacción entre el sistema de aislamiento y las instalaciones dispuestas sobre la fachada del edificio como, por ejemplo, la telefonía, telemática, evacuación de pluviales, suministro de gas natural, etc. (2).
4. Respecto a la selección de los elementos de fijación del sistema de aislamiento, se debe evitar su corrosión, considerar su posibilidad de acomodación a los posibles movimientos térmicos (dilataciones y contracciones) y a las deformaciones mecánicas (flexión, peso propio, etc.) de la totalidad del sistema (2).

Los materiales que forman una misma fachada suelen ser de distinta naturaleza. A sus encuentros, se les llama puntos singulares. Cada material tiene diferencias físicas de comportamiento que provocan pequeños movimientos que transmiten al revestimiento.

- **Encuentro entre distintos materiales**
Para minimizar las tensiones soportadas por el revestimiento en el caso de soportes realizados con materiales de distinta naturaleza, huecos o encuentro con la estructura se utilizará una malla (elemento repartidor de tensiones, su correcta colocación en los puntos singulares de la fachada constituye un elemento tanto de prevención como de seguridad y, por tanto, de calidad. La utilización de mallas no implica una mejora de la adherencia del revestimiento al soporte, ni el aumento de la resistencia mecánica del revestimiento a compresión, ni aumenta las propiedades impermeables, aunque minimiza el riesgo de fisuración) (7).
- **Encuentro con elementos metálicos.**
En el encuentro con elementos metálicos, con el fin de evitar posibles oxidaciones y, por tanto, desprendimientos y desconches del revestimiento, se debe proceder a la limpieza del óxido superficial y aplicar una capa de protección (7).
- **Encuentros con la carpintería**
El encuentro con la carpintería puede solucionarse dejando una junta abierta de 2 ó 3 mm de espesor realizada con la ayuda de un junquillo (7).

5. TIPOS DE SATE

Los SATE se pueden clasificar en función del tipo de fijación, material aislante utilizado, por aplicación y tipos de acabado. Es especialmente importante respetar la concepción del SATE como un sistema integral de fachadas. Ello supone que cada componente forma parte del conjunto, asegurando la compatibilidad del sistema y el mejor resultado.

En este trabajo se va a proceder a la clasificación en función del material aislante utilizado, sin embargo, previamente se hará otra clasificación en función del tipo de fachada:

- Fachada ventilada.
- Fachada no ventilada.

5.1 CON FACHADA VENTILADA

Este tipo de sistema está constituido por una hoja interior, una capa aislante con cámara de aire ventilada y una hoja exterior no estanca. La existencia de juntas abiertas entre las piezas de la fachada evita los problemas relacionados con la dilatación además de permitir la circulación de aire por convección, renueva el calor acumulado tras la hoja exterior [SAATE, 2015] (12).

Sobre la hoja exterior del cerramiento se colocan los elementos portantes del aplacado (dependiendo del cerramiento, pueden ser: anclajes, perfiles metálicos, enrastrelados de madera, etc.), paneles de aislamiento adheridos o fijados mecánicamente y aplacado exterior [ANAPE] (13).

5.1.1 Componentes

Este sistema se compone de diversos componentes:

1. Cerramiento del edificio u hoja interior en fachada nueva.
2. Aislamiento térmico.
3. Cámara de aire.
4. Hoja exterior de acabado.
5. Subestructura.

Sobre el cerramiento del edificio [1] se fija la subestructura [5] compuesta por escuadras de sustentación que son fijadas en el forjado de hormigón soportando la mayor parte del peso del sistema y escuadras de retención fijadas en el cerramiento interior, además estas escuadras tienen otra función, ya que sirven para la regulación de la salida de la fachada. A estas escuadras se atornillan los perfiles verticales, destinados a soportar la hoja exterior de acabado [4]. El aislamiento [2], se adhiere a la pared soporte mediante espigas plásticas. Una vez colocado el aislamiento, se monta el revestimiento de acabado sobre los perfiles verticales. La subestructura deja una cámara de aire [3] de como mínimo 2 centímetros entre el aislamiento y las placas de revestimiento. (12)

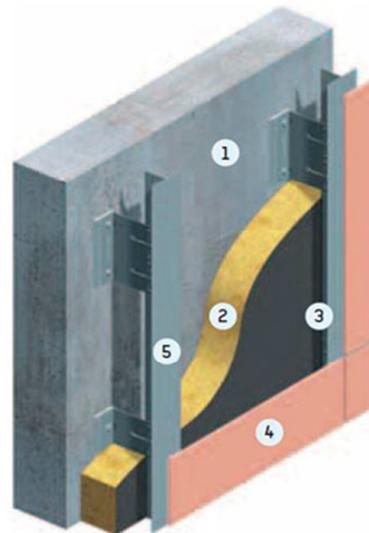


Imagen 7. Componentes fachada ventilada.

La fachada ventilada debe dejar espacio tanto en la parte inferior como en la parte superior de la fachada para que haya circulación de aire y se lleve a cabo la ventilación necesaria que permite funcionar a este sistema como el mejor aislamiento térmico. (12)

La fachada ventilada debe dejar espacio tanto en la parte inferior como en la parte superior de la fachada para que haya circulación de aire y se lleve a cabo la ventilación necesaria que permite funcionar a este sistema como el mejor aislamiento térmico. (12)

Esta circulación de aire se genera debido a la tendencia a la ascensión de los fluidos, en este caso el aire, debido a la disminución de su densidad causada por el calor del interior de la cámara, fenómeno comúnmente conocido como convección. (12)

Los aislantes térmicos:

Los aislantes térmicos habitualmente utilizados en fachadas ventiladas son los de lana mineral MW (lana de vidrio o lana de roca), rígida o semirígida, suministrada en forma de panel o rollo, o los proyectados, como la espuma de poliuretano PUR o el poliestireno expandido EPS.

En el caso concreto de la espuma de poliuretano proyectada PUR, su aplicación en las fachadas ventiladas es una solución que aporta un buen aislamiento térmico, impermeabilidad y estabilidad mecánica. Estas ventajas han hecho que este material de aislamiento sea el más utilizado en la actualidad en fachadas ventiladas (2).

La cámara de aire

Puede ser parcialmente ventilada, cuando sólo dispone de aberturas en la parte inferior y superior de la fachada, o totalmente ventilada cuando también permanecen abiertas las juntas verticales y horizontales entre los elementos que constituyen la protección ligera (sistemas con junta abierta) (2).

La hoja exterior y subestructura

La hoja visible desde el exterior, la protección ligera, se fija al cerramiento de fachada mediante subestructuras metálicas de aluminio o acero galvanizado diseñadas al efecto. Está formada por elementos industrializados que, para no sobrecargar la estructura del edificio, en el caso de rehabilitación, conviene que sean ligeros como, por ejemplo, diferentes tipos de paneles metálicos, de madera, de composites, etc. Por el mismo motivo, no es recomendable acudir a soluciones tradicionales de revestimientos pétreos o cerámicos. Sí siendo posibles estos últimos en edificios de obra nueva siempre que se tenga en cuenta la sobrecarga que conllevan (2).

5.1.2 Características generales

Una fachada ventilada se caracteriza por disponer de una cámara de aire continua y ventilada entre el acabado o revestimiento exterior y el aislamiento de la misma. La cámara funciona por efecto chimenea, al crearse por convección una corriente continua ascendente de aire, calentado por la radiación solar que incide sobre el material de acabado de la fachada (2) [REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE FACHADAS].

Dicha cámara evita la condensación del vapor de agua y, por consiguiente, la posible aparición de humedades nocivas para las capas interiores del sistema constructivo, como son la estructura portante del revestimiento exterior, el material aislante y el muro portante. (2)

Aunque este tipo de construcciones son efectivas desde el punto de vista térmico durante todo el año, es durante los meses de verano donde sus propiedades adquieren mayor importancia. En dichos meses, el sol que impacta directamente sobre la fachada calienta el aire presente en la cámara ventilada. Este aire caliente pesa menos que el aire frío por lo que tiende a elevarse

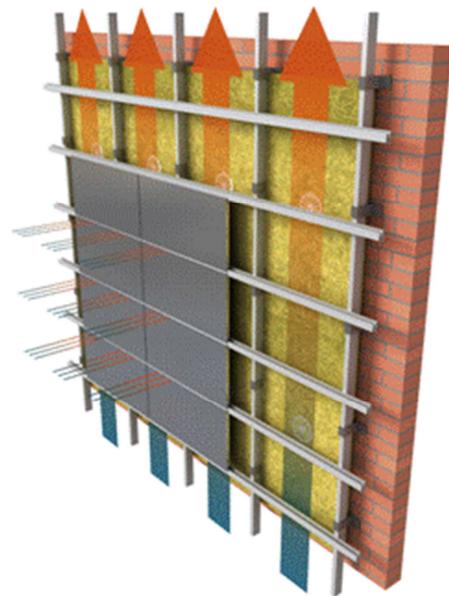


Imagen 8. Cámara de aire.

provocando unas corrientes de convección en el interior de la cámara de modo que, el aire caliente que sale por la coronación del edificio succiona aire más fresco que entra por su base. De esta forma se evacua gran parte de la energía absorbida por los distintos materiales utilizados en la hoja exterior y evita que el calor pase al interior del edificio. (2)

Ventajas:

- Doble aislamiento exterior continuo. (13)
- La cámara ventilada permite la evacuación o evaporación del agua de filtración o condensación sin que afecte a los paneles de aislamiento (12), a la vez que permite alojar instalaciones y protege el aislante térmico de la acción de la intemperie (2).
- La junta entre placas permite los movimientos de dilatación y contracción del aplacado. (12)
- Fácil mantenimiento. (13)
- Ligereza del sistema. (13)
- Efecto refrescante en verano por el fenómeno de la convección y existencia de separación entre aislante y hoja exterior que evita la transmisión de calor por conducción. (13)
- Bajo consumo de calefacción en invierno. (13)
- Aumento del aislamiento acústico. (13)
- Reducción del tiempo de ejecución en obra. (13) No se precisa de trabajos previos de reparación y acondicionamiento del cerramiento de fachada que actúa como soporte (decapados, saneados, etc.) (2).
- Sistema completamente desmontable y, por tanto, reutilizable, reciclable y susceptible de rehabilitarse en ocasiones sucesivas. (13) (2)

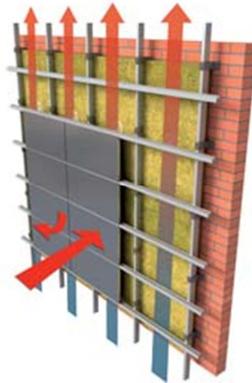


Imagen 9. Efecto refrescante en verano.

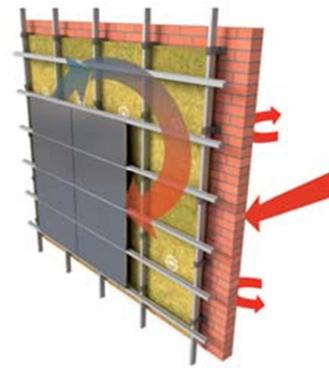


Imagen 10. Bajo consumo de calefacción en invierno.

Inconvenientes:

- Suponen una mayor complejidad constructiva y necesitan una mano de obra más especializada, por lo que en general, son más costosas que otras soluciones (2).
- Su aspecto es discontinuo, mostrando una trama de juntas lineales verticales y horizontales, lo que en ocasiones no es compatible con su integración en entornos urbanos de centros históricos (2).
- En climas húmedos la sensibilidad al agua del aislante hace que este pierda parte de sus características aumentando su conductividad, lo que obliga a un sobredimensionamiento de los paneles para mantener la resistencia térmica del cerramiento (13).
- Necesidad de utilizar aislamientos no inflamables (M1) (13).

- Requiere una subestructura auxiliar (12).
- La fachada incrementa el espesor hacia el exterior, invadiendo la vía pública, entre 10 y 20 centímetros para los acabados ligeros normalmente utilizados, pudiendo llegar a los 30 centímetros en el caso de revestimientos pétreos naturales (14) [Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, 2008].

Características técnicas (SAATE, 2015):

- Peso mínimo 20 kg/m².
- Salida mínima 80 mm.
- Espesor mínimo de la cámara de aire 20 mm.
- Espesor mínimo de los perfiles verticales de aluminio 2 mm.
- Espesor mínimo de los perfiles verticales de acero galvanizado 1,5 mm.

5.1.3 Puesta en obra de los SATE con fachadas ventiladas

5.1.3.1 Acciones previas: tratamiento del soporte

El tratamiento previo del soporte sobre el que se instalará el sistema SATE es fundamental para una correcta aplicación. Para ello, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- El paramento base debe tener la capacidad portante suficiente para resistir las caras combinadas de: peso propio, peso aportado por el SATE y las cargas de viento transmitidas a través del mismo (4) [IDAE].
- La planicidad y verticalidad del soporte limitará el tipo de fijación. Este sistema no requiere de previos de reparación y acondicionamiento del cerramiento de fachada que actúa como soporte (decapados, saneados, etc.) (2).

Sobre la hoja de cerramiento se disponen las fijaciones mecánicas de acuerdo con las características del sistema.

5.1.3.2 Arranque del aislamiento térmico

A partir del replanteo de fijaciones se colocan los paneles, el rollo o se proyecta el aislamiento térmico. Dependiendo, por tanto, del tipo de aislamiento térmico elegido se planifica esta segunda fase: espuma de poliuretano proyectado (PUR) o paneles, bien sean de poliestireno expandido (EPS), de poliestireno extruido (XPS) o de lanas minerales (MW) (4) (2).

Instalación de testigos:

En el caso de emplear espuma de poliuretano proyectado, se atornilla unos testigos por toda la superficie del cerramiento base, cuya longitud vista coincide con el espesor con el que debe ser proyectado el aislante. Cuando la espuma cubra la cabeza de estos testigos, ya se ha alcanzado el espesor necesario del aislante. Los perfiles que se añaden para delimitar los huecos de fachada (en jambas, dinteles y alféizares), también sirven para el mismo propósito (2).

Instalación de perfiles guía:

En el caso de emplear aislantes térmicos en forma de paneles de dimensiones determinadas, se comienza instalando sobre el cerramiento base los perfiles guía que marcan la línea de arranque del aislante (2).

Son de chapa galvanizada y microperforada para que no retengan agua en caso de lluvia.



Imagen 11. Nivelación y atornillamiento a la base de los perfiles guía.

Se anclan al cerramiento base con tornillería, a unos 40 centímetros de la cota cero de la fachada (el terreno), dejando 0,5 centímetros entre cada perfil como junta de dilatación. En los encuentros en esquina de dos paños de fachada, se preparan los perfiles cortándolos a inglete (45°). Unir los distintos perfiles con juntas plásticas (1)[WEBER].

Considerar que el perfil de arranque debe tener 1 centímetro más que el espesor del panel aislante y se fijará con clavo/taco y tornillo, una vez sacado el nivel, cada 25 centímetros aproximadamente.

- Si el soporte es macizo aguantará cualquier tipo de taco.
- Si es perforado se recomienda usar tacos con marcas estriadas (el tornillo es 1cm más largo que el taco de forma que retrae el taco dándole una fijación adicional) (1)

5.1.3.3 Colocación del aislamiento térmico. (1)

Los paneles de aislante térmico deben colocarse siempre combinando el mortero adhesivo y la fijación mecánica mediante espigas o rosetas, aunque también puede hacerse con un único sistema bien mecánicamente o mediante mortero adhesivo.

Si la capacidad de sustentación no es suficiente (<80kPa) hay que emplear espigas adecuadas acordes con el estado del soporte.

La recepción de cada uno de los paneles aislantes térmicos sobre el cerramiento base se coloca contrapeado y a matajunta, completando las hiladas en sentido ascendente y a nivel. Al llegar a las esquinas los paneles se colocan con vuelo en hiladas alternas para el remate posterior con el paño de la fachada perpendicular. Se comprueba la planeidad de la superficie de las hiladas con una regla y la planeidad de las hiladas con un nivel (2).

Entre los paneles no deben quedar juntas abiertas después de adheridos, ni rebabas de mortero que deben eliminarse. Las juntas abiertas entre paneles deben rellenarse con material aislante (2).

Fijación con mortero adhesivo:

El mortero adhesivo debe presentar una elevada adherencia, una alta deformabilidad y una excelente trabajabilidad y, además, cumple una triple función:

- Soportar o agarrar el material aislante al elemento base.
- Restringir los movimientos de dilatación, contracción, alabeos, tracción y compresión del panel aislante.
- Regular la planeidad del paramento.
- Se aplica la distribución de borde y punto en el panel aislante, repartiéndose un cordón perimetral de mortero y tres pelladas centrales de aproximadamente 1-2 cm de espesor, cubriendo el 40% de la superficie del panel para conseguir una buena adherencia a fachada.

Los paneles se colocan contrapeados y a matajuntas, completando las hiladas en sentido ascendente y a nivel.

Para colocar el aislamiento en las jambas de las ventanas se debe de cortar la medida adecuada y repartir el mortero adhesivo base cubriendo el 100% de la superficie de la pieza con una llana dentada.

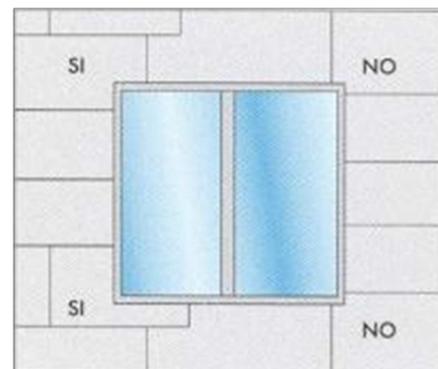


Imagen 12. Detalle de la instalación de los paneles de aislamiento en las esquinas de los huecos.

Finalmente, se debe controlar que los vértices de los paneles aislantes del paño de fachada no coincidan con la esquina de huecos generando punto crítico.



Imagen 13. Fijación con mortero adhesivo.

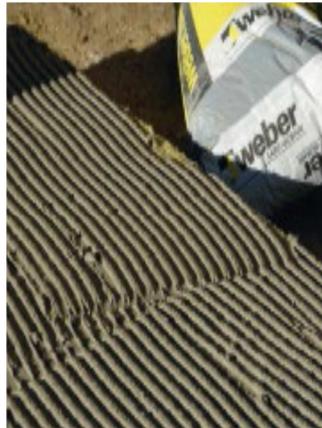


Imagen 14 y 15. Solución para jambas y dinteles.

Fijación mecánica con espigas o rosetas:

Pasadas 24 horas de secado del mortero adhesivo, permitiendo su fraguado, se colocan las fijaciones mecánicas.

Se recomienda la colocación en las esquinas que forman unos paneles con otros y uno en el centro. De modo que haya unas 4-5 rosetas por m² de superficie (1).

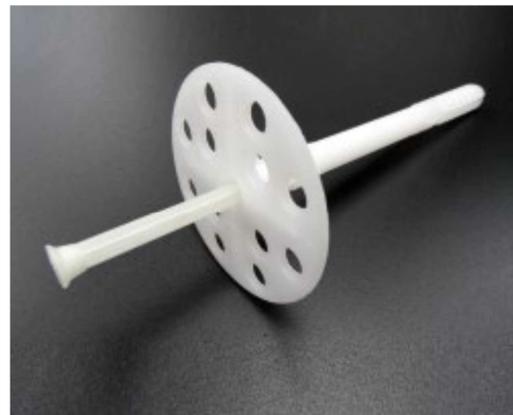
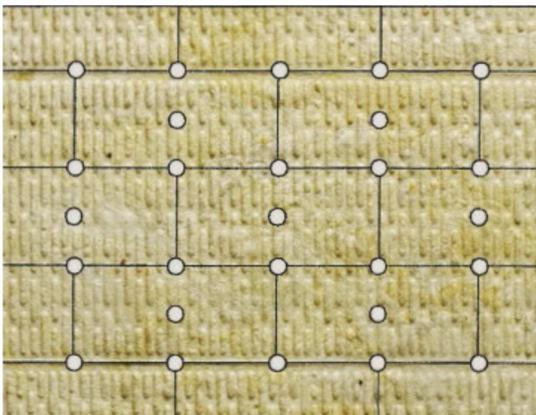


Imagen 16. Distribución de las espigas sobre los paneles (izda.). Espiga o roseta (dcha.).

La longitud de la espiga vendrá dada por el espesor del material aislante más una longitud X, de penetración en el soporte pero nunca menos de 4-5 cm (1).

