



UNIVERSITAT JAUME I

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES
EXPERIMENTALS

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD

Estudio sobre Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior

*Fundamentos y contraste de los diferentes sistemas
disponibles, conforme a criterios de eficiencia
energética y sostenibilidad*

PROYECTO FINAL DE MÁSTER

AUTOR

Miguel Ángel Soria Gallego

DIRECTOR

Ángel Miguel Pitarch Roig

Castellón, Noviembre de 2017

A la memoria de mi Padre que me ayuda cada día a seguir mejorando y aprender de los errores, que en tampoco tiempo supo trasmitirme estos valores

A mi Madre por ser la madre más fuerte del mundo, que ha luchado para que ni a mí ni a mis hermanos nunca nos faltara nada y pudiéramos llegar hasta donde quisiéramos.

A mi mujer y mis hijos que deben de quererme al menos la mitad de lo que los quiero yo par haber aguantado todo este tiempo sin estar con ellos.

RESUMEN

En España, tras la Guerra Civil, se edificaron una gran cantidad de viviendas sociales con el objetivo de responder al problema de la falta de alojamiento tras el conflicto, sin atender a criterios energéticos hasta la aparición de la NBE CT-79. Una norma poco rigurosa que, a pesar de ello, se mantuvo vigente hasta la aparición del CTE en 2006, que si supuso una revolución en este sentido, dejando hasta entonces un parque edificado con muy pocos avances en soluciones constructivas energéticas y de muy baja calidad medioambientalmente hablando.

Además el sector de la edificación en España, y en particular el ámbito de la obra nueva atraviesa desde 2008 una fuerte crisis. La producción de los edificios residenciales ha caído desde entonces cerca de un 90 %, mientras que el número de intervenciones de rehabilitación en las viviendas apenas ha sufrido variaciones significativas en los últimos 15 años.

Debido a estos factores, a la concienciación cada vez mayor de la sociedad actual y a los planes de rehabilitación promovidos por las comunidades autónomas, la rehabilitación energética de este tipo de viviendas está tomando mucha importancia en el campo de la edificación.

En estas obras la implantación de los Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) ha experimentado un importante auge en los últimos años ya que las ventajas y beneficios del SATE en comparación con otros sistemas disponibles supone una solución “sencilla” y completa de las partes ciegas de las fachadas de los edificios existentes que requieren mejorar su eficiencia energética.

Esta rehabilitación está motivada mayoritariamente por intereses económicos o de requerimiento normativo más que por una real concienciación de los propietarios de los edificios por asumir su responsabilidad medio ambiental. Es este interés económico el que está llevando muchas veces a dejar de lado los criterios de sostenibilidad basándose exclusivamente en la rentabilidad de la solución, lo que puede llevar a una mala elección de los materiales que componen el sistema, así como la supresión de elementos para una correcta puesta en obra del sistema, fundamentales en el éxito de la solución empleada, comprometiendo la calidad de la edificación. De seguir por este camino, en poco tiempo, los profesionales de la construcción podrían empezar a desconfiar del sistema que pasaría de ser un sistema de referencia a ser un sistema problemático y pasaría a utilizarse solo esporádicamente.

El presente Trabajo de Final de Máster tiene como objetivo describir la correcta ejecución de del SATE y estudiar a fondo las distintas soluciones disponibles para enfrentarlos y poder comparar la eficiencia energética y la sostenibilidad de cada uno de ellos. Poniendo en valor las virtudes del sistema y analizando los errores y conjunto de lesiones más comunes. De esta forma se pretende que el presente documento pueda utilizarse como guía para la elección del sistema más adecuado según los criterios de cada técnico.

Índice

CAPÍTULO 1.	INTRODUCCIÓN	13
1.1.	Prefacio	14
1.2.	Justificación del Estudio	19
1.3.	Objetivos	21
1.3.1.	General	21
1.3.2.	Específicos	21
1.4.	Alcances y Limitaciones	21
1.4.1.	Alcances	21
1.4.2.	Limitaciones	21
CAPÍTULO 2.	ESTADO DEL ARTE	23
2.1.	Antecedentes Históricos	24
2.2.	Emisiones de CO ₂ y Consumo de Energía en el Sector Residencial	26
2.2.1.	Consumo de energía a nivel mundial	26
2.2.2.	Consumo de energía en Europa	31
2.2.3.	Consumo de energía en España	36
2.2.4.	Contexto Normativo	39
2.3.	Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior como Solución Energética en la Rehabilitación	41
2.4.	Coste Energético de la Fabricación de Materiales de Construcción	45
2.5.	Impacto Sobre la Salud de las Personas de los Materiales de Construcción	46
CAPÍTULO 3.	SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR	51
(SATE)		
3.1.	Guía de Referencia ETAG 004	52
3.2.	Definición y Descripción de los SATE	55
3.3.	Elementos que Componen un SATE	57
3.3.1.	Adhesivos	57
3.3.2.	Producto Aislante	58
3.3.3.	Sistema de Revestimiento	61
3.3.4.	Dispositivos de Fijación Mecánica	64
3.3.5.	Materiales auxiliares	64
3.4.	Estudio de Ventajas y Desventajas de los SATE sobre Diferentes Sistemas de Aislamiento Tradicionales	66
3.5.	Correcta Ejecución de los SATE	75
3.5.1.	Trabajos Previos	75
3.5.2.	Preparación del Soporte	76
3.5.3.	Conexiones con Puertas y Ventanas	82
3.5.4.	Arranque	82

3.5.5.	Fijación Mediante Adhesivo	86
3.5.6.	Fijación Mediante Adhesivo y Fijaciones Mecánicas.....	88
3.5.7.	Colocación de los Paneles de Aislamiento	94
3.5.8.	Capa de Base	97
3.5.9.	Acabado.....	99
3.5.10.	Grandes Cargas	100
3.6.	Principales Lesiones y Errores de Ejecución.....	101
3.7.	Diferentes Soluciones de SATE Disponibles según sus Materiales	101
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA		105
4.1.	Planteamiento Metodológico	106
4.2.	Elección del Edificio de Referencia	107
4.3.	Método Empleado para la Evaluación de la Eficiencia Energética.....	107
4.4.	Método Empleado para la Evaluación de la Sostenibilidad	107
4.4.1.	Cálculo de la Energía Embebida en los Materiales de Construcción	107
4.4.2.	Cálculo de las Emisiones de CO ₂	108
4.4.3.	Impacto sobre la salud de las personas	108
4.4.4.	Impacto sobre el Medio Ambiente	109
4.4.5.	Emisiones de COV's.....	109
4.4.6.	Transpirabilidad.....	110
CAPÍTULO 5. DESARROLLO DEL ESTUDIO.....		111
5.1.	Cálculo del Espesor Equivalente de los Diferentes Sistemas.	112
5.2.	Estudio sobre la sostenibilidad de los materiales empleados en los distintos sistemas constructivos evaluados.....	112
5.2.1.	Energía Embebida y Emisiones de CO ₂	112
5.2.2.	Impacto sobre la salud de las personas y el medio ambiente.....	113
5.2.3.	Emisión de COV's	114
5.2.4.	Transpirabilidad.....	114
5.3.	Adecuación de los Diferentes Sistemas Definidos al Código Técnico de Edificación	118
5.3.1.	DB-HS: Salubridad	118
5.4.	Impacto Económico de las Diferentes Soluciones Definidas	127
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		129
6.1.	Metodología de Evaluación Empleada.....	130
6.2.	Cuadro Resumen de Valores Absolutos	132
6.3.	Cuadro Resumen de Valores Homogeneizados.	133
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....		135
7.1.	Conclusiones	136
BIBLIOGRAFÍA.....		139

ANEXOS	143
ANEXO A: ESPESOR EQUIVALENTE DE AISLAMIENTO	145
ANEXO B: ENERGÍA EMBEBIDA Y EMISIONES DE CO ₂	153
ANEXO C: IMPACTO SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE.....	161
ANEXO D: EMISIONES DE COVs.....	169
ANEXO E: TRANSPIRABILIDAD	173
ANEXO F: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA Y MEJORAS EN EDIFICIO DE REFERENCIA.....	175
ANEXO G: FICHAS DE LESIONES Y ERRORES	189
ANEXO H: CHECK LIST, PUNTOS DE INSPECCIÓN	215