Su colocación se ejecutará, en la medida de lo posible, en los puntos donde se ha repartido el mortero de agarre, es decir, en el perímetro de los paneles y en las pelladas centrales (1).

La colocación de las fijaciones mecánicas y, por tanto, el agujero del taladro para las mismas debe ser siempre perpendicular al elemento base de sujeción. Después, sellar las fijaciones con mortero adhesivo (1).

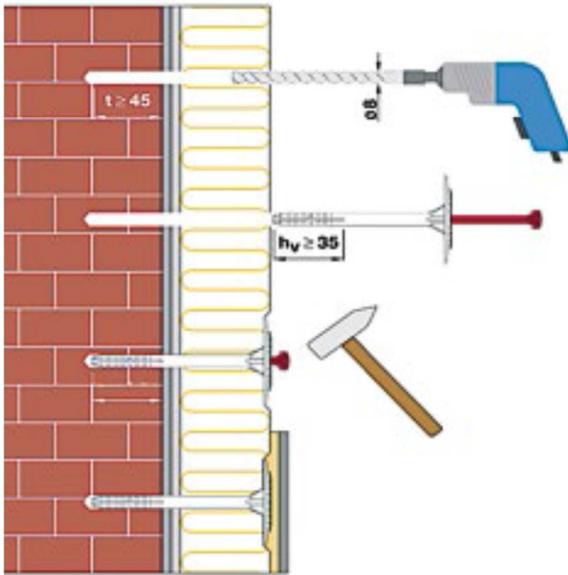


Imagen 17. Proceso de anclaje de las fijaciones mecánicas tipo espiga o roseta.

Se perfora el muro soporte con una broca de diámetro 10 mm y se limpia la perforación. Se fija el anclaje tipo roseta o espiga por presión con martillo. La presión que ejercen las rosetas sobre el aislamiento debe ser uniforme para no ondularlo o doblarlo.



Imagen 18. Aplicación práctica del proceso de anclaje de las fijaciones mecánicas tipo espiga o roseta.

La cantidad de espigas o rosetas y su distribución viene definida por las siguientes variables:

- Altura del edificio.
- Esquinas o parte central del paño.
- Exposición al viento del paño de fachada.
- Zona eólica dónde se ubica el edificio. Se debe prestar especial atención a las zonas sometidas a mayores velocidades de viento.

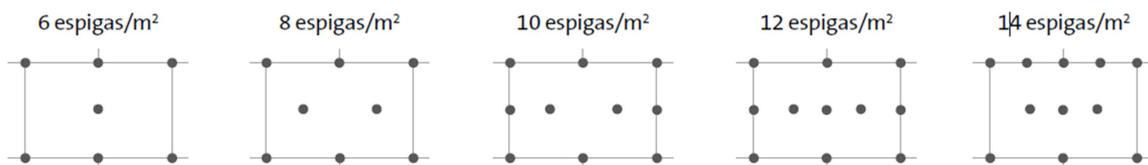


Imagen 19. Esquemas de distribución de anclajes metálicos según la variable de altura del edificio.

En principio para la puesta en obra de la fachada ventilada, una vez colocado el aislamiento térmico sobre el cerramiento base ya se puede pasar a las fases siguientes que, se describen a continuación, sin necesidad de completar más trabajos sobre el aislante térmico, aunque esto realmente depende de las necesidades del tipo de aislante térmico elegido.

5.1.3.4 Anclaje de la hoja exterior.

Sobre los anclajes previamente dispuestos sobre la base, hoja interior, se recibirá el entramado de perfiles verticales y horizontales de la estructura metálica auxiliar que sustentarán el último componente de la fachada ventilada: la hoja exterior de placas que constituyen el revestimiento exterior de la fachada ventilada, es la hoja visible desde el exterior.

Hoy en día, ya no es necesario definir el material de revestimiento en el momento de decidir si va a colocar fachada ventilada, la gran versatilidad de ofertas en el sistema de subestructura

puede adaptarse al material elegido, permitiendo que la elección del material se haga en último momento. Algunos de los materiales de cerramiento exterior más utilizados son:



Imagen 20. Materiales de acabado hoja exterior.

5.1.3.5 Accesorios [SFS intec] (15)

- **Escuadras y perfiles de ventilación.**
Ofreciendo un acabado estético perfecto para esquinas y zonas de borde.
- **Cintas de sellado.**
Para proteger los soportes de la intemperie, estas cintas son extremadamente resistentes al calor y, por lo tanto, de larga duración.
- **Anclajes de aislamiento.**
Diferentes longitudes garantizan la larga duración de anclaje del aislante en diversos sustratos.
- **Casquillos de punto fijo.**
Total flexibilidad en todo momento: el uso de los casquillos de punto fijo permite tomar en la obra la decisión sobre cuál será el agujero del panel a utilizar como punto fijo.

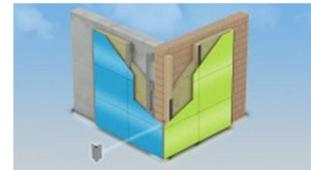


Imagen 21. Accesorios

5.1.3.7 Otras consideraciones de la instalación: recomendaciones.

- Debe respetarse la limpieza y continuidad de las cámaras de aire en toda su dimensión, ya que de no hacerlo anularía las virtudes de la misma, concentrando en los obstáculos el agua que desciende por la cámara.
- Deben tratarse específicamente los zócalos y zonas bajas de las fachadas, macizando o sobredimensionando. (Anexo 1)
- Cabe estudiar la posición de la tornillería, pudiéndose dejar vista u oculta.
- El entramado de la estructura auxiliar aumenta en exceso el peso del cerramiento pero a su vez otorga estabilidad al conjunto, asegurando la posición de todas las piezas de acabado.

5.2 SIN FACHADA VENTILADA

Hay diversos métodos de clasificación para los SATE de fachada no ventilada, en este trabajo se llevará a cabo mediante el tipo de aislamiento térmico. Sin embargo, el resto de componentes del sistema apenas varía de un tipo a otro por lo que se explicarán conjuntamente destacando las irregularidades de cada tipo en caso de que las hubiese.

5.2.1 Componentes (12) [SAATE, 2015]

El SATE está compuesto de los siguientes procesos y materiales que interactúan de forma perfecta:



- 1- Mortero adhesivo.
- 2- Aislante térmico.
- 3- Armadura.
- 4- Malla de fibra de vidrio.
- 5- Capa de acabado.

Imagen 22. Componentes del SATE fachada no ventilada.

Cerramiento base

Mortero adhesivo o fijación mecánica:

Como se ha explicado para el caso de fachada ventilada el aislante térmico debe colocarse siempre combinando el mortero adhesivo y la fijación mecánica mediante espigas o rosetas, aunque también puede hacerse con un único sistema bien mecánicamente o mediante mortero adhesivo.

Aislante térmico:

Los aislantes térmicos habitualmente utilizados son los de lana mineral MW (lana de vidrio o lana de roca), rígida o semirrígida, suministrada en forma de panel o rollo como el poliestireno expandido EPS, el poliestireno extruido XPS o el poliuretano conformado PUR.

Capa base de armadura:

Mortero de armadura con aglomerantes orgánicos, libre de cemento.

Armadura:

La capa de armadura mejora las prestaciones mecánicas del SATE. Satisface los máximos requerimientos en cuanto a resistencia y a los impactos. Suele ser una malla de fibra de vidrio.

Capa de acabado:

Revoque de acabado de enlace orgánico. Su principal función es proteger el sistema del exterior (la radiación solar, la lluvia u otros agentes exteriores) y tiene que contribuir a la impermeabilidad al agua y permitir la permeabilidad al vapor de agua.

A continuación un pequeño esquema que explica mejor la relación entre los distintos componentes:

Esquema del sistema SATE

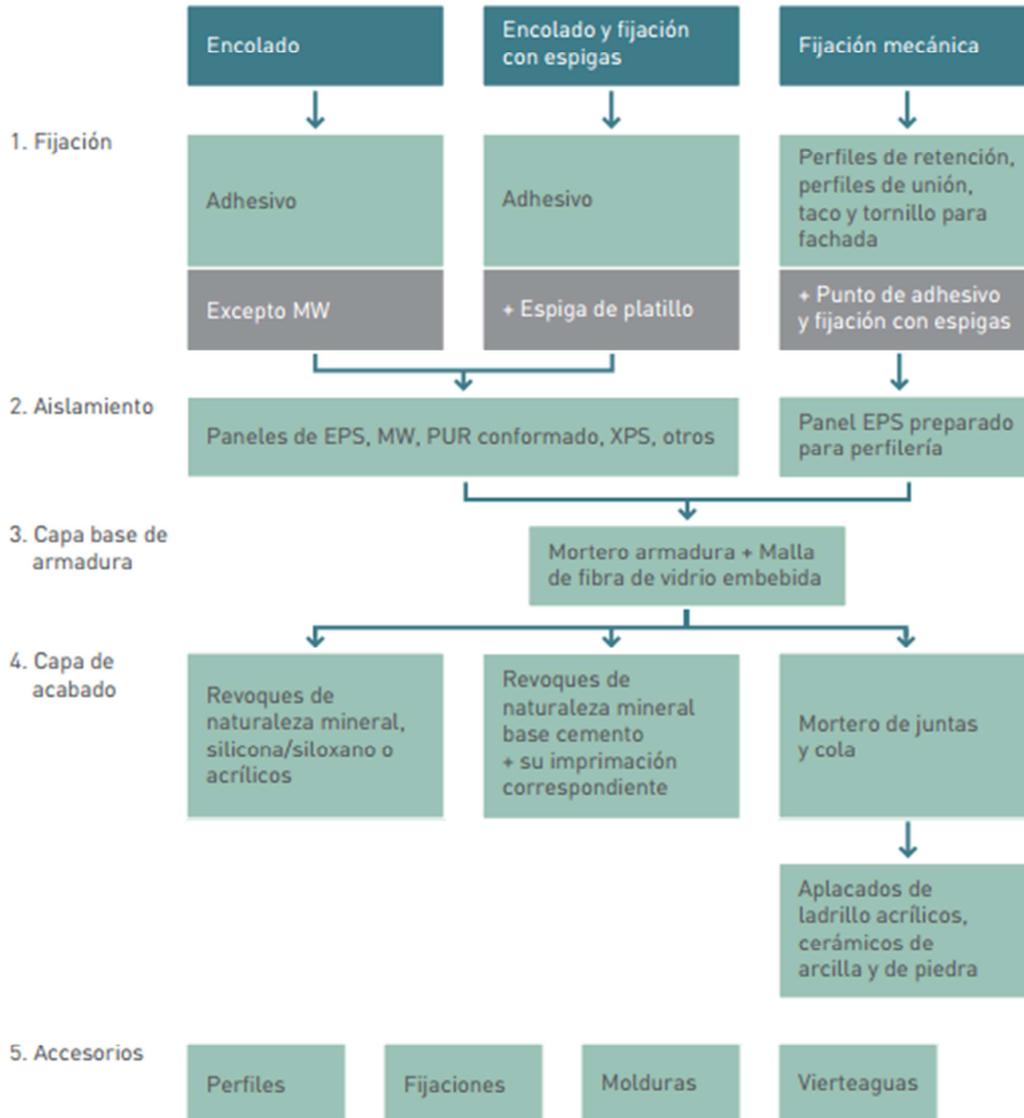


Tabla 2. Esquema del SATE.

5.2.2 Características generales

La tipología de cerramientos con aislamiento térmico por el exterior bajo revoco se utiliza en el campo de la rehabilitación de edificios con déficit de aislamiento importante que precisan de un complemento que mejore el consumo energético de los sistemas de climatización.

Esta solución se emplea con frecuencia en obra nueva con criterios de arquitectura bioclimática, cuando se quiere aprovechar al máximo la inercia térmica de un determinado cerramiento.

Ventajas:

- Mejora del aislamiento térmico del edificio.
- Protección de los muros frente al agua de lluvia.
- Mejora de la estabilidad dimensional de la fachada frente a los movimientos higrotérmicos.
- Corrige fisuraciones del muro y filtraciones consecuentes.

Inconvenientes:

- Reduce la permeabilidad al vapor de agua del muro.
- Riesgo de trampas de agua en fachadas alicatadas por el interior.
- Se reduce la resistencia del impacto de cuerpo duro.
- Riesgo de penetración de agua si se utilizan clavijas para fijación mecánica del aislamiento.

5.2.3 Clasificación en función del Aislamiento Térmico

Las prestaciones de los materiales de aislamiento utilizados en los SATE deberán cumplir las prestaciones mínimas indicadas en la Guía ETAG 004 y en la norma UNE-EN 13499, para SATE basados en el poliestireno expandido (EPS) y la UNE-EN 13500 para SATE basados en lanas minerales (MW). Con independencia de las prestaciones de los materiales de aislamiento indicados en este apartado los materiales que posean una norma europea armonizada deberán disponer del marcado CE conforme a las normas UNE-EN 13162 a 13171.

Actualmente se está trabajando en una nueva norma europea armonizada dentro del CEN/TC88 WG-18, que especificará los requisitos del sistema completo incluidos los requisitos de todos los materiales de aislamiento. Por ello, una vez esté aprobada dicha norma prevalecerá sobre los requisitos mínimos indicados a continuación. Además, el suministrador del SATE es responsable de las características funcionales del sistema, por ello es posible encontrar requisitos mayores o adicionales para los materiales de aislamiento utilizados. (4) [IDAE]

Tipos de aislamiento

Los materiales de aislamiento generalmente utilizados en el SATE son los siguientes:

5.2.3.1 Poliestireno expandido (EPS) (IDAE, 2012) (4)

Los requisitos mínimos para los paneles de espuma de poliestireno expandido deben cumplir con las especificaciones de la norma europea UNE-EN 13163 y deben poseer el marcado CE correspondiente con dicha norma.



Imagen 23. Placa de EPS.

Los requisitos mínimos y los valores recomendados para las planchas de EPS conforme a la ETAG 004 y las normas UNE-EN 13163 y UNE-EN 13499 se muestran en la siguiente tabla (4):

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Norma UNE-EN 13499	Recomendación
Reacción al fuego	EN 13501-1	Euro-clase	Euroclase del aislante y kit A1 a F	-	Euroclase E
Conductividad térmica declarada y resistencia térmica declarada	EN12667 EN 12939	W/(m.K) (m ² .K)/W	Max lambda 0,065	$\lambda_D < 0,060$ W/(m.K) $R_D \geq 1$ m ² K/W	$R_D \geq 1$ m ² .K/W
Espesor	EN 823	mm	-	T2	T2
Longitud	EN 822	mm	-	L2	L2
Anchura	EN 822	mm	-	W2	W2
Rectangularidad	EN 824	mm	-	S2	S2
Planeidad	EN 825	mm	-	P4	± 3 mm
Estabilidad dimensional en condiciones específicas de temperatura y humedad	EN 1604	%	-		EPS S DS (70,-)2 EPS SD DS (70,-)2

Tabla 3. Características principales de la espuma de poliestireno expandido (EPS) para SATE.

NOTA: El EPS S se refiere a la espuma de poliestireno expandido normal y el EPS SD se refiere a la espuma de poliestireno expandido elastificado.

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Norma UNE-EN 13499	Recomendación
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN1607	kPa	80 a 150 kPa	Según fijación: -adhesivo o anclaje TR100 -carriles TR150	Según fijación: con adhesivo: EPS S-TR 80 EPS SD-TR 80 con perfiles, ras- treles y adhesivo: EPS S-TR 150 con fijaciones y adhesivo: EPS S-TR 100 y EPS SD-TR 80
Absorción de agua a largo plazo por inmersión total	EN 12087 Método 2	%	-	WL(T)5	WL(T)1
Permeabilidad al vapor de agua	EN 12087 medido y EN ISO10456 tabulado	MU	-	-	Valor declarado
Determinación del comportamiento cortante	EN 12090	kPa	-	-	EPS S-SS50 EPS SD-SS20
Módulo cortante	EN 12090	MPa	-	-	EPS S-GM1000 EPS SD-GM300

Tabla 3. Características principales de la espuma de poliestireno expandido (EPS) para SATE.

NOTA: El EPS S se refiere a la espuma de poliestireno expandido normal y el EPS SD se refiere a la espuma de poliestireno expandido plastificado.

Aplicaciones (weber.therm etics)(1)

El sistema de placas de aislamiento térmico de poliestireno expandido (EPS) es el SATE más conocido y extendido, limitando las pérdidas energéticas de la fachada y aportando una imagen renovada al conjunto del edificio. Se trata de un sistema de aislamiento previsto para el aislamiento térmico de muros verticales nuevos o ya existentes, y superficies horizontales inclinadas que no estén expuestas a precipitaciones. El sistema no es un elemento constructivo capaz de soportar cargas, no contribuye directamente a la estabilidad del muro sobre el cual es instalado, pero puede contribuir a su durabilidad ya que proporciona una protección adicional contra la acción ambiental de los agentes atmosféricos, y no está previsto para asegurar el sellado hermético contra el aire en estructuras constructivas, no es un elemento constructivo.

Es ideal en aquellas fachadas a rehabilitar, y en obra nueva en las que sea necesario una actuación de mejora energética y una renovación estética.

Ventajas y características técnicas del sistema (weber.therm etics)(1)

Las principales ventajas vienen determinadas por las características intrínsecas del material aislante y por el tipo de acabado. Así pues, destacan las siguientes:

- Aplicación sistemáticas en base placas prefabricadas de EPS.
- Elevado poder aislante, aporta la resistencia térmica necesaria al cerramiento del edificio de acuerdo a lo especificado en el DB-HE del CTE, minimizando los puentes térmicos.
- Buena resistencia superficial al impacto, especialmente en el acabado mineral en capa gruesa.
- Gran variedad de acabados

Sus características técnicas son:

1. **Reacción al fuego**, determinada de acuerdo al apartado 5.1.2.1 de la Guía DITE 004: D s2 d0.
2. **Absorción de agua**, determinada de acuerdo al apartado 5.1.3.1 de la Guía DITE 004.
 - Absorción de agua transcurrida 1 hora: $< 1\text{kg/m}^2$
 - Absorción de agua transcurridas 24 horas: $< 0,51\text{kg/m}^2$
3. **Buen comportamiento higrotérmico**, determinado de acuerdo con el apartado 5.1.3.2.1 de la Guía DITE 004, no produciéndose ningún defecto. Por lo tanto, el sistema se considera resistente a los ciclos higrotérmicos.
4. **Comportamiento frente al hielo/deshielo**, determinado de acuerdo con el apartado 5.1.3.2.2 de la Guía DITE 004. El sistema es considerado resistente frente al hielo-deshielo dado que la absorción del agua es inferior a $0,51\text{kg/m}^2$ transcurridas 24 horas.
5. **Resistencia al impacto**, determinada de acuerdo con los apartados 5.1.3.3, 5.1.3.3.1, 5.1.3.3.2 de la Guía DITE 004.
6. **Permeabilidad al vapor de agua** (resistencia a la difusión de vapor de agua).
7. **Adherencia**.
 - Resistencia a la adherencia tras envejecimiento ($\geq 0,8\text{N/mm}^2$)
8. **Resistencia térmica del sistema**

weber.therm placa EPS	Espesor (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Resistencia térmica (m ² ·K/W)
weber.therm placa EPS 20	20	1000	500	0,54
weber.therm placa EPS 30	30	1000	500	0,81
weber.therm placa EPS 40	40	1000	500	1,08
weber.therm placa EPS 50	50	1000	500	1,35
weber.therm placa EPS 60	60	1000	500	1,62
weber.therm placa EPS 70	70	1000	500	1,89
weber.therm placa EPS 80	80	1000	500	2,16
weber.therm placa EPS 90	90	1000	500	2,43
weber.therm placa EPS 100	100	1000	500	2,70
weber.therm placa EPS 110	110	1000	500	2,97
weber.therm placa EPS 120	120	1000	500	3,24
weber.therm placa EPS 130	130	1000	500	3,51
weber.therm placa EPS 150	150	1000	500	4,05
weber.therm placa EPS 180	180	1000	500	4,86

Tabla 4. Resistencia térmica weber.therm etics en relación al espesor del poliestireno expandido (EPS)

5.2.3.2 Lana mineral (MW) (IDAE, 2012) (4)

Los requisitos mínimos para los paneles rígidos de lana mineral de espesor uniforme y alta densidad, sin revestir, deben cumplir con las especificaciones de la norma europea UNE-EN 13162 y deben poseer el marcado CE correspondiente con dicha normal.

Los requisitos mínimos y los valores recomendados para los paneles y mantas de lana mineral conforme a la ETAG 004 y a las UNE-EN 13162 y UNE-EN 13500 se muestran en la siguiente tabla (4):



Imagen 23. Placa de lana mineral.