Índice de Tablas

Tabla 1-1. Balance de viviendas rehabilitadas y demolidas desde 2009. Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2017).	17
Tabla 2-1. Consumo de energía final en Europa. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].	32
Tabla 2-2. Consumo de energía final en Europa por sector. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].	32
Tabla 2-3. Consumo de energía final en España por sectores. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017.	37
Tabla 2-4. Mantenimiento y renovación de los tratamientos externos de fachadas. Fuente: IBP (2015).	41
Tabla 2-5. Valores medios por tipologías de las viviendas. Fuente: Mardaras y Cepeda (2004)	46
Tabla 2-6. Materiales contaminantes en las construcciones. Fuente: Arq. Lilia Garcén - Geob. Claudio Ardohain	47
Tabla 3-1. Principales propiedades de los aislantes para SATE. Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas técnicas del anexo y IDAE	61
Tabla 3-2. Características de las mallas de refuerzo de fibra de vidrio. Fuente: IDAE	62
Tabla 3-3. Características de las mallas de refuerzo de fibra de vidrio 2. Fuente: IDAE	62
Tabla 3-4. Espesor de mortero recomendado para la capa base en función del tipo de aislamiento. Fuente: IDAE	63
Tabla 3-5. Resumen de certificación energética de cada caso estudiado. Fuente: elaboración propia	74
Tabla 3-6. Adhesivo según desviaciones del soporte. Fuente: IDAE	77
Tabla 3-7. Medias a tomas sobre fábricas sin revestir. Fuente: elaboración propia	78
Tabla 3-8. Medias a tomas sobre muros de hormigón. Fuente: elaboración propia	79
Tabla 3-9. Medias a tomar sobre revocos, viejas pinturas y revestimientos minerales. Fuente: elaboración propia	80
Tabla 3-10. Medidas a tomar sobre revocos, viejas pinturas y acabados orgánicos. Fuente: elaboración propia	81
Tabla 3-11. Medidas a tomar sobre revestimientos cerámicos y aplacados. Fuente: elaboración propia	81
Tabla 3-12. Categorías de soporte según ETAG 014. Fuente: elaboración propia a partir de ETAG 014	88
Tabla 3-13. Número mínimo de espigas por m ² . Fuente: IDAE	90
Tabla 3-14. SATE transpirables. Imágenes: Kerakoll	102
3-15. SATE no transpirables. Imágenes: Kerakoll	103
Tabla 4-1. Frases de riego sanitario "prohibidas". Fuente: REACH	108
Tabla 4-2. Frases de riego medioambiental "prohibidas". Fuente: REACH	109
Tabla 4-3. Límites de emisión de COVs. Fuente: Reglamento GEV Emission versión 01/08/2010	110
Tabla 5-1. Espesores de aislante según cálculo del Anexo A	112
Tabla 5-2. Energía embebida y emisiones de CO ₂ por aislante según cálculo del Anexo B	113
Tabla 5-3. Energía embebida y emisiones de CO ₂ por sistemas según cálculo del Anexo B	113
Tabla 5-4. Impacto sobre la salud de las personas y el medio ambiente según cálculo estudio del Anexo C	113
Tabla 5-5. Emisiones de COV's según estudio del Anexo D	114
Tabla 5-6. Espesor equivalente de resistencia al paso de vapor de agua según estudio del Anexo E	117
Tabla 5-7. Extracto de la tabla 2.7 del BD-HE1	118
Tabla 5-8. Valores de coeficiente de exposición c _e . Fuente: DB-SE-AE	120
Tabla 5-9. Coeficiente de presión exterior para paramentos verticales. Fuente: Anejo D del DB-SE-AE	121
Tabla 5-10. Valoración del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos colindantes. Elementos de separación vertical. Fuente: Guía para el cumplimiento de la parte IV del IEE	122

Tabla 5-11. Niveles de aislamiento acústico a ruido aéreo y valoración final de las prestaciones. Fuente: Guía para el cumplimiento de la parte IV del IEE.	123
Tabla 5-12. Aislamiento acústico entre recintos colindantes horizontalmente según el tipo de intervención. Fuente: Guía para el cumplimiento de la parte IV del IEE.....	123
Tabla 5-13. Cálculo de la masa para cada sistema.	123
Tabla 5-14. Niveles de requerimiento en Europa. Fuente: Directivos Construcción, nº 237.	124
Tabla 5-15. Reacción al fuego de los diferentes aislantes.	127
Tabla 7-1. Puntuación Sistema 5 MW.	136
Tabla 7-2. Puntuación Sistema 4 CG.	137
Tabla 7-3. Puntuación Sistema 6 ICB y 7 WF	137
Tabla 7-4. Impacto de la sustitución de la capa pictórica de siloxano por silicato.	138

Índice de Figuras

Figura 1-1. Soluciones constructivas más frecuentes en las fachadas de edificios sociales anteriores a los 80. Fuente: F. Kurtz, M. Monzón, B. López-Mesa. (2015).	15
Figura 1-2. Histórico Nacional del número viviendas de Nueva Planta y de Rehabilitación según Licencias de Ayuntamientos. Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2017).	16
Figura 1-3. Tipo de vivienda por antigüedad (%). Fuente: INE (2011).	16
Figura 1-4. Mapa antigüedad media de las viviendas. Fuente: INE (2011)	17
Figura 1-5. Consumo de energía final por sectores. Fuente: Elaboración propia a partir de EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].	18
Figura 1-6. Evolución de los distintos sub sectores en el mercado español. Fuente: ITec - Euroconstruct Junio 2017	19
Figura 1-7. Presencia de SATE en Italia. Fuente: Francesco Toso (Cresme)	20
Figura 2-1. Emisiones antropógenas anuales totales de GEI por gases, 1970-2010. Fuente: IPCC, Cambio Climático 2014. [11]	24
Figura 2-2. Suministro Total de Energía Primaria mundial por región desde 1971 y 1973 hasta 2015. Fuente: Key world energy statistics, IEA (2017).	26
Figura 2-3. Emisiones mundiales de CO2 por combustión, por región desde 1971 y 1973 hasta 2015. Fuente: Key world energy statistics, IEA (2017).	27
Figura 2-4. Consumo mundial de energía. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.	28
Figura 2-5. Consumo mundial de energía según la fuente energética. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.	28
Figura 2-6. Consumo mundial de energía del sector residencial (izq.) y sector comercial (dcha.) por tipo de fuente energética. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.	30
Figura 2-7. Generación de energía de los países de la OCDE y los de fuera de la OCDE (izq.) y uso mundial de la electricidad por sectores. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.	30
Figura 2-8. Mapa de regiones IEO. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017 (IEO2017).	31
Figura 2-9. Histórico de consumo de energía final en Europa desde 1990 hasta 2015, por sector. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].	33
Figura 2-10. Consumo energético en Europa de los hogares por vivienda según uso final. Fuente: Odyssee proporcionado por Earth Observation - Environment (ACRI-ST)	33
Figura 2-11. Consumo de energía por aparatos eléctricos en los hogares. Fuente: Odyssee proporcionado por Earth Observation - Environment (ACRI-ST).....	35
Figura 2-12. Evolución entre 2000 y 2015 (izq.) y estructura en 2015 (dcha.) del consumo de energía final por fuentes energéticas. Fuente: IDEA (2017).	36
Figura 2-13. Evolución entre 2000 y 2015 (izq.) y estructura en 2015 (dcha.) del consumo de energía final por sectores. Fuente: IDEA (2017).	36
Figura 2-14. Evolución (izq.) y estructura (dcha.) del consumo energético del sector residencial. Fuente: IDEA (2017).	37
Figura 2-15. Consumo eléctrico del sector residencial por tipo de equipamiento, 2015. Fuente: IDAE (2017)	38
Figura 2-16. Consumo unitario por usos y superficie (izq.) y por uso y vivienda (dcha.) en 200 y 2015. Fuente: IDAE (2017).....	38
Figura 2-17. Diagrama de frecuencia de aplicación, inspección "in situ" y renovación de SATE. Incluye indicación de la condición de la fachada. Fuente: IBP (2015)	42
Figura 2-18. Tamaño del mercado por región (2014). Fuente: WSM/EAE (2017).	44
Figura 2-19. Porcentaje de material de aislamiento por región (2014). Fuente: WSM/EAE (2017)	45
Figura 3-1. Esquema básico de SATE. Fuente: IDAE (2012) [26].	55
Figura 3-2. Esquema de componentes de SATE. Fuente: IDAE	65
Figura 3-3. Pérdida de espacio por rehabilitación energética en interior. Fuente: Kursaal Green.	66