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Norma UNE-EN 13500	Recomendación
Reacción al fuego	EN 13501-1	Euro-clase	Euroclase del aislante y kit A1 a F	-	A1 o A2-s1, d0
Conductividad térmica y resistencia térmica declarada	EN 12667 EN 12939	W/(m.K) [m ² .K]/W	$\lambda \leq 0,065$ W/(m.K)	$\lambda_D < 0,060$ W/(m.K) $R_D \geq 1$ m ² .K/W	$R_D \geq 1$ m ² .K/W
Espesor	EN 823	mm	-	T5	T4 - 3% o - 3 mm ^a + 5% o + 5 mm ^b
Rectangularidad	EN 824	mm	-	$S_D \leq 5$ mm/m	± 5 mm/m
Planeidad	EN 825	mm	-	$S_{max} \leq 6$ mm	± 6 mm
Longitud	EN 822	%	-	$l \pm 2\%$	$\pm 2\%$
Anchura	EN 822	%	-	$b \pm 1,5\%$	$\pm 1,5\%$

Tabla 5. Características principales de la lana mineral (MW) para SATE.

(Continuación)

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Norma UNE-EN 13500	Recomendación
Estabilidad dimensional a temperatura específica	EN 1604	%	-	-	DS [70,-]1
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN 1607	kPa	-	Según fijación: - adhesivo TR80 - carriles ¹⁾ TR15 - anclaje ¹⁾ TR 7,5 - anclaje a través de refuerzo ²⁾ TR5	Según fijación: - adhesivo TR80 sólo lamela - perfilera, railes y adhesivo TR15 para TR10/TR15 y TR50 para lamela - anclaje y adhesivo TR15 para TR10/TR15, TR3 para TR3, TR5 para TR5 y TR50 para lamela
Determinación del comportamiento cortante	EN 12090	kPa	-	-	Lamelas TR20 a espesor 60 mm
Módulo cortante	EN 12090	MPa	-	-	Lamelas GM 1.000 kPa a espesor 60 mm
Resistencia a la compresión al 10%	EN	kPa	-	-	Lamelas: CS(10/Y)40 Planchas: TR10/TR15 CS(10/Y)30 TR3/TR5 y CS 5 CS(10/Y)5
Absorción de agua a largo plazo	EN 12087 Método 1	kg/m ²	-	-	Para lamelas y TR10/TR15 WL(P)
Permeabilidad al vapor de agua	EN 12087 medido y EN ISO10456 tabulado	MU	-	-	Valor declarado
Resistencia a la tracción después de acondicionamiento: 7 días 50 °C/90% HR y 6 h (min) 23 °C/50% HR			-	-	>50% en estado seco

a) El que sea mayor en tolerancia numérica.

b) El que sea menor en tolerancia numérica.

1) Los paneles de MW fijados con anclajes o carriles en combinación con adhesivo se considerarán como un sistema sin adhesivo.

2) Para planchas de MW fijadas con anclajes a través de un refuerzo metálico, el enlucido se fija directamente a la pared. No ejerce tensión sobre la MW, excepto a compresión.

Tabla 5. Características principales de la lana mineral (MW) para SATE.

Aplicaciones (weber.therm acustic) (1)

El sistema de placas de aislamiento térmico de poliestireno expandido (EPS) es el SATE más conocido y extendido, limitando las pérdidas energéticas de la fachada y aportando una imagen renovada al conjunto del edificio. Se trata de un sistema de aislamiento previsto para el aislamiento térmico de muros verticales nuevos o ya existentes, y superficies horizontales inclinadas que no estén expuestas a precipitaciones. El sistema no es un elemento constructivo capaz de soportar cargas, no contribuye directamente a la estabilidad del muro sobre el cual es instalado, pero puede contribuir a su durabilidad ya que proporciona una protección adicional contra la acción ambiental de los agentes atmosféricos, y no está previsto para asegurar el sellado hermético contra el aire en estructuras constructivas, no es un elemento constructivo.

Es ideal en aquellas fachadas de obra nueva o a rehabilitar en las que sea necesario una actuación de mejora energética y una renovación estética, a la vez que se quiera mejorar las propiedades acústicas del cerramiento asegurando un buen comportamiento frente al fuego de la fachada. Es por ello que el sistema también puede ser utilizado como cortafuegos en combinación con otros sistemas de aislamiento tradicionales.

Ventajas y características técnicas (weber.therm acustic) (1)

Las principales ventajas vienen determinadas por las características intrínsecas del material aislante y del acabado. De entre todas ellas, destacan las siguientes:

- Elevado poder aislante, aporta la resistencia térmica necesaria al cerramiento del edificio de acuerdo a lo especificado en el DB-HE del CTE, minimizando los puentes térmicos.
- Aporta mejoras acústicas. Mejora del índice de reducción acústica en 5,1 dBA, según ensayo nº91.2648.0-IN-CT-10/40 I realizado con soporte de ladrillo perforado de medio pie, lana mineral de 60 mm de espesor y revestimiento acrílico.
- Alta resistencia al fuego: A2 s1 d0 acabado mineral en capa gruesa, y B s1 d0 acabado mineral en capa fina y acrílico. Posibilidad de utilización como cortafuegos en fachada en otros sistema de aislamiento en base placas de EPS.
- Elevada transpirabilidad.
- Aplicación sistemática en base placas prefabricadas de lana mineral.
- Gran variedad de acabados.

Las características técnicas son:

1. **Reacción al fuego**, determinada de acuerdo al apartado 5.1.2.1 de la Guía DITE 004: A2 s1 d0.
2. **Absorción de agua** transcurridas 24 horas: $< 0,5\text{kg/m}^2$
3. **Buen comportamiento higrotérmico**, determinado de acuerdo con el apartado 5.1.3.2.1 de la Guía DITE 004, no produciéndose ningún defecto. Por lo tanto, el sistema se considera resistente a los ciclos higrotérmicos.
4. Comportamiento frente al hielo/deshielo, determinado de acuerdo con el apartado 5.1.3.2.2 de la Guía DITE 004. El sistema es considerado resistente frente al hielo-deshielo dado que la absorción del agua es inferior a $0,5\text{kg/m}^2$ transcurridas 24 horas.
5. **Resistencia al impacto**, determinada de acuerdo con los apartados 5.1.3.3, 5.1.3.3.1, 5.1.3.3.2 de la Guía DITE 004. Categoría I.
6. **Permeabilidad al vapor de agua** (resistencia a la difusión de vapor de agua).
7. **Adherencia**.
 - Resistencia a la adherencia tras envejecimiento ($\geq 0,8\text{N/mm}^2$)

8. Resistencia térmica del sistema

weber.therm placa LM	Espesor(mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Resistencia térmica (m ² ·KW)
weber.therm placa LM 40	40	1200	600	1,11
weber.therm placa LM 50	50	1200	600	1,39
weber.therm placa LM 60	60	1200	600	1,67

Tabla 6. Resistencia térmica weber. therm acustic en relación al espesor de la lana mineral

5.2.3.4 Mortero termoaislante

Dentro de la gama de productos weber existe otro material aislante en el que se basa uno de sus sistemas: weber. therm mineral. Este aislante no se encuentra en las distintas normativas con lo que los mínimos a seguir son orientativos y se especificarán en la sección de características técnicas del material.

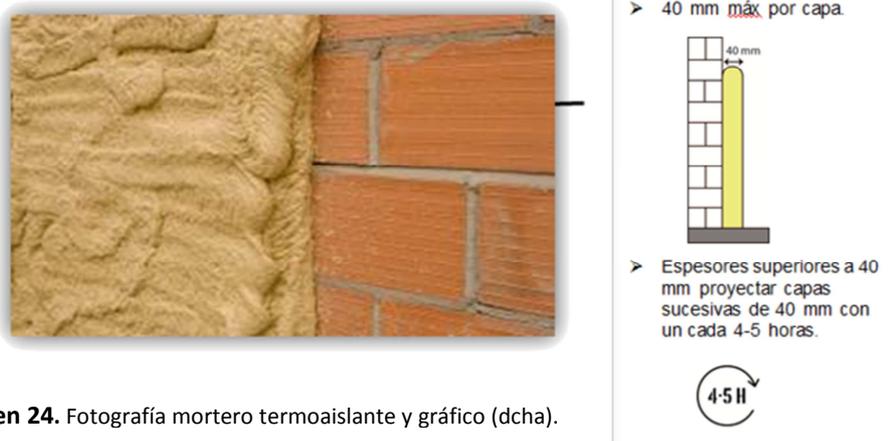


Imagen 24. Fotografía mortero termoaislante y gráfico (dcha).

Aplicaciones

El sistema de placas de aislamiento térmico de poliestireno expandido (EPS) es el SATE más conocido y extendido, limitando las pérdidas energéticas de la fachada y aportando una imagen renovada al conjunto del edificio. Se trata de un sistema de aislamiento previsto para el aislamiento térmico de muros verticales nuevos o ya existentes, y superficies horizontales inclinadas que no estén expuestas a precipitaciones. El sistema no es un elemento constructivo capaz de soportar cargas, no contribuye directamente a la estabilidad del muro sobre el cual es instalado, pero puede contribuir a su durabilidad ya que proporciona una protección adicional contra la acción ambiental de los agentes atmosféricos, y no está previsto para asegurar el sellado hermético contra el aire en estructuras constructivas, no es un elemento constructivo.

Es ideal en aquellas fachadas de rehabilitación u obra nueva, en las que sea necesaria una actuación de mejora energética, y se requiere una solución mineral.

Ventajas y características técnicas del sistema (weber.therm mineral) (1)

Las principales ventajas vienen determinadas, por un lado, por las características intrínsecas del material aislante y, por otro, por el acabado en menor medida; así pues, destacan las siguientes:

- Aplicación fácil y rápida mediante proyección mecánica o manual, obteniendo una capa aislante continua y sin discontinuidades.

- Gran adaptabilidad a todo tipo de superficies, especialmente en rehabilitación. Al mismo tiempo, aísla y regulariza la superficie.
- Elevado poder aislante, aporta la resistencia térmica necesaria al cerramiento del edificio de acuerdo a lo especificado en el DB-HE del CTE, eliminando puentes térmicos.
- Buena resistencia superficial al impacto. Compacto y sin efecto “sonido a hueco”.
- Aporta mejoras acústicas, 3,5 dBA, según ensayo CTA 012/10/AER-2 I realizado con soporte de ladrillo perforado de medio pie, para un espesor de 4cm de mortero termoaislante y 1 cm de revestimiento mineral.
- Solución mineral, transpirable e impermeable.
- Incombustible.

Las características técnicas del sistema son:

1. Adherencia (UNE-EN 105-12), ensayo con las diferentes terminaciones obteniéndose una rotura cohesiva en el aislante superior a 0,1 Mpa cumpliendo con lo especificado en la Guía ETAG 004.

Estado	Sistema	Soportes	
		Cerámico	Hormigón
Inicial (MPa)	gama weber.tene	0,12	0,1
	weber.therm clima	0,15	0,1
Ciclos Higrotérmicos (MPa)	gama weber.tene	0,09	0,11
	weber.therm clima	0,08	0,12

Tabla 7. Adherencia del mortero termoaislante dependiendo del soporte y estado

2. Reacción al fuego según la norma UNE-EN 13501-1, A1 para la terminación en capa gruesa y B s1 d0 para la terminación mineral en capa fina y acrílica tiene clasificación A2 s1 d0.
3. Absorción de agua (según ensayo ETAG 004).

Características endurecido	1 h(kg/m ²)	24 h(kg/m ²)
weber.therm aislone + weber.therm clima	0,53	0,99
weber.therm aislone + weber.therm base + gama weber.tene	0,01	0,10
weber.therm.aislone + weber.therm base + weber.cal flexible	0,05	0,72
weber.therm.aislone + weber.therm base	0,04	0,41

Tabla 8. Absorción de agua según ensayo ETAG 004

4. **Absorción de agua con presión:** Método recogido en el ensayo nºII.4 de la RILEM, “Water absorption under low pressure (pipe method)”. Ensayo realizado sobre el sistema completo con las terminaciones de revestimiento mineral durante 30 minutos.

Inicial (ml)		Tras ciclos higrotérmicos (ml)	
gama weber.tene	weber.therm clima	gama weber.tene	weber.therm clima
0	0,3	0	0,6

Tabla 9. Absorción de agua con presión ensayo nºII.4 RILEM

5. **Resistencia al impacto** (ISO 7892:1988). EL sistema no muestra fisuras en el punto de impacto y en la huella de ninguna de las terminaciones.
6. **Resistencia al punzonamiento dinámico** (PERFOTEST). Este ensayo sólo es aplicable para la terminación acrílica. Realizado el ensayo no se atraviesa la capa de revestimiento.

7. Permeabilidad al vapor de agua; según la norma UNE-EN 1015-19.
8. Resistencia térmica del sistema.

Sistema	Espesor aplicación (mm)	Consumo teórico por espesor (l/m^2)	Resistencia térmica ($m^2 \cdot K/W$)
weber.therm aislone	30	30	0,71
	40	40	0,95
	50	50	1,19
	60	60	1,43
	70	70	1,67
	80	80	1,90

Tabla 10. Resistencia térmica weber.therm mineral en relación al espesor del mortero termoaislante

5.2.3.5 Poliuretano conformado (PUR) (IDAE, 2012) (4)

Los requisitos mínimos de espuma rígida de poliuretano conformado deben cumplir con las especificaciones de la norma UNE-EN 13165 y deben poseer el marcado CE correspondiente con dicha norma. Los requisitos mínimos y los valores recomendados para los paneles de PUR conforme a la UNE-EN 13165 y ETAG 004 se muestran en la siguiente tabla (4):

Tabla 11. Características principales de la espuma rígida de poliuretano (PUR) para SATE

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Recomendación
Reacción al fuego	EN 13501-1	Euroclase	Euroclase del aislante y kit A1 a F	Euroclase E a C-s2, d0
Conductividad térmica y resistencia térmica declarada	EN12667 EN12939	$W/(m \cdot K)$ $[m^2 \cdot K]/W$	$\lambda_D < 0,060$ $W/(m \cdot K)$ $R_{D0} \geq 1 m^2 \cdot K/W$	$\lambda_0 = 0,028$ para espesor < 80 mm $\lambda_0 = 0,026$ para espesor ≥ 80 mm
Espesor	EN 823	mm	-	$\pm 3mm/m$
Longitud	EN 822	mm	-	$\pm 2mm/m$
Anchura	EN 822	mm	-	$\pm 2mm/m$
Rectangularidad	EN 824	mm	-	$\pm 5mm/m$
Planeidad	EN 825	mm	-	$\pm 5mm/m$
Estabilidad dimensional a temperatura específica	EN1604	%	-	DS (70,-) $\pm 2\%$
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN1607	kPa	-	Según fijación: -adhesivo TR80 -perfilería TR80 -anclaje TR 50

(Continuación)

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Recomendación
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN1607	kPa	-	Según fijación: -adhesivo TR80 -perfilería TR80 -anclaje TR 50
Determinación del comportamiento cortante	EN12090	kPa	-	>30 kPa
Módulo cortante	EN12090	kPa	-	>350 kPa
Resistencia a la compresión al 10%	EN 826	kPa	-	CS(1Q/Y)100
Absorción de agua a largo plazo	EN 12087 Método 1	kg/m ²	-	WL(P)≤3 kg/m ²
Permeabilidad al vapor de agua	EN 12087 medido y EN ISO10456 tabulado	MU		Valor declarado

Tabla 11. Características principales de la espuma rígida de poliuretano (PUR) para SATE

El poliuretano rígido es el material aislante térmico más eficiente y duradero. Su baja conductividad térmica conferida por la estructura celular cerrada y su innovadora tecnología de fabricación lo han puesto a la cabeza de los productos que colaboran en el ahorro de energía a través del aislamiento térmico.

Aplicaciones (fachadasate) (5)

Es ideal en aquellas fachadas de obra nueva o a rehabilitar en las que sea necesario una actuación de mejora energética y una renovación estética, a la vez que se quiera mejorar las propiedades acústicas del cerramiento.

Ventajas y características técnicas principales del sistema (fachadasate) (5)

Es el material aislante por excelencia y sin duda es el producto más utilizado en el aislamiento de edificios industriales y residenciales por su eficiencia energética. Las prestaciones que aportan las planchas de poliuretano en las soluciones constructivas se resumen en los siguientes conceptos:

- Máxima resistencia térmica.
- Resistencia mecánica.
- Estabilidad dimensional.
- Variedad de acabados.
- Apto para nueva construcción y rehabilitación.
- Espesores mínimos que proporcionan el máximo aislamiento.
- Facilidad de manipulación y puesta en obra.
- Aislamiento térmico estable que perdura en el tiempo.

5.2.3.6 Poliestireno extruido (XPS) (IDAE, 2012) (4)



Imagen 25. Planchas de poliestireno extruido (XPS)

Las planchas de XPS utilizadas como aislamiento térmico en SATE deben cumplir con las especificaciones de la norma UNE-EN 13164 y deben poseer el marcado CE correspondiente con dicha norma.

La superficie de las planchas de XPS será plana o ranurada para que proporcione la suficiente resistencia de adhesión entre el sustrato y la base de recubrimiento.

No deben usarse planchas con pieles de extrusión. La utilización de este tipo de producto es recomendada en los

zócalos de los edificios.

Los requisitos mínimos y los valores recomendados para los paneles de XPS conforme a la UNE-EN 13164 y ETAG 004 se muestran en la siguiente tabla:

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Recomendación
Reacción al fuego	EN 13501-1	Euroclase	Euroclase del aislante y kit A1 a F	Euroclase E
Conductividad térmica y resistencia térmica declarada	EN12667 EN12939	W/(m.K) (m ² .K)/W	$\lambda_D < 0,060$ $R_{D,e} \geq 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	-
Espesor	EN 823	mm	-	T2
Longitud	EN 822	mm	-	± 3 mm
Anchura	EN 822	mm	-	± 3 mm
Rectangularidad	EN 824	mm	-	± 5 mm
Planeidad	EN 825	mm	-	± 5 mm
Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura	EN1604	%	-	DS (70,-) ± 2% DS(23,90) ≤ 2%
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN1607	kPa	-	Según fijación: -adhesivo TR100 -perfiles TR100 -anclaje TR100
Determinación del comportamiento cortante	EN12090	kPa	-	SS100
Módulo cortante	EN12090	MPa	-	GM 3000
Resistencia a la compresión al 10%	EN 826	kPa	-	CS(10/Y)200
Absorción de agua a largo plazo	EN 12087 Método2	kg/m ²	-	WL(T) 1,5 ≤ 1,5 kg/m ²
Permeabilidad al vapor de agua	EN 12087 medido y EN ISO10456 tabulado	MU	-	Valor declarado

Tabla 12. Características principales de la espuma de poliestireno extruido (XPS) para SATE

Nota: el acondicionamiento de las probetas se realizará pasados los 45 días de fabricación.

Ventajas y características principales del sistema (fachadasate)(5)

Las principales ventajas de este sistema son:

- Con superficie rugosa para favorecer el agarre.
- Espesores mínimos que proporcionan el máximo aislamiento.
- Planimetría máxima.
- Estabilidad dimensional.

Características técnicas del XPS:

1. Baja absorción de agua
2. Buena resistencia a compresión
3. Óptimas prestaciones aislantes. Excelente conductividad térmica: $\lambda = 0,032-0,036 \text{ W/mK}$.
4. Resistencia a la difusión del vapor de agua: $\mu = 80-100$

5.2.3.7 Corcho expandido (ICB) (IDAE, 2012) (4)

Las planchas de corcho expandido utilizadas como aislamiento térmico en SATE deben cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN 13170 y deben poseer el marcado CE correspondiente con dicha norma.

Los requisitos mínimos y los valores recomendados para los paneles de corcho expandido conforme a la UNE-EN 13170 y ETAG 004 se muestran en la siguiente tabla:



Imagen 26. Corcho expandido (ICB)

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Recomendación
Reacción al fuego	EN 13501-1	Euroclase	Euroclase del aislante y kit A1 a F	Euroclase E
Conductividad térmica y resistencia térmica declarada	EN12667 EN12939	W/(m.K) $(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$	$\lambda_D < 0,060$ $R_D > 1 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	0.040
Espesor	EN 823	mm	-	T2 espesor ≤ 50 mm T1 espesor > 50 mm
Longitud	EN 822	mm	-	L2
Anchura	EN 822	mm	-	W2
Rectangularidad	EN 824	mm	-	≤ 4 mm/m
Planeidad	EN 825	mm	-	± 2 mm
Estabilidad dimensional bajo condiciones específicas de temperatura y humedad	EN1604	%	-	DS
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN1607	kPa	-	
Determinación del comportamiento cortante	EN12090	kPa	-	> 30 kPa
Módulo cortante	EN12090	kPa	-	> 350 kPa

Tabla 13. Características principales de corcho expandido (ICB) para SATE

Ventajas y características principales del sistema (fachadasate) (5)

La estructura alveolar del corcho, así como su baja conductividad hacen de este material su valor, principalmente como aislante térmico y acústico.