Figura 3-4. Imagen de condensación y efecto de SATE sobre puente térmico. Fuente: ANFAPA.....	67
Figura 3-5. Comparación de gradientes térmicos en fachada tradicional y SATE. Fuente: ANFAPA.....	67
Figura 3-6. Comparativa de gradientes térmico y puntos de rocío según la disposición del aislante. Fuente: Centro Integrado de FP nº 1. (Santander).....	68
Figura 3-7. Emplazamiento. Fuente: IDAE.....	69
Figura 3-8. Fachada Este Pral. (izq.) y Fachada Oeste (dcha.). Fuente: IDAE.....	70
Figura 3-9. Plano de la planta del edificio. Fuente: IDAE.....	70
Figura 3-10. Alzado de la Fachada Este Pral. Fuente: IDAE.	70
Figura 3-11. Alzado de la Fachada Oeste. Fuente: IDAE.	71
Figura 3-12. Alzados de las Fachadas Norte (izq.) y Sur (dcha.). Fuente: IDEA.	71
Figura 3-13. Calificación energética obtenida para vivienda existente. Fuente: elaboración propia con CE3X.....	71
Figura 3-14. Demandas de calefacción y refrigeración en el edificio existente. Fuente: Elaboración propia con CE3X.....	72
Figura 3-15. Calificaciones energéticas globales y parciales para mejora de envolvente por el interior. Fuente: elaboración propia con CE3X.	72
Figura 3-16. Calificaciones energéticas globales y parciales para mejora de envolvente con SATE. Fuente: elaboración propia con CE3X.....	73
Figura 3-17. Empotrado previo al aislamiento. Fuente: M. Epelde (2015).	75
Figura 3-18. Instalación en superficie. Fuente: M. Epelde (2015)	76
Figura 3-19. Perfil de Arranque. Fuente: Protektor.....	83
Figura 3-20. Cuña de arranque. Fuente: Kerakoll.....	83
Figura 3-21. Base Rebajada. Fuente: EAE	84
Figura 3-22. Base Enrasada. Fuente: EAE.	85
Figura 3-23. Detalle del sellado de la base en el área en contacto con el terreno. Fuente: EAE.	86
Figura 3-24. Efecto almohada producido por el calor exterior (izq.) y por el frío exterior (Dcha.). Fuente: Kerakoll.....	86
Figura 3-25. Método de cordón perimetral y puntos. Fuente: EAE.	87
Figura 3-26. Aplicación mediante peinado en toda la superficie. Fuente: EAE.....	87
Figura 3-27. Marcado en la cabeza de la espiga.....	88
Figura 3-28. Anclaje de plástico para SATE. Fuente: ETAG 014.....	89
Figura 3-29. Componentes del anclaje de plástico. Fuente: ETAG 014.....	89
Figura 3-30. Distribución para tres espigas por panel. Fuente: M. Eldepe.....	91
Figura 3-31. Distribución de espigas para planchas de 0,5 m ² . Fuente: IDAE.....	91
Figura 3-32. Esquema de anclaje en "T". Fuente: EAE.....	92
Figura 3-33. Esquema de anclaje en "X". Fuente: EAE.	92
Figura 3-34. Esquema de anclaje en "W". Fuente: EAE.....	93
Figura 3-35. Distribución de espigas en esquinas, bordes y juntas. Fuente: IDAE.	93
Figura 3-36. Espiga enrasada (izq.) y avellanada (dcha.).Fuente: AEA.	94
Figura 3-37. Colocación a rompejunta. Fuente: EAE.....	94
Figura 3-38. Enjarje de esquina. Fuente: EAE.....	95
Figura 3-39. Ejecución incorrecta y correcta de encuentros con aberturas. Fuente: Kerakoll.....	95
Figura 3-40. Esquema de refuerzo de esquina de huecos a 45º. Fuente: EAE.....	97
Figura 3-41. Esquema de esquina con solapes de refuerzo. Fuente: EAE.....	98
Figura 3-42. Esquema de goterón. Fuente: EAE.....	98
Figura 5-1. Comparación de gradientes térmicos en fachada tradicional y SATE. Fuente: ANFAPA.....	115
5-2 Impacto de aumento de la Hr% sobre la temperatura de rocío.	116
5-3. Cálculo de condensaciones en SATE EPS sin pintura. Fuente: Kerakoll	116
5-4. Cálculo de condensaciones en SATE EPS con pintura acrílica no transpirable. Fuente: Kerakoll.....	117

Figura 5-5. Cálculo de condensaciones en SATE EPS con pintura de silicato transpirable. Fuente: Kerakoll. 117

Figura 5-6. Distribución de espigas en esquinas, bordes y juntas. Fuente: IDAE. 121

Figura 5-7. Imagen termografica e imagen tras 15 minutos de la prueba. Fuente: ITeC. 125

Figura 5-8. SATE de EPS con cara interior de aislamiento consumida. Fuente: ITeC. 126

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace un breve repaso histórico de la situación del sector de la edificación en España y se describe el tipo de envolvente de los edificios españoles y de los factores que han influido en la importancia que hoy en día tiene el ahorro energético y reducción de CO₂ en la construcción.

En base al auge que ha experimentado el uso de los Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior como solución para paliar estas necesidades, se realiza la justificación del estudio.

Se citan las diferentes metas propuestas en la investigación, mostrando unos objetivos específicos necesarios para llegar al objetivo principal.

1.1. Prefacio

Para garantizar el derecho a una vivienda digna, recogido en la Constitución (art. 47), los poderes públicos intervienen en el mercado inmobiliario, facilitando las llamadas viviendas protegidas, destinadas a población con recursos insuficientes para acceder al mercado libre. Estas actuaciones comenzaron a ser reguladas en 1911 con la Ley de Casas Baratas, y se convierten en extensivas en las décadas posteriores a la Guerra Civil, donde numerosas ciudades españolas debían ser reconstruidas, y al mismo tiempo, debían prepararse para recibir un constante y creciente flujo migratorio del campo donde la situación era aún más precaria.

Así, la ley del 19 de abril de 1939, por la que se creó el Instituto Nacional de la Vivienda y el Régimen de Protección de La Vivienda, se aprobó para la construcción de «viviendas higiénicas», con el objetivo de responder al problema del alojamiento de una creciente población empobrecida en las ciudades y bajo el influjo del discurso higienista iniciado a mediados del siglo XIX. Actualmente la vivienda de protección pública construida durante la etapa posterior a la Guerra Civil y hasta mediados de los 60 constituye un modelo ampliamente extendido que se ideó en uno de los periodos de más profunda depresión económica en España.

Las envolventes de estas viviendas se resolvían con sistemas muy sencillos que no aportaban prácticamente ningún aislamiento térmico al edificio. Como ejemplo se puede nombrar el estudio realizado por la Universidad de Zaragoza [1] sobre una muestras de 7.900 viviendas construidas entre 1945 y 1976 donde la solución de fachada que más se repite en los conjuntos estudiados es la de ladrillo macizo caravista de diferentes espesores que van desde un pie y medio hasta medio pie trabajando como muro de carga y con cámara de aire en algunos casos pero sin elemento de aislamiento específico (Figura 1-1).