Esta estructura le proporciona una gran elasticidad, por lo que resiste altas presiones de carga absorbiendo as ondas de otros elementos constructivos contiguos.

Además de estas características térmico-acústicas, permite la transpiración, con lo que es permeable al vapor de agua sin pérdida de su efectividad aislante. Se puede considerar como un protector de la formación de condensaciones, manchas de humedad e incluso fuego, al ser ignífugo.

5.2.3.8 Vidrio celular (CG) (IDAE, 2012) (4)

Las planchas de vidrio celular utilizadas como aislamiento térmico en SATE deben cumplir con las especificaciones de la norma UNE-EN 13167 y deben poseer el marcado CE correspondiente con dicha norma.

Los requisitos mínimos y los valores recomendados para los paneles de vidrio celular conforme con la UNE-EN 13167 y ETAG 004 se muestran en la siguiente tabla:



Imagen 27. Vidrio celular (CG)

Descripción	Norma	Unidades	Guía DITE 004	Recomendación
Reacción al fuego	EN 13501-1	Euroclase	Euroclase del aislante y kit A1 a F	A1
Conductividad térmica y resistencia térmica declarada	EN12667 EN 12939	W/(m.K) (m².K)/W	$\lambda < 0,065$ W/(m.K)	$\lambda_D < 0,060$ W/(m.K) $R_D \geq 1$ m².K/W
Espesor	EN 823	mm	-	± 2 mm
Rectangularidad	EN 824	mm	-	± 2 mm/m
Planeidad	EN 825	mm	-	± 2 mm/m
Longitud	EN 822	%	-	± 2 mm/m (sin re-vestimiento) ± 5 mm/m con re-vestimiento
Anchura	EN 822	%	-	± 2 mm
Estabilidad dimensional a una temperatura específica	EN1604	%	-	DS (T+) $\pm 0,5\%$ (longitud y anchura) $\pm 0,1\%$ (espesor)
Resistencia a la tracción perpendicular a las caras	EN1607	kPa	-	Según fijación: -adhesivo TR150 -perfilería TR100 -anclaje TR 100
Determinación del comportamiento cortante	EN 12090	kPa	-	≥ 80 kPa
Módulo cortante	EN12090	MPa	-	≥ 1 MPa
Resistencia a la compresión al 10%	EN 826	kPa	-	≥ 400 kPa CS(Y) 400
Absorción de agua a corto plazo	EN 1609	kg/m²	-	$\leq 0,5$ kg/m² WS
Absorción de agua a largo plazo	EN 12087 método 1	kg/m²	-	WL(P)

Tabla 14. Características principales de vidrio celular (CG) para SATE.
40

5.2.3.9 Otros aislantes térmicos (fachadasate) (5)

a) **Tableros de fibra de madera:** ecológico y económico, totalmente reciclable y compostable. Su estructura porosa de sus fibras favorece la difusión del vapor, los tableros “respiran”, evitando el efecto de pared fría y regulando la humedad; dando como resultado un agradable clima interior.

Gracias a su estructura de poros abiertos son capaces de absorber las ondas sonoras. Del mismo modo, también mejora considerablemente la amortiguación del ruido de impacto.

b) **Celulosa a granel:** material orgánico. Fabricado con copos de papel, que es su estructura son parecidos a los de nieve, y sales bóricas para protegerlos de los roedores, parásitos y fuego. Es regulador de la humedad, absorbiéndola y expeliéndola cuando el cuerpo humano lo requiere.

c) **Paneles de celulosa:** se ajusta sin juntas ni fisuras en los tramos a aislar absorbiendo diferencias en la geometría y proporcionando un buen acabado gracias a su gran elasticidad. Se evitan así puentes térmicos y acústicos.

Características principales:

- Baja conductividad térmica $\lambda = 0,039 \text{ W/mk}$
- Muy buen aislamiento acústico por su gran densidad de 70 kg/m^3 y su composición compacta.
- Aplicación sencilla y casi sin sobrantes, recortes pueden reutilizarse.
- Montable a presión hasta 1100mm (sin más sujeción).
- Gran resistencia al moho.
- Reciclable.
- Fácil de manejar con el cuchillo o con sierra de sable o cinta eléctrica.
- Pocos cortes por su variedad en medidas para modulaciones estándar.

5.2.4 Puesta en obra de los SATE sin fachada ventilada

5.2.4.1 Acciones previas: preparación del soporte

Estudio previo (Blatem SATE) (16)

Antes de comenzar con la instalación es importante seguir unas recomendaciones previas para su correcta puesta en obra, ya que esto puede resultar decisivo en la funcionalidad y durabilidad del sistema:

1. La puesta en obra debe realizarse con una temperatura ambiente y del soporte comprendida entre $+5^\circ\text{C}$ y $+30^\circ\text{C}$.
2. Comprobar la existencia de elementos sobre la fachada (juntas de dilatación, bajantes, farolas, toldos, aire acondicionado, barandillas, ventilaciones, cableados, instalaciones,...)

Estudio y preparación del soporte (weber. therm) (1)

El cerramiento base de fachada debe tener capacidad portante suficiente para resistir las cargas combinadas de la entidad del elemento, el peso aportado por el SAT y las cargas de viento transmitidas a través del mismo. Es necesario verificar la planeidad, porosidad y dureza del elemento base.

En obra nueva los soportes deberán presentar una superficie plana (fábrica cerámica, hormigón o mortero enfoscado) sin irregularidades significativas o desniveles superiores a 1cm bajo una regla de 2m, con la resistencia adecuada para soportar el revestimiento y que haya

transcurrido el tiempo de curado necesario desde el final de su ejecución para que reúna las condiciones de estabilidad adecuadas (por ejemplo, 1 mes en el caso de soportes de material cerámico y 2 meses en el caso de bloques de hormigón o arcilla aligerados).

En el caso de tener un mortero de enfoscado u hormigón, comprobar la limpieza y consistencia de la superficie. Los soportes deberán ser normalmente absorbentes, consistentes y exentos de polvo o desencofrantes.



Imagen 28 y 29. Preparación del soporte

En obras de rehabilitación los soportes deberán ser comprobados desde el punto de vista de su consistencia, envejecimiento y fisuración, debiendo ser retiradas las zonas que no tengan buenas condiciones y reparándolas posteriormente. También deberán ser eliminados todos los restos de suciedad y de contaminación existentes en la superficie, como puedan ser acumulaciones de suciedad o proliferaciones de microorganismos (hongos o moho), mediante la aplicación de un agente desinfectante (por ejemplo, lejía) y el lavado posterior con agua limpia a presión (que será necesaria para garantizar la eliminación de los restos de suciedad y agente de limpieza).

Los soportes de hormigón deteriorados deberán ser reparados con un mortero de reparación estructural incluyendo el tratamiento de las armaduras en caso necesario con la imprimación de antióxido. Reparar las zonas fisuradas, siempre que las fisuras tengan una apertura superior a 0,5mm.

Estos trabajos de adecuación del soporte deben realizarse de manera concienzuda, ya que el éxito de la intervención vendrá directamente condicionado con esta acción. El soporte debe estar húmedo pero no saturado.

5.2.4.2 Arranque del sistema desde el suelo (weber.therm) (1)

El sistema se puede arrancar por encima del nivel del suelo bien dar continuidad al sistema de aislamiento térmico de las paredes enterradas, manteniendo el espesor de las placas aislantes o bien continuando con un espesor superior.

Arranque por encima del nivel del suelo

El SATE deberá ser limitado en todo su contorno inferior por un perfil de aluminio con un arranque de espesor adecuado a las placas aislantes. Este perfil cumple una doble función:

- Sirve de nivel de referencia para el inicio del montaje del sistema (garantizando su horizontalidad y el apoyo de la primera hilera de placas).
- Protección inferior del sistema contra la penetración de humedad y de agentes externos.

El perfil de arranque deberá posicionarse por lo menos 15-20 cm por encima del suelo, para que el sistema de aislamiento no entre en contacto directo con el suelo. El perfil deberá ser colocado en posición horizontal, utilizando para su fijación tornillos de zinc y tacos adecuados al soporte, con una distancia de fijación entre ellos inferior a 30 cm y colocando una fijación a

menos de 5cm en los extremos. En las uniones entre perfiles deberá existir un espacio de 2-3 mm para permitir su dilatación.



Imagen 30 y 31. Perfil del arranque del sistema por encima del suelo. Los encuentros en las esquinas se resuelven realizando un corte en inglete al perfil y situando un conector en la unión para la correcta formación de la esquina.

La zona donde se colocará el perfil de arranque se debe encontrar perfectamente regularizada para que éste asiente perfectamente contra el soporte, se puede utilizar un mortero regularizador e impermeabilizante. Además se debe impermeabilizar el soporte con un mortero impermeabilizante 10 cm por encima del nivel donde se colocará el perfil y hasta la zona de contacto con el suelo previamente a la colocación del perfil, evitando así la penetración de humedad en el sistema a través del soporte debido a la ascensión capilar hasta las placas aislantes.

Continuidad del sistema de aislamiento de pared enterrada

La placa de aislante del SATE puede ser apoyada en la placa de aislante del sistema de aislamiento enterrado si tiene la misma medida, a partir de una cota por lo menos de 20 cm por encima del nivel del suelo; si el espesor de la placa aislante fuese superior al de la placa de la zona enterrada, se deberá colocar un perfil de arranque creando una junta de separación de al menos 5 mm con la placa del sistema enterrado, sellando con material elástico e impermeable.

Una vez impermeabilizado el soporte y revestidas las placas con mortero de adhesión y de regularización (en su caso) reforzado con malla, se deberá impermeabilizar la zona enterrada de la pared del SATE aplicando un mortero impermeabilizante o mortero bituminoso desde unos 15-20 cm por debajo del arranque de las placas y hasta unos 15-20 cm por encima del nivel del suelo.

5.2.4.3 Montaje de las placas aislantes (weber.therm)(1)

Las placas aislantes deberán ser montadas de abajo arriba, apoyando cada hilera de placas sobre la anterior, excepto la primera que apoya sobre el perfil de arranque.

Las placas aislantes serán adheridas al soporte con uno de los siguientes adhesivos, dependiendo del tipo de aislante, aplicado en el reverso de las placas.

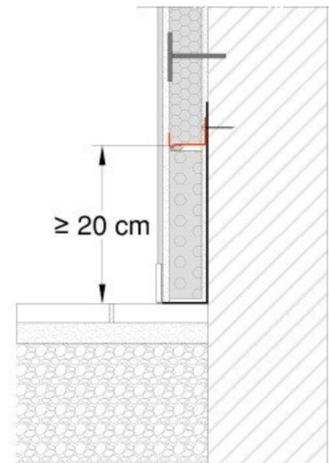


Imagen 32. Detalle arranque por encima del nivel del suelo

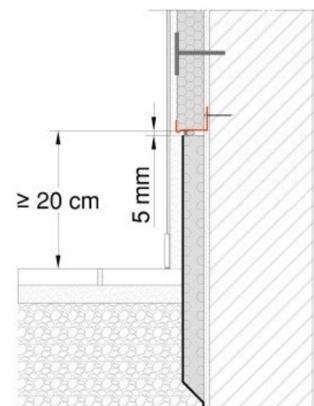


Imagen 33. Detalle de continuidad del sistema de aislamiento de pared enterrada

Adhesivos (IDAE, 2012) (4)

La función del adhesivo para el SATE es triple:

- Soporta o agarra el material aislante sobre el paramento del edificio.
- Restringe los movimientos de dilatación, contracción, alabeos, tracción y compresión del aislamiento.
- Regula o ajusta la planicidad del paramento.

La capacidad de adherencia sobre el panel aislante se debe determinar conforme a la norma UNE-EN 13494 según se indica en la Guía ETAG 004. Como recomendación general, el valor mínimo exigido de resistencia a la tracción que deben cumplir los adhesivos debe ser mayor o igual al valor de punto de rotura a la tracción del aislamiento que se esté aplicando. Como ejemplo, para el EPS debe ser mayor de 80kPa y para la MW de 60kPa. Se debe seguir el mismo criterio para la capacidad de adherencia con el paramento y medido bajo la norma UNE-EN 1542.

Según la naturaleza del material base, los adhesivos se pueden clasificar en tres grupos:

- Morteros minerales:** adhesivo base cemento usado para soportes minerales tales como ladrillo, hormigón, etc. y de aplicación general para cualquier tipo de aislamiento (según indicaciones específicas).
- Morteros orgánicos:** adhesivo de enlace de dispersión usado especialmente sobre paramentos de madera o paneles de soporte con fibras de madera. Sólo se puede utilizar con aislamiento de EPS.
- Poliuretano de expansión controlada:** adhesivo de poliuretano de baja expansión de aplicación universal para soportes. Sólo se puede utilizar con aislamiento EPS.

Existen dos formas básicas de pegar el adhesivo:

- **Fijación de borde y punto:** se utiliza sobre soportes con irregularidades de hasta 1cm. La cantidad de adhesivo a aplicar debe elegirse de manera que, teniendo en cuenta las tolerancias del sustrato y el espesor de capa del adhesivo (entre 1 y 3 cm) se obtenga una superficie de contacto con el sustrato de mínimo el 40%. Para ello, se procede a colocar el mortero adhesivo con una anchura de 5cm en todo el borde de la placa y en el centro del panel se aplican tres “pegotes” de mortero adhesivo.

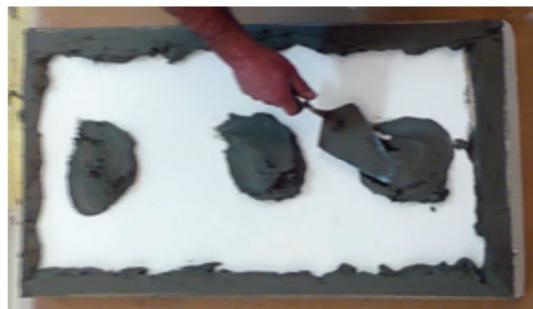
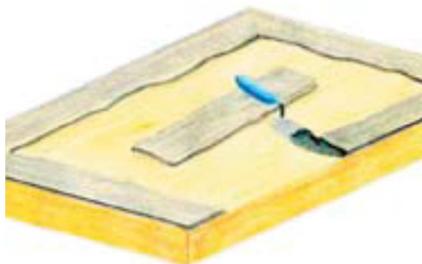


Imagen 34 y 35. Pegado de borde-punto en una plancha de MW (izda) y en una plancha de EPS (dcha)

- **Fijación de toda la superficie:** en rehabilitación, este tipo de fijación sólo es recomendable en caso de soportes nivelados y que presentan una planimetría perfecta. Esta fijación se realiza aplicando el mortero con máquinas sobre el soporte o

a mano sobre los paneles aislantes, mediante la utilización de una llana dentada de acero inoxidable (de dientes de 9-10 mm). Con este método sólo pueden compensarse irregularidades mínimas del soporte.

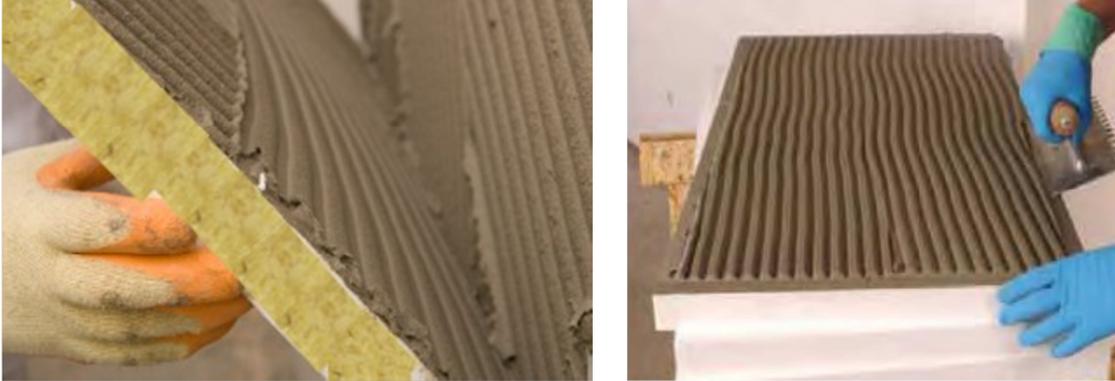


Imagen 36 y 37. Pegado de toda la superficie en una plancha de MW (izda) y en una plancha de EPS (dcha)

Las placas deben ser colocadas en posición horizontal en filas sucesivas, de abajo a arriba, a rompe-juntas en relación con la hilera anterior, excepto la primera que apoya sobre el perfil de arranque. Del mismo modo en las esquinas, los extremos de las placas deberán ser alternados, para mejorar el tratamiento del sistema. (weber.therm) (1)

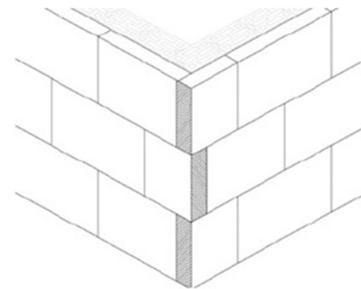
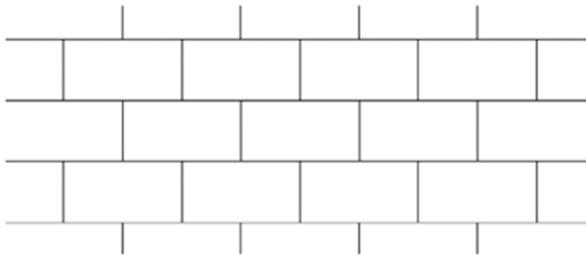


Imagen 38 y 39. Colocación de las placas aislantes en hilera (dcha), remate en esquina (izda)

Las placas serán colocadas inmediatamente después de la aplicación del adhesivo, y se colocarán en su posición final, presionando contra el soporte con la ayuda de una llana con el objetivo que el mortero de adhesión se extienda, y la superficie de contacto sea el 100%. Ajustando los bordes y planimetrá a las placas adyacentes de modo que no haya holguras entre placas y eliminando los restos de material existentes en los bordes.

La verticalidad y la planimetría de cada placa deberán ser permanentemente comprobadas, mediante el uso de una regla de 2 m y el nivel correspondiente. La planimetría de la placa colocada se debe ajustar a las de las placas contiguas dejando una superficie plana.

Las placas en las esquinas de huecos deberán estar colocadas de tal manera que se evite el alineamiento de los bordes de la placa con el plano horizontal o vertical del hueco, realizando los cantos mediante la colocación de una placa cortada en forma de "L" envolviendo todo el canto. Este detalle contribuirá a disminuir la tendencia a la

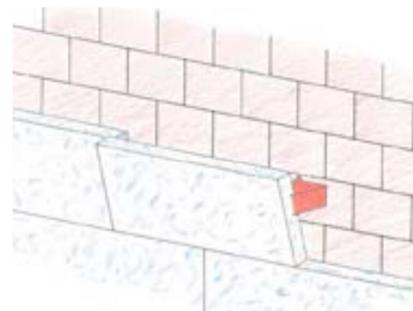


Imagen 40. Detalle de la instalación de las planchas de aislamiento en la fachada de un edificio.

formación de fisuras en este punto singular.(1)

Las capas de regularización no deben ser utilizadas para resolver defectos graves de planimetría, ya que puede originar la aparición de otras patologías (ondulaciones, fisuras, etc.).