Mucha culpa de que estas soluciones fueran tan simples la tiene el que no existiera ninguna normativa que regulara las exigencias térmicas de los edificios. La primera norma que apareció al respecto fue las NBE-CT-79 [2], en el año 79, por lo que se empezó a aplicar en los años 80. Esta norma supuso un gran avance en materia de eficiencia energética y aislamiento térmico para la época, pero en comparación con las exigencias actuales se trataba de una norma muy laxa que inexplicablemente se mantuvo vigente durante más de 25 años, hasta la aparición de Código Técnico de la Edificación [3], en adelante CTE, y su documento básico DB-HE [4] en 2006.

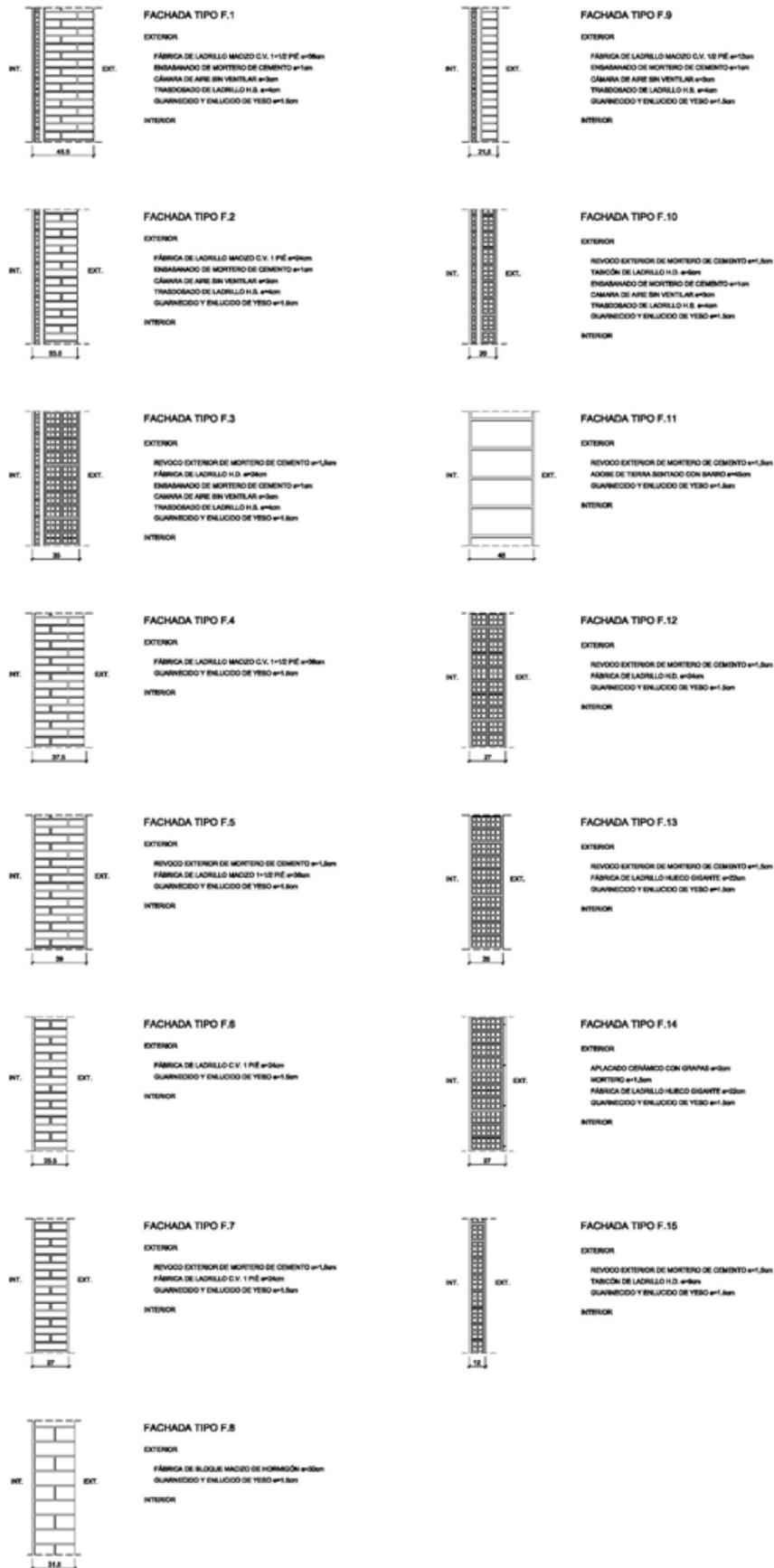


Figura 1-1. Soluciones constructivas más frecuentes en las fachadas de edificios sociales anteriores a los 80. Fuente: F. Kurtz, M. Monzón, B. López-Mesa. (2015).

Desde poco después de la aparición del CTE, aproximadamente 2008; el sector de la edificación en España, y en particular el ámbito de la obra nueva atraviesa una fuerte crisis. La