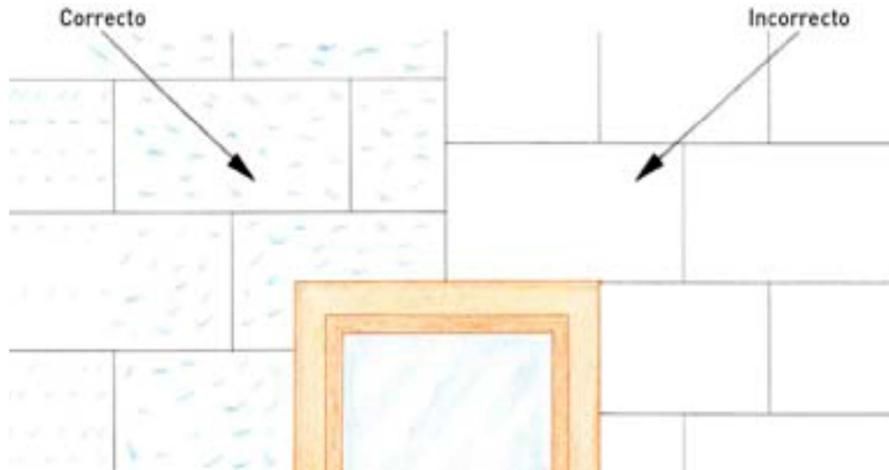


Imagen 41. Instalación de los paneles de aislamiento en las esquinas de los huecos.

Adhesivo y fijación con espigas de platillo o espirales

Consideraciones particulares:

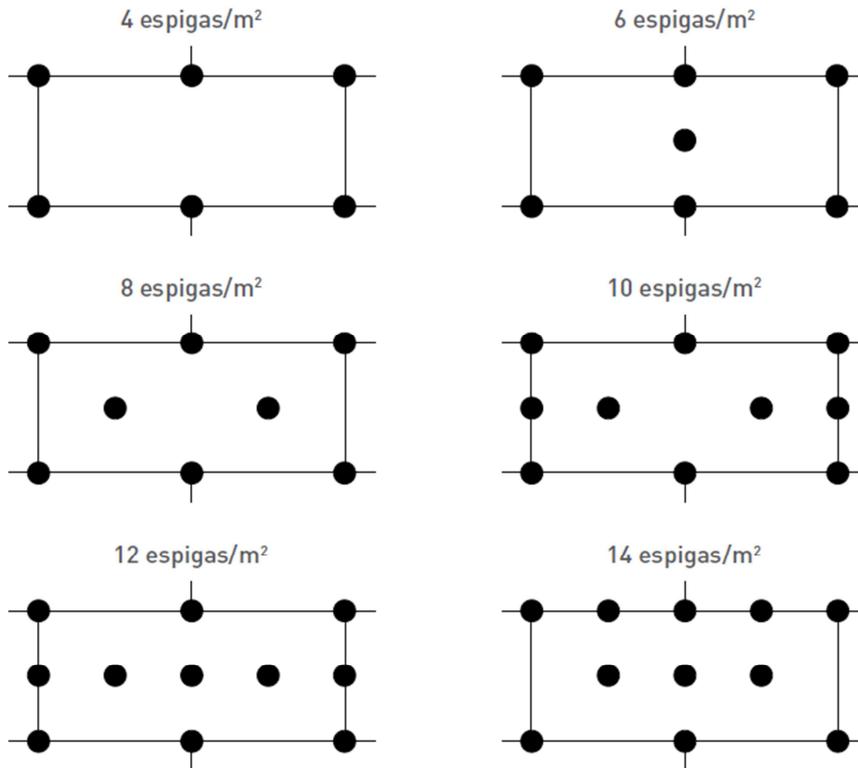
- La selección del tipo de fijación y la cantidad de la misma debe efectuarse siguiendo los resultados de un cálculo estático específico para la ubicación del proyecto que considere las fuerzas de viento que constituyen la carga significativa (DB SE-AE apartado 3.3). En las esquinas de los edificios se forman cargas de viento mayores.
- Cerciorarse de que se forme una distribución homogénea de fijación con espigas.
- En el caso de no existir un cálculo estático que justifique el número de espigas por m², utilizar los datos recogidos en la tabla 14.

Valor básico de la velocidad del viento (km/h)	Entorno del edificio								
	I (libre de construcción)			II (protegido)			III (con un número elevado de construcciones)		
	Altura de la edificación								
	<10 m	10 a 25 m	25 a 50 m	<10 m	10 a 25 m	25 a 50 m	<10 m	10 a 25 m	25 a 50 m
< 85	6	6	6	6	6	6	6	6	6
85 a 115	8	10	12	8	8	10	6	8	10
115 a 135	10	12	12	10	12	12	8	10	12

Tabla 15. Número de espigas por m² con 0,20 kN de carga de servicio en los bordes.

En la imagen 48 se muestra la distribución de espigas por metro cuadrado. El hecho de utilizar los paneles de $0,5 \text{ m}^2$ ($1000 \times 500 \text{ mm}$) es sólo una referencia visual y no implica que para

Imagen 42. Esquema de la colocación de espigas por unidad de superficie.

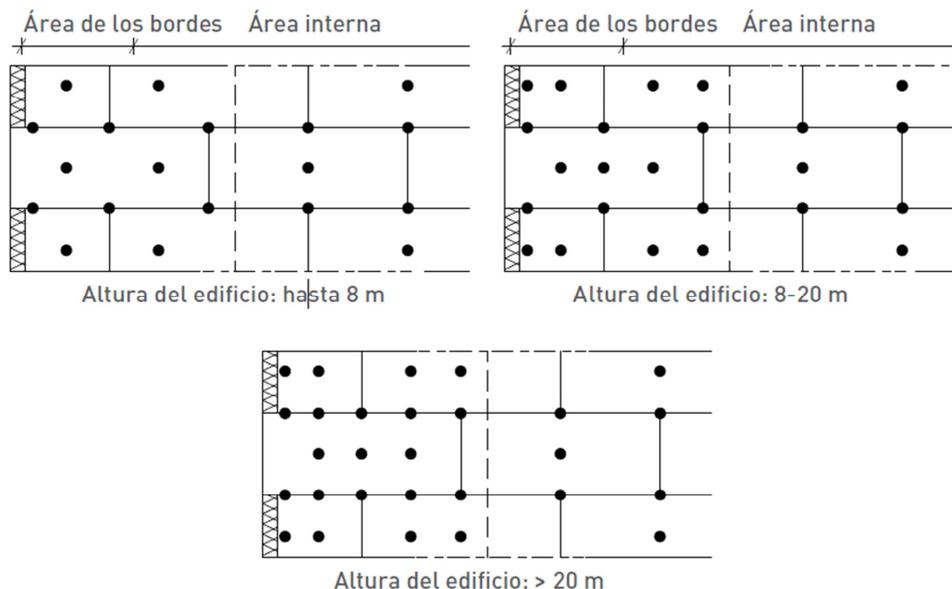


paneles cortados en obra tenga que usarse la misma distribución.

Pegado y Fijación con espigas (weber.therm)(1)

Si la capacidad de sustentación no es suficiente hay que emplear espigas adecuadas en función del estado de la fachada; deben anclarse en materiales macizos de la pared con la profundidad necesaria, teniendo en cuenta que los azulejos y el revoque antiguo no se consideran un soporte de anclaje adecuado. La longitud y el diámetro de las espigas dependen de los muros correspondientes o bien del material aislante. El número de espigas depende de la altura o la situación (superficie, borde). Su colocación se realiza una vez instalado el aislamiento y antes de la armadura, y su distribución debe ser regular.

Imagen 43. Esquema de colocación de espigas en las aristas del edificio.



Las espigas deberán estar adecuadas al tipo de soporte y del espesor del material aislante. En caso de utilizar las espigas de diámetro circular 60 mm estas serán colocadas a unos 150 mm del borde de la placa.

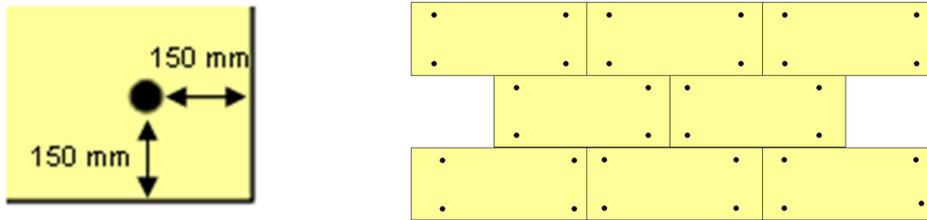


Imagen 44. Esquema de colocación de espigas en las aristas de la placa

Si se opta por la colocación tradicional en los cantos de la placa será necesario colocar una arandela extra que incremente la superficie de la cabeza circular asegurando así un buen anclaje de las placas.



Imagen 45. Arandela circular

La cabeza circular de las espigas deberá ser presionada de modo que quede enrasada con la superficie de la placa aislante, para no tener salientes en el plano de la placa. Las pequeñas cavidades resultantes de las hendiduras deberán ser posteriormente rellenadas con mortero de regularización, en una operación previa al revestimiento de las placas.

Una vez instalados los tacos de anclaje es recomendable regularizar la superficie con una fina capa de mortero adhesivo.

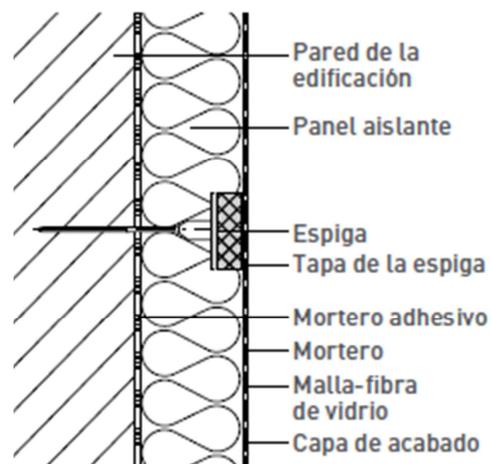


Imagen 46. Fotografía de la instalación de espigas en un edificio. **Imagen 47.** Sección constructiva de la instalación de una espiga.

Consideraciones generales: recomendaciones (IDAE)(4)

- Todos los elementos salientes de la fachada deben ser colocados antes que el aislamiento (vierteaguas, coronaciones y otros) para asegurar el correcto tratamiento impermeable de la junta. De no ser así, requerirá un tratamiento posterior consistente en realizar un llagueado entre el precerco y el aislamiento e introducir un material aislante y sellante (DB HS 1 apartado 2.3.3.6 parte 2).
- Comprobar que las planchas de aislamiento se han fijado correctamente al muro soporte; bien con adhesivo o con fijación mecánica y adhesivo siguiendo las recomendaciones de la norma UNE-EN 13499 y 13500 o Guía ETAG 004, en su caso.

- Se recomienda comprobar que las juntas entre planchas de aislamiento encajan a tope unas con otras y no se han colmatado de adhesivo.
- Se recomienda rellenar los espacios abiertos entre paneles con tiras del mismo material aislante.
- Ejecutar la colocación del aislamiento de abajo a arriba con juntas verticales, siempre discontinuas.
- En las aristas de los edificios se recomienda colocar paneles enteros o medios paneles.
- No debe acabar una plancha en la continuación de cantos de las esquinas.
- Las tuberías serán marcadas para el anclaje posterior y evitar que sean perforadas por el taladro al colocar las espigas u otro tipo de fijación.

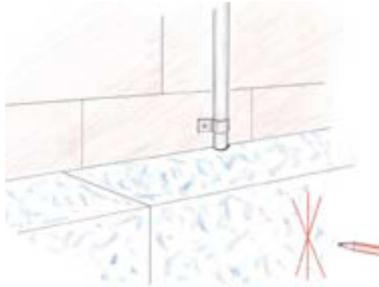


Imagen 48. Detalle de la instalación de las planchas de aislamiento en la fachada cuando existen conducciones externas.

- Las espigas se colocarán una vez instalados los paneles de aislamiento.
- Después de fraguar el adhesivo, si es necesario, se deben fijar y limpiar los paneles de aislamiento (excepto en paneles de lana mineral que podrían deteriorarse).

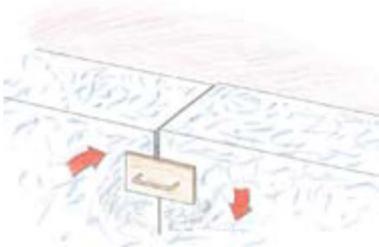


Imagen 49. Lijado de las planchas de aislamiento.

5.2.4.4 Fijación mecánica de las placas aislantes (IDAE)(4)

En algunos soportes además de la fijación mediante adhesivo será necesario fijar las superficies y bordes con espigas adecuadas:

- Aquellos donde la capacidad de sustentación sea insuficiente (<80 kPa).
- Cuando el peso por unidad de superficie del sistema supere los 30kg/m².
- Cuando sea requerido según la carga de viento.
- Cuando la altura del edificio sea superior a 18 metros.
- Cuando el panel de aislamiento sea de lana mineral (MW), fibra de madera, corcho o poliuretano conformado.

Existen diferentes posibilidades, la elección debe ser recomendada por el fabricante del sistema.

Fijación mecánica mediante perfiles (IDAE, 2012)(4)

La fijación mediante perfiles sólo puede realizarse con planchas de poliestireno expandido (EPS). El montaje de las planchas junto con perfiles soluciona posibles problemas de sujeción a superficies problemáticas, así como la corrección de desplomes. Si el soporte no es adecuado para el adhesivo o el sustrato presenta irregularidades superiores a 3 cm, se debe emplear

sistema de fijación por perfiles. Este sistema está especialmente indicado cuando la retirada del revoque antiguo resulta demasiado costosa.

Para un correcto montaje de un SATE con fijación mecánica mediante perfiles deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- a. En las planchas de aislamiento, colocar un punto de mortero cola en el centro de la parte posterior de la plancha. Con el mortero adhesivo se debe alcanzar como mínimo el 20% de contacto con la superficie.
- b. En la parte del perfil del zócalo inferior se debe colocar mortero cola detrás de la primera fila de planchas, para que estas estén bien presionadas a la parte delantera de los perfiles especiales de arranque.
- c. Unir primero las planchas por los lados con los conectores de planchas y posteriormente empujar los perfiles de sujeción hasta introducirlos dentro de la plancha.
- d. Fijar las guías con tacos homologados dejando una distancia de 30 cm. La gama de tacos a utilizar dependerá del soporte en concreto y del sistema de trabajo empleado.
- e. Ajustar con distanciadores los desniveles que pueda presentar la superficie (máximo 3cm).
- f. Las planchas deben ajustarse fila por fila. Es importante evitar coincidencia de juntas verticales en la colocación.
- g. Dependiendo de la altura de la obra y de la superficie donde se van a colocar los tacos, se deben fijar las planchas adicionalmente con el taco de disco.
- h. Para encajar las placas en sistemas machihembrados, en las placas normales se deben hacer primero las ranuras con un cepillo de carpintero.
- i. Cuando se intentan colocar las guías de forma horizontal bajo un vierteaguas de ventana o tejado y la situación de estos lo impide, entonces se colocará la guía de forma vertical. Se realizarán cortes en las planchas para introducir las guías.
- j. En la zona de alfeizar y zonas similares se pegan las placas de forma normal y si es necesario se colocan los tacos.

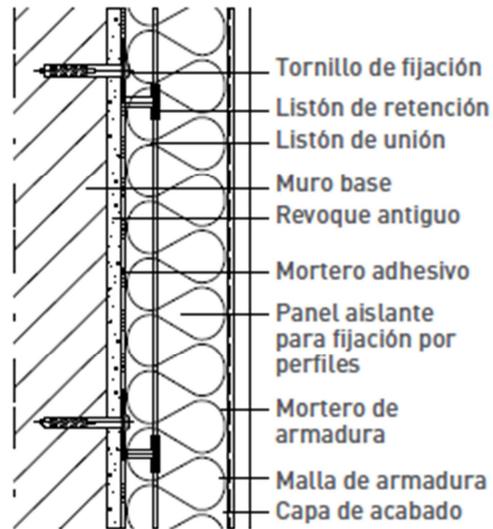


Imagen 50. Sección constructiva fijación mecánica mediante perfiles.

A continuación se muestran los pasos a seguir para la fijación por perfiles:

- 1º. Se fijan los perfiles en la superficie donde se colocará el aislamiento.
- 2º. Se fijan los paneles de aislamiento con ayuda del arranque del zócalo y los perfiles iniciales, los listones de retención y de unión y las espigas elegidas según el punto de vista de la construcción (colocar a una distancia de 30 cm), por último se fijan los paneles aislantes.
- 3º. Aislamiento: emplear paneles de tipo M con ranura y fresado posterior. De lo contrario, formar la ranura y el fresado posterior con ayuda de un cepillo acanalador.



Imagen 51. Fotografía de paneles de aislamiento con ranura.

- 4º. Pegado de paneles aislantes: fijar con puntos de adhesivo (20% de la superficie del panel) y, en función de la altura, colocar también espigas.



Imagen 52. Fotografía del pegado de los paneles aislantes.

- 5º. Listones de unión: para estabilizar los paneles, deben estar dotados de listones de unión verticales.



Imagen 53. Fotografía de la instalación de los listones de unión.

- 6º. Fresado posterior: el fresado posterior compensa el espesor del material de los listones. Los listones de unión contribuyen a estabilizar los paneles aislantes y forman una superficie plana.



Imagen 54. Fotografía que muestra el detalle de unión del perfil con el panel aislante.

- 7º. Fijación por espigas de los listones de retención: tras colocar una línea de paneles, fijar los listones de retención por presión en la ranura superior y sujetar con espigas; nivelar las irregularidades con arandelas y fijar los paneles aislantes con espigas en la zona marginal según el esquema de fijación por espigas.



Imagen 55. Fotografía de la instalación de un listón de retención.

8º. Realización de una ranura: después del corte deberá realizarse una ranura con el cepillo acanalador, para el listón de retención o de unión.

Fijaciones mixtas (IDAE, 2012)(4)

Este anclaje funciona de forma mecánica al instalarse mediante golpeo en el muro base a rehabilitar, antes de poner el aislamiento. Una vez anclado, se extiende una pella de mortero adhesivo sobre el anclaje que se pegará al aislamiento (sólo válido para planchas de poliestireno expandido). De esta forma la instalación de la plancha de aislamiento se confía no solo a la adherencia sobre la superficie antigua (revocos

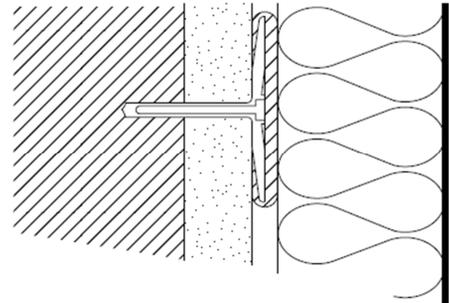


Imagen 56. Sección constructiva de la fijación mixta.

deteriorados, pinturas, superficies disgregadas, etc.), sino también, a la resistencia mecánica del anclaje que hace de puente de unión entre la plancha y el muro a rehabilitar.

Las particularidades del sistema mixto (mecánico sobre el muro y adherencia sobre el EPS) son:

1. Replanteo y taladro sobre el muro a rehabilitar. Está especialmente indicado cuando, debido al estado en que se encuentre el muro base, sea necesario conocer con exactitud los puntos del muro donde se pueda realizar el anclaje.
2. Se consigue una misma longitud de anclaje independientemente del espesor de EPS (menos acopio de longitudes).
3. Evita los puentes térmicos en fachada, al no interrumpirse la capa de aislamiento sobre la fachada debido a los anclajes.
4. Mejor la calidad del revoco final por posibles instalaciones defectuosas del anclaje a través de la placa.

Los pasos a seguir para la fijación del anclaje mixto son los siguientes:

1º. En primer lugar se replantea la fachada siguiendo el siguiente esquema.

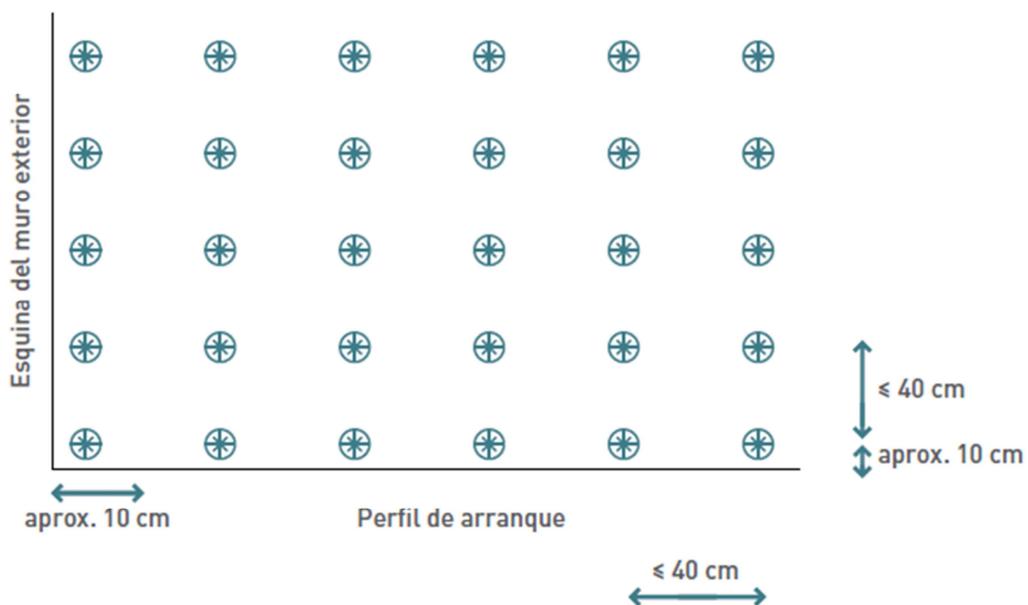


Imagen 57. Esquema de la fijación mixta.

- 2º. A continuación se fijan los anclajes a la fachada mediante golpeo y expansión del anclaje.
- 3º. Se aplica mortero adhesivo en toda la cabeza del anclaje y en el panel aislante (este último de manera que la superficie con adhesivo sea superior al 40%).
- 4º. Se adhieren los paneles aislantes en toda la superficie de fachada siempre sobre mortero fresco.

5.2.4.5 Refuerzo de aristas y puntos singulares

Una vez anclados los paneles aislantes es necesario proceder a la protección y refuerzo de los puntos más débiles del sistema de aislamiento térmico exterior, como son los huecos de la fachada, las esquinas y juntas con el objetivo de minimizar los puentes térmicos. (Blatem SATE.sateffic) (16)

Protección de esquinas (16) (17)(Anfapa ETICS)

Las esquinas deben estar protegidas con tiras de malla a 45° de unos 20 x 40 cm y perfiles metálicos que refuercen estos puntos críticos y permitan además obtener verticalidad y uniformidad en el acabado. Para su instalación aplicar una capa de mortero adhesivo de 10 cm de ancho a los dos lados de la esquina con un nivel de burbuja o un regle y seguidamente se tapa con otra mano de mortero.

En las aristas donde se desee romper la escorrentía del agua (dinteles de huecos) se debe utilizar un perfil de goterón, instalándose de igual forma que el perfil de esquina.

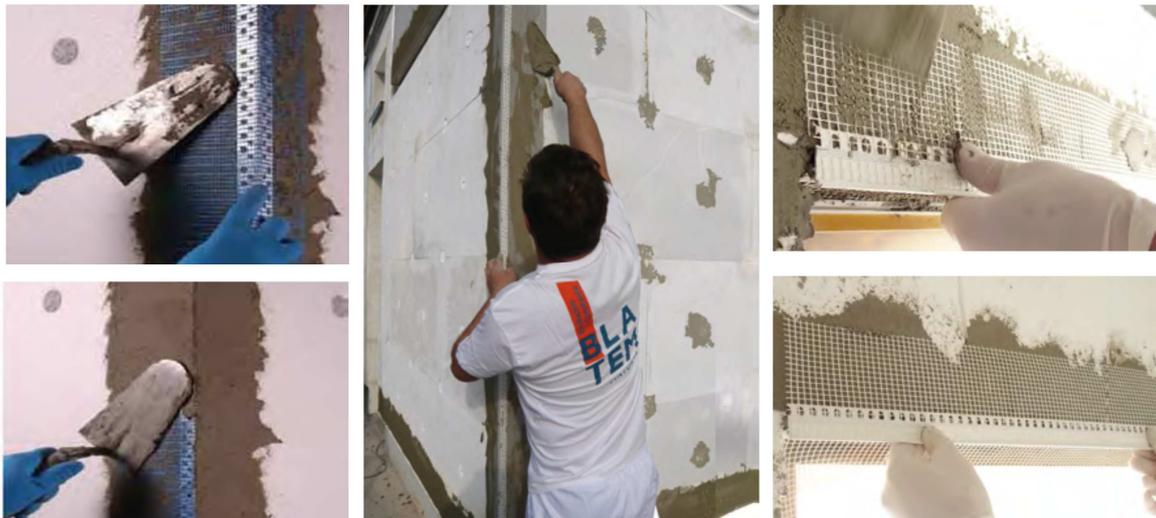


Imagen 58. Aplicación primero de capa de mortero sobre placas aislantes seguida de otra mano de mortero para tapar el perfil en esquina y malla. **Imagen 59.** Colocación perfil goterón en dintel de huecos.

Arranque del sistema (16)

Reforzar el arranque con un perfil y malla de fibra de vidrio. Este perfil además dota al sistema de un goterón de arranque.

Para su instalación, introducir el perfil por el extremo del perfil de arranque y deslizarlo hasta su posición correcta, después aplicar una capa de mortero adhesivo de más de 10 cm de ancho sobre el panel aislante y embeber la malla del perfil presionando con una llana o una paleta.



Imagen 60. Colocación perfil de arranque (izda) y posterior capa de mortero adhesivo (dcha).

Vierteaguas (16)

Los alféizares de las ventanas deberán contar con una pendiente hacia el exterior de 10° como mínimo, para asegurar la evacuación de agua, contar con un voladizo en el plano de unos 3 ó 4cm con remate goterón que sobresalga del plano de fachada, y la existencia en los extremos laterales de una ranura, pequeño canalón, etc., que impida al agua escurrir por el lateral, conduciendo el agua hacia la parte frontal. Igualmente, la entrega del vierteaguas con las jambas de la ventana debe ser también de al menos 2 cm. (1)(weber.therm)

Proteger la zona del alféizar de las ventanas de la fachada con un perfil especial para alféizar y malla de fibra de vidrio. Para su instalación aplicar una capa de mortero adhesivo de más de 10 cm de ancho en el único lado con malla del perfil y embeber la malla presionando con una llana o una paleta. El perfil, que puede ser de PVC, se apoya sobre el panel de aislamiento que forma el alféizar manteniendo la cinta de protección de la cinta expansible que lleva incorporado el perfil, hasta la colocación del vierteaguas, para el correcto sellado de la junta.

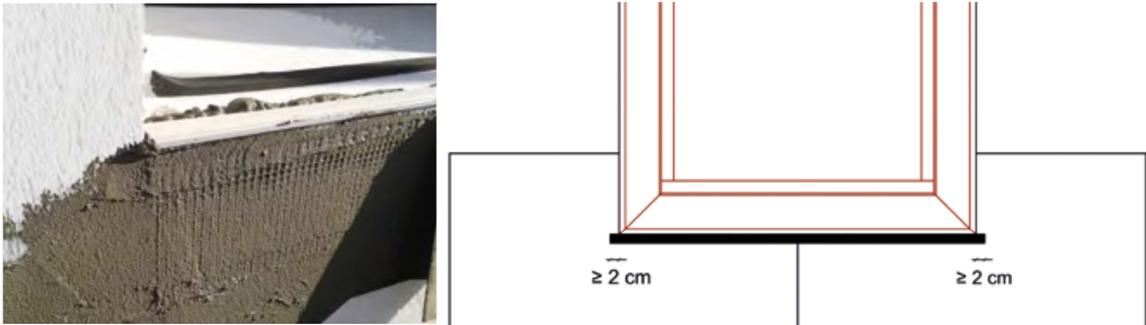


Imagen 61. Colocación perfil de vierteaguas (izda). Esquema entrega vierteaguas con las jambas (dcha).

Encuentro con los marcos de las ventanas (16)

La instalación de un perfil en el marco de la venta, en las obras de rehabilitación, sirve para la protección de la ventana durante la instalación del sistema, de guía para la realización del acabado y como refuerzo de las jambas de la ventana.

Para su correcta instalación, adherir sobre el marco de la ventana el perfil de forma que la malla que lleva incorporada queda embebida en el mortero adhesivo de la jamba de la ventana. Pegar un plástico para la protección de la ventana. Una vez seco el acabado quita a la vez el plástico de protección y la parte sobrante del perfil de PVC.



Imagen 62. Colocación perfil en el marco de la ventana.

Refuerzo de los huecos (16)

La zona de las esquinas de los huecos es donde mayores esfuerzos se concentran, por lo que para evitar la aparición de fisuras es necesario embeber unos rectángulos de malla de aproximadamente 30 x 20 cm a 45° de la esquina del hueco. En las esquinas interiores de los huecos (jambas y dinteles) también es necesario embeber estos refuerzos realizándolos con recortes de la misma malla y de 20 cm de longitud por cada lateral del hueco.

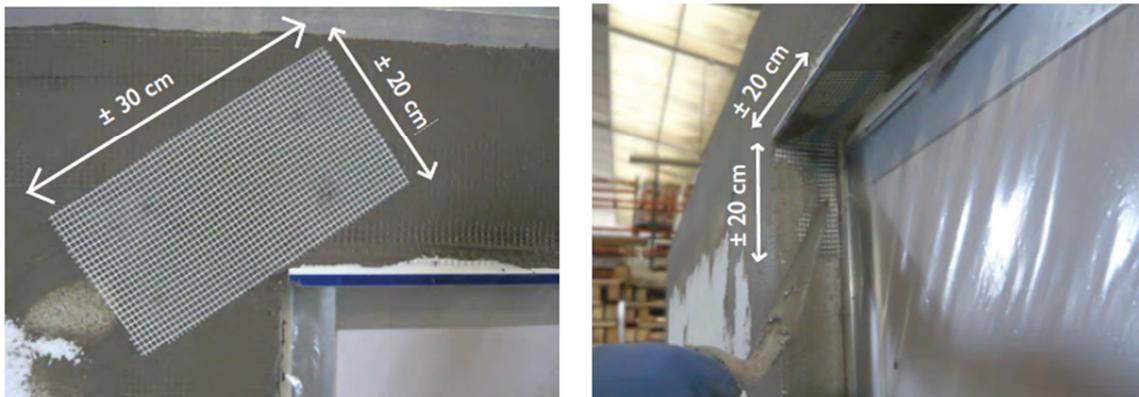


Imagen 63. Colocación malla en zonas de mayores esfuerzos de lo huecos (izda) y en las esquinas interiores de los huecos (dcha).

Junta de dilatación (16)

Las juntas de dilatación de la fachada o del edificio deberán ser respetadas, interrumpiendo el sistema y rematadas con un perfil de junta de dilatación y aplicar una capa de mortero adhesivo de más de 10 cm de ancho a ambos lados de la junta para embeber la malla del perfil presionado con una llana o paleta. (1) (weber.therm)

El espacio interior de la junta de dilatación puede ser rellenado en zonas accesibles con sellador elástico sobre cordón de fondo de junta de espuma de polietileno expandido.

Comprobar la nivelación de la junta con un nivel de burbuja y mantener la limpieza y verticalidad de la junta durante la aplicación del mortero adhesivo y de la capa de acabado.



Imagen 64. Junta de dilatación

5.2.4.6 Capa base de armadura (IDAE, 2012)(4)

La capa de armadura mejora las prestaciones mecánicas del SATE. La malla de armadura está compuesta de fibra de vidrio aprestada y debe poseer un tratamiento antiálcali, ya que al estar embebida en el mortero no debe perder sus propiedades. Además, contribuye a mejorar las características mecánicas de los morteros de refuerzo y a absorber las tensiones que puedan generarse entre las placas de aislamiento.

Los fabricantes de los SATE suministran dos tipos de mallas de armadura, una convencional cuyo uso se recomienda en las aplicaciones habituales y la malla con doble refuerzo o antivandálicas en los lugares donde existe riesgo de deterioro de la fachada debido al tránsito de vehículos o personas.

En la siguiente tabla se indican las características de las mallas de armadura:

Característica	Malla convencional	Malla con doble refuerzo
Masa por unidad de superficie	145 a 165 g/m ²	330 a 370 g/m ²
Peso del tejido en bruto	130 g/m ² ± 5%	320 g/m ²
Pérdida por calcinación	18 ± 2%	10 ± 2%
Abertura de la malla	4 x 4 mm, aprox.	6 x 6 mm, aprox.
Dimensión de la malla (medidas internas)	3-5 mm	4 x 3,8 mm
Espesor medio del tejido aprestado (UNE 9311-3)	0,45 ± 0,04	0,90 ± 0,09%
Nº de hilos de urdimbre en 5 cm (UNE 9311-1)	Mín. 24	
Nº de hilos de trama en 5 cm (UNE 9311-1)	Mín. 10,5	
Resistencia a la tracción (urdimbre) (UNE 9311-5)	≥1.500 N/50 mm	≥4.000 N/50 mm
Resistencia a la tracción tras el envejecimiento	≥1.000 N/50 mm	≥2.000 N/50 mm
Alargamiento a la rotura (UNE 9311-5)	4-6%	4-6%

Tabla 16. Características de las mallas de armadura.

La adherencia del mortero de armadura sobre el panel aislante se debe determinar con la norma UNE-EN 13494. Los requisitos mínimos del espesor de mortero para la capa de armadura se muestran en la siguiente tabla:

Espesor (mm)	Tolerancia (mm)	Posicionamiento de la malla de armadura	Tipo de sistema de aislamiento
3	-1	Integrada en el mortero	EPS y PUR
5	-1	Siempre integrada en el mortero antes de la última capa	Corcho, EPS, PUR y MW
8	-3	Siempre integrada en el mortero antes de la última capa	Corcho, EPS y MW

Tabla 17. Espesores de mortero recomendados para la capa en función del tipo de aislamiento.

Nota: en el caso de querer un refuerzo adicional a la resistencia de golpes, por ejemplo, malla con doble refuerzo, se podrá ir a espesores de mortero mayores y habrá que consultar con el fabricante en cada caso.

A continuación se presentan las consideraciones generales sobre la instalación:

1º. Primera capa de mortero (capa base)

Una vez colocadas las placas de aislamiento y realizados los refuerzos, se pasa a aplicar directamente sobre ellas el mortero de base con un espesor aproximado de 1 a 2 mm con una llana.

Esta capa de refuerzo y alisado se denomina capa base, puede extenderse con llana o con máquina de proyectar y es la que proporciona la mayor parte de las prestaciones mecánicas. (Anfapa ETICS) (17)



Imagen 65. Aplicación del mortero adhesivo sobre los paneles aislantes con llana dentada.

2º. Pegado de la malla de refuerzo. (Blatem SATE)(16)

Cuando la capa base está todavía fresca extender la malla de fibra de vidrio de arriba hacia abajo.

Para su correcta colocación en los tramos contiguos la malla debe solaparse un mínimo de 10 cm, incluido accesorios, cantoneras y perfiles de goteo. En las aristas debe dar vuelta un mínimo de 25 cm y no cortarse en ellas.

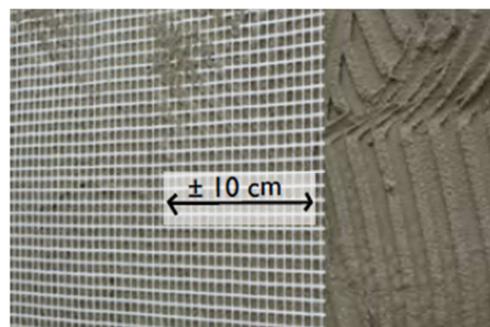


Imagen 66. Colocación de la malla embebida en el mortero. **Imagen 67.** Solape de 10 cm en tramos contiguos.

La malla siempre debe quedar en el tercio exterior de la capa de mortero por lo que no se debe presionar demasiado para embeber la malla. El resultado debe ser tal que una vez seco el mortero de la capa base quede vista la cuadrícula de la malla.



Imagen 68. Vista de la cuadrícula de la malla una vez seca la capa base de mortero.

Con el fin de aumentar la resistencia al impacto en las zonas donde las fachadas están expuestas a golpes y choques (zócalos, plantas bajas, garajes, patios, balcones,...) generalmente hasta 1,50 m de altura, se pueden adoptar dos soluciones:

1. Colocar una malla de refuerzo como lo especificado anteriormente previa a la capa base de armadura y a la colocación de los perfiles de PVC. Ambas mallas quedan embebidas en el mortero y posteriormente se aplica la segunda capa.
2. Utilizar dos mallas solapadas entre ellas. Se utilizará para zonas susceptibles de ser golpeadas pero más protegidas que las anteriores, como balcones, terrazas,...

En todos los ángulos correspondientes a los huecos de fachada la malla debe colocarse con una inclinación de 45°.

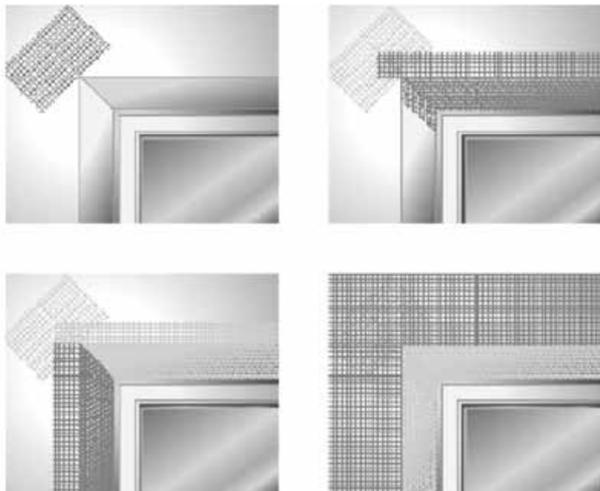


Imagen 69. Necesario reforzar jambas y dinteles de los huecos de fachada con fajas de armadura de fibra de vidrio.

3º. Segunda capa de mortero:

Una vez secada la primera capa de mortero con la malla embebida (24 horas) aplicar la segunda capa de mortero adhesivo de 2 mm de espesor con llana lisa, de forma que quede oculta la cuadrícula de la malla y se consiga un superficie de los más lisa y uniforme posible. (Blatem SATE)(16)

Tras aplicar esta segunda capa de mortero y dejar transcurrir un tiempo de espera, se pasa por todo el enfoscado una esponja o fratás. Con ello, se deja la superficie lo más

lisa posible, evitando que afloren sobre la capa exterior del enfoscado los finos del árido.

Asimismo, se evita la aparición de texturas indeseadas que se transmiten luego al revestimiento final. (Anfapa ETICS)(17)



Imagen 70. Aplicación de segunda capa de mortero con llana lisa.

Condiciones generales de la instalación: recomendaciones (IDAE, 2012)(4)

- El tiempo de secado para poder alisar el mortero dependerá de factores como la temperatura ambiente, la temperatura de la superficie a aplicar, el viento y la humedad atmosférica. En condiciones normales el alisado es inmediato, realizado al mismo tiempo que el embebido.
- Para la aplicación la temperatura máxima de la superficie a aplicar es de 30°C.
- Una vez seco, realizar un control con regla de 1 metro de largo y admitiendo una desviación absoluta máxima de 0,5 mm, intensificar el control en las zonas de solape de malla. Es posible lijar raspar si es necesario.
- De no cumplirse la desviación admisible del punto anterior se puede aplicar una segunda capa de nivelación.

5.2.4.7 Capa de acabado (IDAE, 2012)(4)

La principal función de la capa de acabado es proteger el sistema exterior (la radiación solar, la lluvia u otros agentes exteriores) y tiene que contribuir a la impermeabilidad al agua y permitir la permeabilidad al vapor de agua. Al ser la última capa es la parte más visible del sistema y le confiere una función estética al edificio (color y textura).

El espesor de la capa de acabado dependerá de su naturaleza, composición y del acabado final (liso, rugoso,...), teniendo que respetarse los espesores mínimos de la capa de acabado incluidos en los DITEs.

Los requisitos mínimos del Documento Básico de Salubridad del CTE, DB HS, apartado 2.3.1 Fachadas, indica el grado de impermeabilidad en función de la zona pluviométrica, grado de exposición al viento y altura del edificio. En función del grado de impermeabilidad descrito en el apartado 2.3.2 del DB HS se pueden establecer las soluciones constructivas a las que deben responder los revestimientos exteriores en:

1. Resistencia a la filtración del revestimiento exterior.
2. Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua.
3. Composición de la hoja principal.

Los acabados con revoco pueden ser de los siguientes tres tipos (como ya se ha explicado en la clasificación de los aislantes térmicos):

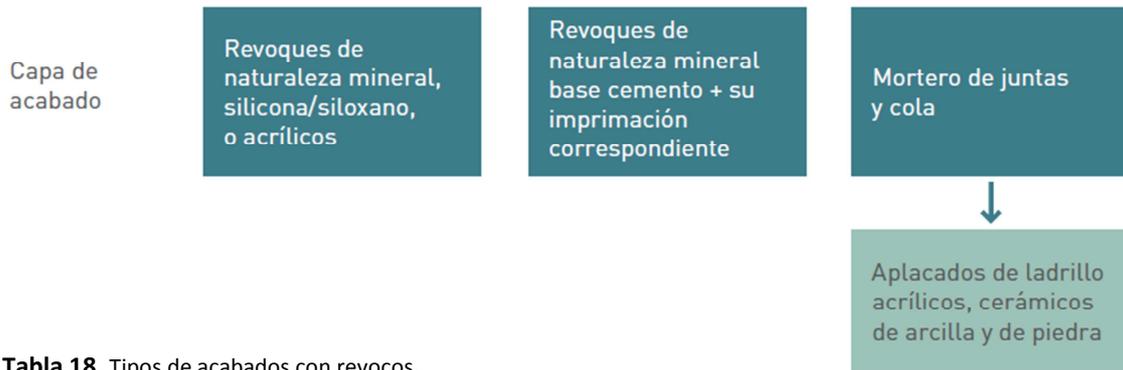


Tabla 18. Tipos de acabados con revocos.

Para la correcta instalación de la capa de acabado hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Remover y mezclar bien.
- Aplicar cubriendo toda la superficie.
- Respetar los tiempos de trabajo establecidos en la ficha técnica aportada por el fabricante.



Imagen 71. Dibujo donde se muestra la correcta instalación de la capa de acabado.

Capa de imprimación:

La función de la imprimación es la de igualar la superficie e igualar tonalidades (ya que debe ser del mismo color que el acabado final, evitando transparencias y destonificaciones), unir la capa de armadura y la de acabado, evitar una excesiva absorción del mortero de enfoscado y puente adherente del acabado final. (Anfapa ETICS)(17)

La capa de imprimación está indicada para los siguientes casos: (IDAE, 2012)(4)

1. En casos de incompatibilidad del mortero de armadura y la capa de acabado.
2. Para mejorar la adherencia, según indicaciones de los fabricantes.
3. Como capa de fondo para capas de acabado con textura acanalada en los cuales se transparente el color en los canales del mismo.

Para la instalación de la capa de imprimación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se deben respetar los tiempos de secado.
- Se debe cubrir toda la superficie por medio de un rodillo.
- Se deben respetar los tiempos correctos para aplicar la fase siguiente según indica en la ficha técnica del fabricante.

Imagen 72. Fotografía aplicación imprimación con rodillo.



Acabados revocados (IDAE, 2012)(4)

Además de cumplir los requisitos exigidos por la normativa DB HS1, deben seguirse los siguientes parámetros:

- Se recomienda que el índice de reflexión de la luz no sea inferior a 25 (0 negro y 100 blanco). En cualquier caso, este valor deberá estudiarse para el sistema en concreto ya que en parte depende de la situación del edificio, orientación, geometría y tipo de aislamiento utilizado.
- El espesor de la capa depende del grano calibrado que tiene el revoque, o recomendaciones del fabricante.
- Los revocos pueden aplicarse a mano o a máquina, siguiendo recomendaciones específicas de los fabricantes.
- Dado que hasta las mínimas imperfecciones de la fachada son visibles con luz rasante es recomendable utilizar revocos con efectos, ondulaciones o con áridos para reducir el efecto de sombras general de la fachada.
- La técnica de trabajo, la herramienta, así como la base, influyen en el resultado de manera fundamental.
- Los acabados se deben repintar y realizar con cinta de pintor en espesor según dirección facultativa, sin dejar que en ninguna zona se aplique material fresco encima del material seco.
- Ha de evaluarse una mano de pintura de igualación para tramos grandes de fachada con colores oscuros.

Ejemplos de acabados revocados:

1. Revocos de textura rugosa y uniforme, cuya rugosidad es obtenida gracias al árido de diámetro único y definido por los fabricantes.



Imagen 73. Textura de un revoque rascado.

2. Revoque de textura rugosa y acanalada. La rugosidad es obtenida por el árido y el efecto de acanalado por un árido de forma cilíndrica. Dado que tiene el acanalado se puede dar orientación a este efecto.



Imagen 74. Textura de un revoque acanalado remolinado y acanalado vertical.

3. Revoques de textura libre o para modelar, cuyo árido por debajo de 0,5 mm de espesor permite aplicaciones con efectos creativos. No se recomienda aplicar acabados sólo lisos con este tipo de material debido al efecto del sol rasante sobre la fachada que maximiza las pequeñas imperfecciones que son admisibles.



Imagen 75. Textura con efecto dado por rodillo de trapeado, con efecto por llana dentada triangular y liso con árido proyectados.

4. Revoques de acabado fino: al igual que en el caso anterior se recomienda el uso de efectos, en este caso por capas con el mismo color de revoque o con colores diferentes de una misma gama para crear el efecto de sombra permanente.

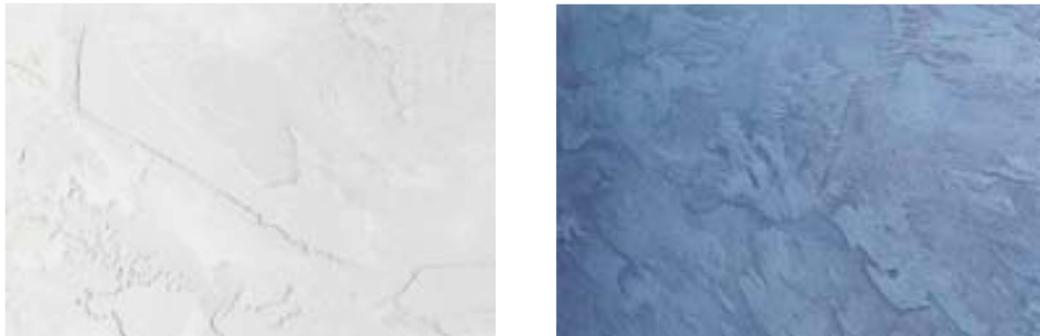


Imagen 76. Textura de acabado fino con efecto en un mismo color y acabado fino con efecto en dos colores de una misma gama.

5. Revoques con ligante transparente: en este caso el árido que se utiliza para su fabricación es prepintado en diferentes colores y llevado al horno para fijación de pigmentos; de este modo, crean el efecto deseado puestos en un medio ligante transparente.



Imagen 77. Texturas de acabado con ligante transparente.

Acabados aplacados de ladrillos acrílicos, cerámicos de arcilla y piedra (IDAE, 2012)(4)

Además de cumplir los requisitos exigidos por la normativa DB HS1 se deben seguir los siguientes parámetros:

- Los adhesivos utilizados y el material de aplacado deben cumplir las exigencias de la norma UNE-EN 1348 y la norma UNE-EN ISO 10545-12, que establece la resistencia a tracción de dichos elementos después de haber sido sometidos a ciclos sucesivos de congelación-descongelación.

- La difusión del vapor de agua se realiza a través de las juntas, es por ello que existe una limitación de tamaño de las piezas de piedra: superficie menor de $0,09 \text{ m}^2$, longitud máxima de $0,30 \text{ m}$ y espesores entre 8 y 15 mm . El volumen de aire mínimo del material de las juntas debe ser de $20 \text{ mm}^3/\text{g}$.
- El aplacado de piedra debe tener juntas de dilatación elástica según recomendaciones del fabricante y como dimensión máxima de paño de $6 \times 6 \text{ m}$ en elementos continuos sin aberturas. Cuando tenemos ventanas u otros elementos que corten la continuidad puede utilizarse áreas de 6×8 o 7×7 metros como máximo. Las juntas de dilatación propias del edificio deben respetarse.
- El sistema utiliza una malla especial de mayor densidad. Al aplicar el mortero de armadura, de inmediato se embebe la malla y también las espigas, de manera que las espigas sostienen la malla y quedan dentro en el mortero armadura.
- La cantidad de espigas se define en base a las características del paramento, esfuerzos originados por el viento y peso del aplacado.



Imagen 78. Detalle de la instalación de un acabado de aplacado imitando ladrillo cara vista.



Imagen 79. Detalle de la instalación de un acabado de ladrillo sobre un SATE.

5.4.2.8 Accesorios

Una parte decisiva del SATE son los accesorios, que deberán ser en cada caso los recomendados por el fabricante del sistema para asegurar y garantizar el resultado. Consideraciones:

- Las fijaciones se deberán determinar en función del tipo de soporte.
- En el caso de planchas de aislamiento con espesores mayores o iguales a 8 cm , se pueden instalar espigas embutidas en el panel de aislamiento con una tapa de material aislante para romper el puente térmico generado por la espiga.
- En el caso de fijación mecánica mediante perfiles debe utilizarse un perfil de arranque de aluminio o PVC sujeto con tornillos a cada 30 cm y espacio de dilatación entre perfiles de 3 mm .

- Una cinta expansiva de sellado, para estanqueidad del agua de lluvia, garantiza la estanqueidad en puntos donde se puede producir ingreso de agua por estancamiento o capilaridad. Su correcta aplicación implica que los vierteaguas, carpinterías metálicas, coronaciones y otros elementos salientes de fachada hayan sido colocados antes que el material aislante. La cinta se ubica alineada con la cara más exterior del panel de aislamiento y presionada hasta alcanzar un espesor de 3 mm.

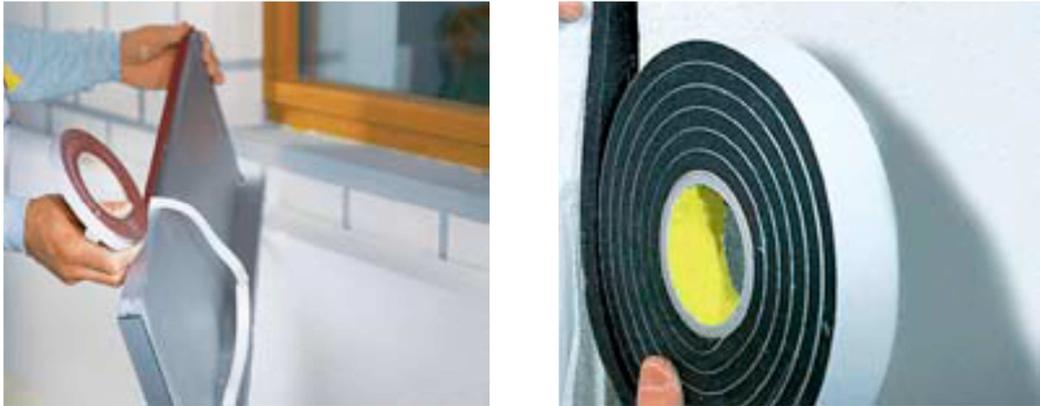


Imagen 80. Cinta expansiva de sellado.

- Perfil antigoteo, para evitar el retorno del agua y garantizar la limpieza de las jambas y del dintel (según el DB HS1 apartado 2.3.3.6 punto 3).

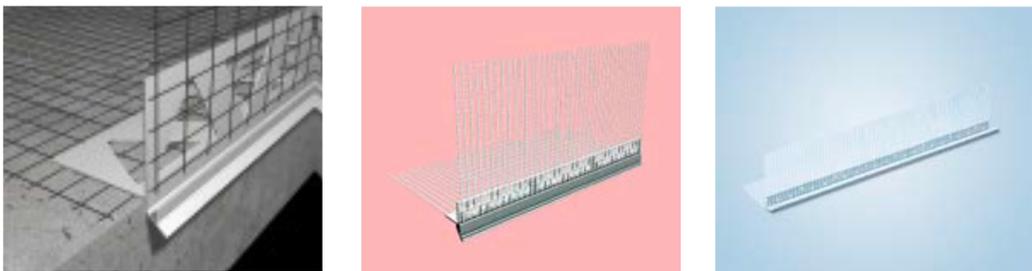


Imagen 81. Perfil antigoteo.

- Elementos de fijación para colocación de cargas pesadas en la fachada.

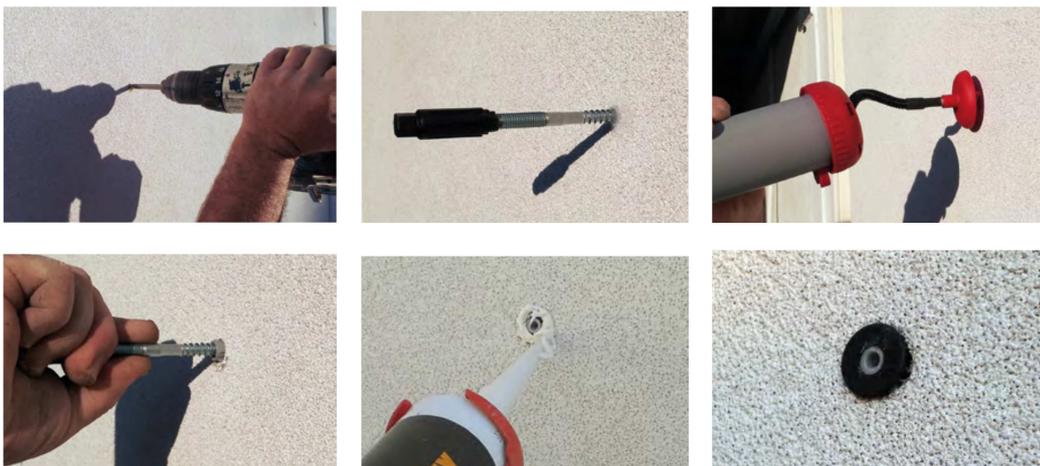


Imagen 82. Elementos para anclaje de cargas pesadas de hasta 50 kg.



Imagen 83. Instalación de un elemento de fijación para una carga pesada.

- Tapa para agujero de andamio.



Imagen 84. Detalle de una tapa de anclaje y su correcta colocación.

- Vierteaguas



Imagen 85. Detalle de un vierteaguas.

5.2.4.9 Otras consideraciones

Recomendaciones para solucionar inconvenientes:

- Frente a la fijación mecánica es preferible un buen tratamiento del soporte (muro) y un encolado de la placa correcto.
- En puntos singulares utilizar siempre perfiles complementarios.
- La puesta en obra del sistema en edificios de nueva planta, no debe realizarse antes del secado de los yesos interiores.
- No debe colocarse el sistema con temperaturas inferiores a los 5°C.
- En caso de lluvia disponer de protecciones.

- Protección contra insolaciones intensas.
- Respetar y manifestar las juntas con obras adyacentes.
- Tratamiento específico de las juntas de dilatación estructural.

Emplazamiento del andamio

- Se recomienda el uso de andamio tubular, por las facilidades que implica al efectuar una labor que requiere varias capas de aplicación.
- Los andamios deben estar colocados de manera que la distancia libre entre la fachada y la parte más cercana del andamio (bandeja, columna o anillo de columna) sea superior al espesor de aislamiento más 8 cm.
- Los anclajes de los andamios fijados en la fachada deben ser un cáncamo roscado que una vez ajustado debe dejar la cabeza de la misma a una distancia superior al espesor del aislamiento más 5 cm.
- Los andamios deben cumplir con las exigencias mínimas de seguridad establecidas por ley y con el plan de seguridad particular.



Imagen 86. Detalle de la fijación del andamio a la fachada.

Almacenamiento de materiales

- Los materiales deben protegerse de las heladas y mantenerse siempre por encima de los 0°C.
- No deben exponerse a la luz del sol directa.
- Proteger de la lluvia.
- Almacenar sobre plataformas, para proteger de los charcos de agua.
- Los productos en base cemento se deben conservar en un lugar seco y protegido de la humedad y de la intemperie.
- Los productos de acabado de base sintética se deben acopiar en un lugar seco y fresco, protegido de heladas y con los recipientes perfectamente cerrados.
- Los materiales de aislamiento se deben acopiar dentro de su envoltura, en un lugar seco exento de disolventes y evitar la exposición solar directa durante tiempo prolongado.

6. CONCLUSIONES

Cualquier ocasión es buena para incorporar un SATE, aprovechar un lavado de cara del edificio así como cualquier mejora en la fachada. En nuestro país hay cerca de 23 millones de viviendas que están consumiendo energía innecesariamente, todas ellas son susceptibles de rehabilitación térmica.

Existen numerosas ventajas en la mejora de la eficiencia energética de la envolvente a través de la rehabilitación de la fachada, mediante la solución de un SATE, algunas de ellas pueden ser, entre muchas otras:

1. Permite a los usuarios seguir viviendo en sus viviendas durante la incorporación del sistema en sus fachadas.
2. Esta rehabilitación no reduce el espacio habitable interior de las viviendas
3. Excluye la necesidad de eliminar el enfoscado viejo, excepto cuando existan riesgos de desprendimiento.
4. Mejora el confort térmico, a igualdad de consumo y bienestar para el usuario.
5. Se reducen los puentes térmicos en la fachada, las posibles condensaciones no deseadas y aquellas patologías ligadas a las mismas.
6. Se reduce el riesgo de condensaciones intersticiales, ya que los SATE correctamente instalados son impermeables al agua y permeables al vapor de agua.
7. Mantiene la envoltura exterior y la estructura del edificio en condiciones termohigrotérmicas estables, contribuyendo al mantenimiento de los materiales de construcción a lo largo del tiempo e impidiendo la degradación causada por las oscilaciones de temperatura: grietas, fisuras, infiltraciones de agua, fenómenos de disgregación, manchas, mohos y la impregnación de la masa mural.
8. Pueden alcanzarse mejoras en el comportamiento acústico.
9. Ayuda a la reducción de emisiones de CO₂, contribuyendo a la reducción del efecto invernadero y a la conservación del medio ambiente.
10. Reduce la factura energética de cada usuario ya que la incorporación de sistemas compuestos de aislamiento térmico por el exterior en la rehabilitación de edificios consigue ahorros netos de energía aproximados al 30% y se estima que la inversión realizada para la instalación se amortiza de media en los cinco años siguientes.
11. Se revaloriza económicamente el inmueble, mucho más que la simple restitución de la fachada.
12. Esta rehabilitación perdura con el tiempo, teniendo una vida útil de más de 20 años, pudiendo considerarse un argumento positivo en caso de alquiler o venta.
13. Esta rehabilitación puede ser aprovechada para recuperar la uniformidad de estética de las fachadas de un bloque de edificios o barrios enteros.
14. Ayuda al cumplimiento del Código Técnico de la Edificación en edificios existentes siempre que se incorpore un espesor adecuado de aislamiento en la fachada.

En edificios de obra nueva también tiene un efecto positivo, aunque difiere poco del resto de soluciones, siendo más efectiva en nuestro clima aquella con cámara de aire interior, es decir, cualquiera con fachada ventilada.

7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

7.1 Bibliografía

Libros y catálogos:

ANAPE (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido). *Guía de Aplicaciones de Aislamiento en Edificación*. Madrid: ANAPE, 2010.

ANFAPA (Asociación de Fabricantes de Morteros y SATE). *ETICS: Sistema de aislamiento térmico por el exterior. External thermal insulation composite systems with rendering*. Barcelona: ANFAPA, 2009.

BLATEM pinturas. *Sateffic: Guas técnica de aplicación*. Valencia: BLATEM, 2015.

DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA ENERGÍA Y MINAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID. *Guía de Rehabilitación Energética de edificios de viviendas*. Madrid, 2008.

DE VICENTE VALIENTE, V y LANGA SANCHIS, J. (2004). *Ahorro de Energía según CTE DB HE1: Aplicación, cálculo y justificación del cumplimiento en el proyecto arquitectónico*. Valencia: Inter Técnica S.L.

GRANADOS MENÉNDEZ, HELENA (2010). *Rehabilitación energética de los edificios*. Madrid: Tornapunta: Fundación Laboral de la Construcción, 2010.

GUTEX. *GUTEX thermowall: El sistema integral de aislamiento de fachadas*. Gotemburgo: GUTEX, Septiembre 2012.

GUTEX. *GUTEX thermowall: The window Integration System for GUTEX Thermowall*. Gotemburgo: GUTEX, Septiembre 2012.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). *Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Técnica de los Edificios*. Madrid: IDAE, abril 2012.

JOSE MARÍA FRAN BRETONES (2015). *La rehabilitación energética del cerramiento. Fachadas ventilada*. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Cátedra de construcción. Tecnología constructiva y eficiencia energética. ETSAV: abril de 2015.

KNAUF. *WE32.ES sistema fachada ligera aquapanel+SATE. Ficha técnica*. Alemania: KNAUF, Septiembre 2015

MIRAVETE, A (1995). *Los nuevos materiales en la construcción*. Zaragoza: Reverte.

PAREX GROUP. *Coteterm: Guía de sistemas técnicos para fachadas*. Barcelona: PAREX, 2010.

PAREX GROUP. *Cotegran: Guía práctica de aplicación. Revestimiento de fachada*. Barcelona: PAREX, 2011.

PAREX GROUP. *Guía práctica de soluciones*. Barcelona: PAREX, 2010.

PAREX GROUP. *Manual guía: Morteros de fachada. Morteros cola. Morteros técnicos*. Barcelona: PAREX, 2011.

PAREX GROUP. *Soluciones para Rehabilitación. Fachadas eternamente jóvenes*. Barcelona: PAREX, 2010.

PROPAMSA. *Sistemas de aislamiento térmico por el exterior*. Barcelona: PROPAMSA, Abril 2010.

STO España. *StoTherm Classic: El líder mundial en sistemas de aislamiento térmico*. Alemania: STO, Junio 2012.

STO España. *StoTherm Classic: Guía de aplicación*. Alemania: STO, Agosto 2008.

VICENTE QUILES, PEDRO G. (2013). *DTIE 18.03: Integración de energías renovables en la rehabilitación energética de los edificios*. Madrid: ATECYR, D.L.

VIGIL MONTAÑO, M.R., PATORIZA MARTÍNES, A. y FERNÁNDEZ DE PIÉROLA, I. (2002). *Los plásticos como materiales de construcción*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

WEBER SAINT-GOBAIN. *Ficha técnica weber.therm acustic: sistema de aislamiento térmico exterior para fachadas (tipo SATE / ETICS) en base a placas de lana mineral*. Barcelona: WEBER, Noviembre 2013.

WEBER SAINT-GOBAIN. *Ficha técnica weber.therm etics: sistema de aislamiento térmico exterior para fachadas (tipo SATE / ETICS) en base a placas de poliestireno expandido (EPS)*. Barcelona: WEBER, Noviembre 2013

WEBER SAINT-GOBAIN. *Ficha técnica weber.therm mineral: sistema de aislamiento térmico exterior para fachadas (tipo SATE / ETICS) en base a mortero termoaislante*. Barcelona: WEBER, Noviembre 2013.

WEBER SAINT-GOBAIN. *La guía weber 2016*. Barcelona: WEBER, Mayo 2016.

WEBER SAINT-GOBAIN. *Weber Manual de rehabilitación y habilitación eficiente en edificación*. Barcelona: WEBER, Mayo 2016.

WEBER SAINT-GOBAIN. *Weber.therm aislone: Mortero termoaislante para la eficiencia energética de la edificación*. Barcelona: WEBER, Mayo 2014.

Enlaces web:

ANAPE. Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) [en línea]. ANAPE, 2014- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.construccion-eps.com/sate/>

Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales y SATE, ANFAPA. ETICS: Sistema de aislamiento térmico por el exterior (External thermal insulation composite systems with rendering) [en línea]. ANFAPA, 2015- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.anfapa.com/es/sate>

ATECOS. Asistente Técnico para la Construcción Sostenible. Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) [en línea]. Miliarium 2008, 2001- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.miliarium.com/Servicios/Atecos.asp>

Blatem pinturas. SATEFFIC. Solución de aislamiento térmico por el exterior [en línea]. Pinturas Blatem, 2015- [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.blatem.com/es/productos/sateffic>

BOE: Boletín Oficial del Estado [en línea]. Agencia estatal Boletín Oficial del Estado- [Fecha de consulta: 29 de abril de 2016]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2003-80006>

Certificados Energéticos: Fachadas ventiladas en la certificación energética de edificios [en línea]. Blog Certificados Energéticos, 2014- [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.certificadosenergeticos.com/fachadas-ventiladas-certificacion-energetica-edificios>

Certificados Energéticos: Fachadas ventiladas en la certificación energética de edificios. Mejora de la transmitancia térmica de los SATE [en línea]. Blog Certificados Energéticos, 2014- [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.certificadosenergeticos.com/mejora-transmitancia-termica-fachada-sate>

Código Técnico de la Edificación: Documento Básico HE, Ahorro de Energía [en línea]. Ministerio de Fomento, 2009- [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

Código Técnico de la Edificación: Documento Básico HR, Protección frente al ruido [en línea]. Ministerio de Fomento, 2009- [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/proteccionRuido/DBHR.pdf>

Código Técnico de la Edificación: Documento Básico HS, Salubridad [en línea]. Ministerio de Fomento, 2009- [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf>

Código Técnico de la Edificación: Documento Básico SE, Seguridad estructural [en línea]. Ministerio de Fomento, 2009- [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE.pdf>

Código Técnico de la Edificación: Documento Básico SI, Seguridad en caso de incendio [en línea]. Ministerio de Fomento, 2009- [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadIncendio/DBSI.pdf>

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid (2008) Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas [en línea]. Madrid.org, 2016- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DGuia+Rehabilitacion+EdificiosBAJA.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1202750173840&ssbinary=true>

Gutex. Tableros aislantes de madera. Gutex SATE Thermowall: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior ecológico [en línea]. Gutex, 2016- [Fecha de consulta 26 de abril de 2016]. Disponible en: <http://gutex-espana.eu/gama-de-productos/sistemas/sistema/sys/gutex-thermowall-wdvs/>

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Guía Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios [en línea]. Madrid, 2012- [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://www.idae.electura.es/libros/SATE/>

Parex Group. Aislamiento térmico de fachadas por el exterior. Sistema coteterm [en línea]. Parex, 2011- [Fecha de consulta: 26 de abril de 2016]. Disponible en: http://www.parex.es/solucion.php?id_menu=267&id_solucion=74

Reforza. Rehabilitación interal de la fachada. Aislamiento térmico por el exterior [en línea]. Reforza, 2016- [Fecha de consulta: 27 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.reforza.es/aislamiento-termico-exterior.html>

Saate. Premium Building Systems: Detalles técnicos de fachada ventilada [en línea]. Navarro Técnicos, 2012- [Fecha de consulta: 30 de junio de 2016]. Disponible en: http://www.saate.es/sfiles/PDF/SistemaSAATE_F1-10.pdf

Saate. Premium Building Systems: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior. Fachada ventilada [en línea]. Saate, 2012 [Fecha de consulta: 30 de junio de 2016]. Disponible en: <http://saate.es/#/es/sistema/fachada-ventilada>

Saate. Premium Building Systems: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior. Fachada SATE [en línea]. Saate, 2012 [Fecha de consulta: 30 de junio de 2016]. Disponible en: <http://saate.es/#/es/sistema/fachada-sate>

SATE. Rehabilitación de Fachadas. Sistema térmico de aislamiento por el exterior [en línea]. SATE.Rehabilitación de fachadas, 2015 [Fecha de consulta: 24 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.fachadasate.com/>

SFS intec. Fachada ventilada. Accesorios [en línea]. SFS intec, 2016- [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2016]. Disponible en: http://www.sfsintec.biz/mo/es/es/web/industrial_solutions/construction/rainscreen_cladding/rainscreen_cladding_1.html

Weber. Saint-Gobain: SATE-Aislamiento Térmico por el Exterior [en línea]. Weber, 2016- [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.weber.es/sate-aislamiento-termico-por-el-exterior.html>

7.2 Referencias

(1) Weber. Saint-Gobain: SATE-Aislamiento Térmico por el Exterior [en línea]. Weber, 2016- [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.weber.es/sate-aislamiento-termico-por-el-exterior.html>

(2) JOSE MARÍA FRAN BRETONES (2015). *La rehabilitación energética del cerramiento. Fachadas ventilada*. Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Cátedra de construcción. Tecnología constructiva y eficiencia energética. ETSAV: abril de 2015.

(3) GRANADOS MENÉNDEZ, HELENA (2010). *Rehabilitación energética de los edificios*. Madrid: Tornapunta: Fundación Laboral de la Construcción, 2010.

(4) IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Guía Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios [en línea]. Madrid, 2012- [Fecha de consulta: 4 de marzo de 2016]. Disponible en: <http://www.idae.electura.es/libros/SATE/>

(5) SATE. Rehabilitación de Fachadas. Sistema térmico de aislamiento por el exterior [en línea]. SATE.Rehabilitación de fachadas, 2015 [Fecha de consulta: 24 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.fachadasate.com/>

(6) BOE: Boletín Oficial del Estado. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2003-80006>

(7) Parex Group. Aislamiento térmico de fachadas por el exterior. Sistema coteterm [en línea]. Parex, 2011- [Fecha de consulta: 26 de abril de 2016]. Disponible en: http://www.parex.es/solucion.php?id_menu=267&id_solucion=74

(8) Certificados Energéticos: Fachadas ventiladas en la certificación energética de edificios. Mejora de la transmitancia térmica de los SATE [en línea]. Blog Certificados Energéticos, 2014- [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.certificadosenergeticos.com/mejora-transmitancia-termica-fachada-sate>

(9) Reforza. Rehabilitación interal de la fachada. Aislamiento térmico por el exterior [en línea]. Reforza, 2016- [Fecha de consulta: 27 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.reforza.es/aislamiento-termico-exterior.html>

(10) Gutex. Tableros aislantes de madera. Gutex SATE Thermowall: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior ecológico [en línea]. Gutex, 2016- [Fecha de consulta 26 de abril de 2016]. Disponible en: <http://gutex-espana.eu/gama-de-productos/sistemas/sistema/sys/gutex-thermowall-wdvs/>

(11) ATECOS. Asistente Técnico para la Construcción Sostenible. Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) [en línea]. Miliarium 2008, 2001- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.miliarium.com/Servicios/Atecos.asp>

(12) Saate. Premium Building Systems: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior. Fachada ventilada [en línea]. Saate, 2012 [Fecha de consulta: 30 de junio de 2016]. Disponible en: <http://saate.es/#/es/sistema/fachada-ventilada>

Saate. Premium Building Systems: Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior. Fachada SATE [en línea]. Saate, 2012 [Fecha de consulta: 30 de junio de 2016]. Disponible en: <http://saate.es/#/es/sistema/fachada-sate>

(13) ANAPE. Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) [en línea]. ANAPE, 2014- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.construccion-eps.com/sate/>

(14) Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid (2008) Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas [en línea]. Madrid.org, 2016- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DGuia+Rehabilitacion+EdificiosBAJA.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1202750173840&ssbinary=true>

(15) SFS intec. Fachada ventilada. Accesorios [en línea]. SFS intec, 2016- [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2016]. Disponible en: http://www.sfsintec.biz/mo/es/es/web/industrial_solutions/construction/rainscreen_cladding/rainscreen_cladding_1.html

(16) Blatem pinturas. SATEFFIC. Solución de aislamiento térmico por el exterior [en línea]. Pinturas Blatem, 2015- [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.blatem.com/es/productos/sateffic>

(17) Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales y SATE, ANFAPA. ETICs: Sistema de aislamiento térmico por el exterior (External thermal insulation composite systems with rendering) [en línea]. ANFAPA, 2015- [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.anfapa.com/es/sate>

8. ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Índice de imágenes:

Imagen 1. Distribución del consumo energético total de la Unión Europea. Fuente: weber.therm aislone. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 2. Distribución del consumo energético en los edificios. Fuente: weber.therm aislone. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 3. Certificación energética. Fuente: wikipedia: www.wikipedia.org/wiki/certificación_energética_de_edificios

Imagen 4. Diferencias de aislamiento por el exterior y por el interior. Fuente: elaboración propia.

Imagen 5. Puentes térmicos. Distnción entre fachada tradicional y fachada con SATE. Fuente: www.fachadasate.com

Imagen 6. Edificio con defectos en los pilares y frentes de forjado. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 7. Componentes de fachasa ventilada. Fuente: SAATE Premium Building Systems, www.saate.es

Imagen 8. Cámara de aire. Fuede: www.rockwool.com

Imagen 9. Efecto refrescante en verna. Fuente: www.marveldesarrollos.es

Imagen 10. Bajo consumo de calefacción en invierno. Fuente: www.marveldesarrollos.es

Imagen 11. Nivelación y atornillamiento a la base de los perfiles guía. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 12. Detalle de la instalación de los paneles de aislamiento en las esquinas de los huecos. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 13. Fijación con mortero adhesivo. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 14. Solución para jambas y dinteles. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 15. Solución para jambas y dinteles. Fuente: Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 16. Distribución de las espigas sobre los paneles (izda). Espiga o roseta (dcha). Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 17. Proceso de anclaje de las fijaciones mecánicas tipo espiga o roseta. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 18. Aplicación práctica del proceso de anclaje de las fijaciones mecánicas tipo espiga o roseta. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 19. Esquemas de distribución de anclajes metálicos según la variable de altura del edificio. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 20. Materiales de acabado hoja exterior. Fuente: SAATE Premium Building Systems, www.saate.es

Imagen 21. Accesorios fachada ventilada. Fuente: SFS intec. Fachada ventilada. Accesorios. www.sfsintec.biz

Imagen 22. Placa de EPS. Fuente: Fermacell

www.fermacell.es/elementos_de_suelo_con_aislante_de_poliestireno_expandido_1655.php

Imagen 23. Placa de lana mineral. Fuente: Grupo Fedalgon, <http://grupofedalgon.com/lana-mineral-2/>

Imagen 24. Fotografía mortero termoaislante y gráfico (dcha). Sistema weber.therm mineral acabado mineral en capa gruesa. Fuente: weber.therm mineral. Ficha técnica. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 25. Planchas de poliestireno extruido (XPS). Fuente: Placa Depot, S.L. poliestireno extruido, www.placadepotgranada.es/es/producto/poliestireno-extruido/

Imagen 26. Corcho expandido (ICB). Fuente: Materfad. Aglocork, www.es.materfad.com/material/1368/aglocork

Imagen 27. Vidrio celular (CG). Fuente: Insutec E.I.R.L. www.insutecperu.com/productos/

Imagen 28. Preparación del soporte. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 29. Preparación del soporte. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 30. Perfil de arranque del sistema por encima del suelo. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 31. Perfil de arranque del sistema por encima del suelo. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 32. Detalle arranque del sistema. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 33. Detalle de continuidad del sistema. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 34. Pegado de borde-punto en una plancha de MW. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 35. Pegado de borde-punto en una plancha de EPS. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 36. Pegado de toda la superficie en una plancha de MW. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 37. Pegado de toda la superficie en una plancha de EPS. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 38. Colocación de placas aislantes en hilera. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 39. Colocación de placas aislantes remate en esquina. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 40. Detalle de la instalación de las planchas de aislamiento en la fachada de un edificio. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 41. Instalación de los paneles de aislamiento de las esquinas de los huecos. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 42. Esquema de la colocación de las espigas por unidad de superficie. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 43. Esquema de colocación de espigas en las aristas del edificio. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 44. Esquema de colocación de espigas en las aristas de la placa. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 45. Arandela circular. Fuente: weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 46. Fotografía de la instalación de espigas en un edificio. Fuente: Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 47. Sección constructiva de la instalación de una espiga. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 48. Detalle de la instalación de placas de aislamiento en la fachada cuando existen conducciones externas. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 49. Lijado de las placas de aislamiento. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 50. Sección constructiva fijación mecánica mediante perfiles. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 51. Fotografía de paneles de aislamiento con ranura. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 52. Fotografía del pegado de los paneles aislantes. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 53. Fotografía de la instalación de los listones de unión. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 54. Fotografía que muestra el detalle de unión del perfil con el panel aislante. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 55. Fotografía de la instalación de un listón de retención. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 56. Sección constructiva de la fijación mixta. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 57. Esquema de la fijación mixta. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 58. Aplicación primero de capa de mortero sobre placas aislantes seguida de otra mano de mortero para tapar perfil en esquina y malla. Fuentes: Anfapa ETICS, www.anfapa.com; Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 59. Colocación perfil goterón en dintel de huecos. Fuente: Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 60. Colocación del perfil de arranque (izda) y posterior capa de adhesivo (dcha). Fuente: Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 61. Colocación perfil de vierteaguas (izda). Esquema entrega vierteaguas con las jambas (dcha). Fuente: Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 62. Colocación perfil en el marco de la ventana. Fuente: Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 63. Colocación malla en zonas de mayores esfuerzos de los huecos (izda) y en las esquinas interiores de los huecos (dcha). Fuente: Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 64. Junta de dilatación. Fuente: Blatem SATE. Satefffic, www.blatem.com

Imagen 65. Aplicación del mortero de adhesivo sobre los paneles aislantes con llana dentada. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 66. Colocación de la malla embebida en el mortero. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 67. Solape de 10 cm en tramos contiguos. Fuentes: Anfapa ETICS, www.anfapa.com

Imagen 68. Vista de la cuadrícula de la malla una vez seca la capa base de mortero. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 69. Necesario refrazar jambas y dinteles de los huecos de fachada con fajas de armadura de fibra de vidrio. Fuentes: Anfapa ETICS, www.anfapa.com

Imagen 70. Aplicación de segunda capa de mortero con llana lisa. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 71. Dibujo donde se muestran la correcta instalación de la capa de acabado. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 72. Fotografía aplicación imprimación con rodillo. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 73. Textura de un revoque rascado. Fuentes: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com; Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 74. Textura de un revoque acanalado remolinado y acanalado vertical. Fuentes: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com; Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 75. Textura con efecto dado por rodillo de trapeado, con efecto por llana dentada triangular y liso con árido proyectados. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 76. Textura de acabado fino con efecto en un mismo color y acabado fino con efecto en dos colores de una misma gama. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 77. Texturas de acabado con ligante transparente. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 78. Detalle de la instalación de un acabado de aplacado imitando ladrillo cara vista. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es; Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 79. Detalle de la instalación de un acabado de ladrillo sobre un SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 80. Cinta expansiva de sellado. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 81. Perfil antigoteo. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es; weber.therm Ficha aplicación. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 82. Elementos para anclaje de cargas pesadas de hasta 50 kg. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 83. Instalación de un elemento de fijación para una carga pesada. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 84. Detalle de una tapa de anclaje y su correcta colocación. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 85. Detalle de un vierteaguas. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com; Anfapa ETICS, www.anfapa.com

Imagen 86. Detalle de la fijación del andamio a la fachada. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Imagen 87. Fotografías puesta en obra SATE en rehabilitación de vivienda unifamiliar. Fuente: Blatem SATE. Sateffic, www.blatem.com

Imagen 88. Fotografía resultado final rehabilitación con SATE. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Imagen 89. Fotografía resultado final obra nueva con SATE. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Todos los detalles constructivos del **Anexo 3** que no se encuentran en el índice son de elaboración propia.

Índice de tablas:

Tabla 1. Demanda energética del edificio: exigencias del aislamiento acústico a ruido entre recintos protegidos y el exterior. Fuente: weber.therm Manual de montaje. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Tabla 2. Esquema del SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 3. Características principales de la espuma de poliestireno expandido (EPS) para SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 4. Resistencia térmica weber.therm etics en relación al espesor del poliestireno expandido (EPS). Fuente: weber.therm etics. Ficha técnica. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Tabla 5. Características principales de la lana mineral (MW) para SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 6. Resistencia térmica weber.therm acustic en relación al espesor de la lana mineral (MW). Fuente: weber.therm acustic. Ficha técnica. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Tabla 7. Adherencia del mortero termoaislante dependiendo del soporte y estado del mismo. Fuente: weber.therm mineral. Ficha técnica. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Tabla 8. Absorción del agua según ensayo ETAG 004. Fuente: weber.therm mineral. Ficha técnica. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Tabla 9. Absorción de agua con presión ensayo nº11.4 RILEM. Fuente: weber.therm mineral. Ficha técnica. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Tabla 10. Resistencia térmica weber.therm mineral en relación al espesor del mortero termoaislante. Fuente: weber.therm acustic. Ficha técnica. SAINT GOBAIN 2014. www.weber.es

Tabla 11. Características principales de la espuma de poliuretano (PUR) para SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 12. Características principales de la espuma de poliestireno extruido (XPS) para SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 13. Características principales del corcho expandido (ICB) para SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 14. Características principales del vidrio celular (CG) para SATE. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 15. Número de espigas por m² con 0,20 kN de carga de servicio en los bordes. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 16. Características de las mallas de armadura. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 17. Espesores de mortero recomendados para la capa de armadura en función del tipo de aislamiento. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tabla 18. Tipos de acabado con revocos. Fuente: Guía IDAE, 2012. www.idae.es

Tablas anexos: todas ellas de elaboración propia.

Tabla 1. Comparación entre las ventajas e inconvenientes de las fachadas ventiladas y fachadas no ventiladas.

Tabla 2. Tabla comparativa de las características técnicas de los distintos tipos de aislamientos térmicos.

Tabla 3. Comparación entre el espesor y la resistencia térmica dependiendo del aislamiento térmico.

Tabla 4. Comparación de las ventajas de las distintas soluciones de aislamiento térmico.