producción de los edificios residenciales ha caído desde entonces cerca de un 90 %, mientras que el número de intervenciones de rehabilitación en las viviendas apenas ha sufrido variaciones significativas en los últimos 15 años. Lo que ha llevado a España a tener un parque de edificado con viviendas muy antiguas y, sobretodo, muy mal aisladas.

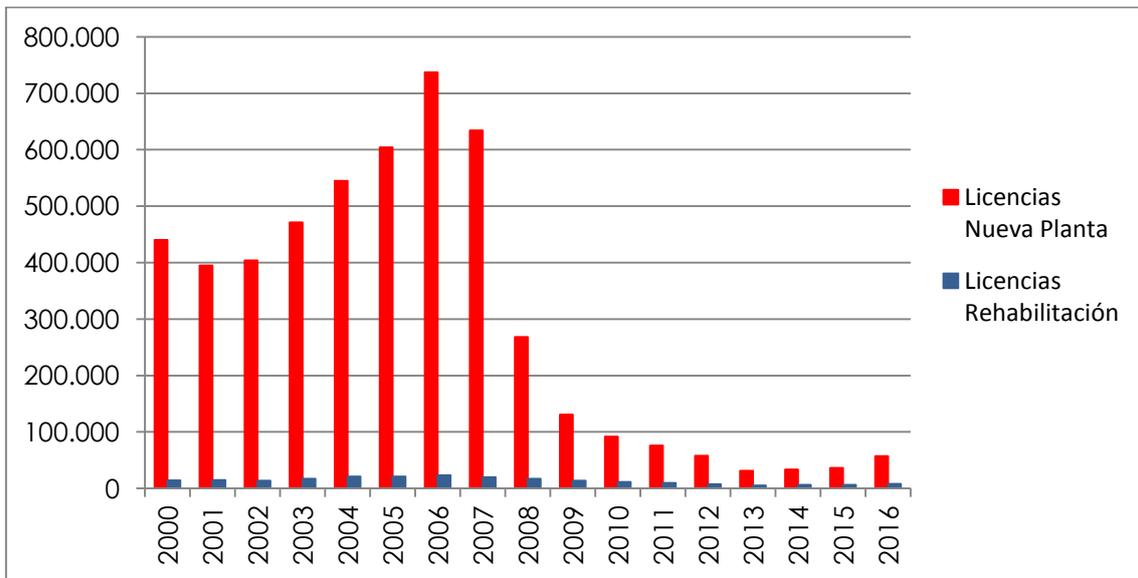


Figura 1-2. Histórico Nacional del número viviendas de Nueva Planta y de Rehabilitación según Licencias de Ayuntamientos. Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2017).

En el año 2011, el Instituto Nacional de Estadística, INE, publicó unos mapas [5] donde se estudiaba la antigüedad de las viviendas en España. Donde se concluía que la antigüedad media de las viviendas en España era de 36 años y las viviendas con menos de 10 años representaban el 17,3% del total, y que las viviendas más frecuentes estaban tenían entre 31 y 40 años (Figura 1-3 y Figura 1-4) Según lo visto anteriormente estos valores, con mucha seguridad han empeorado.

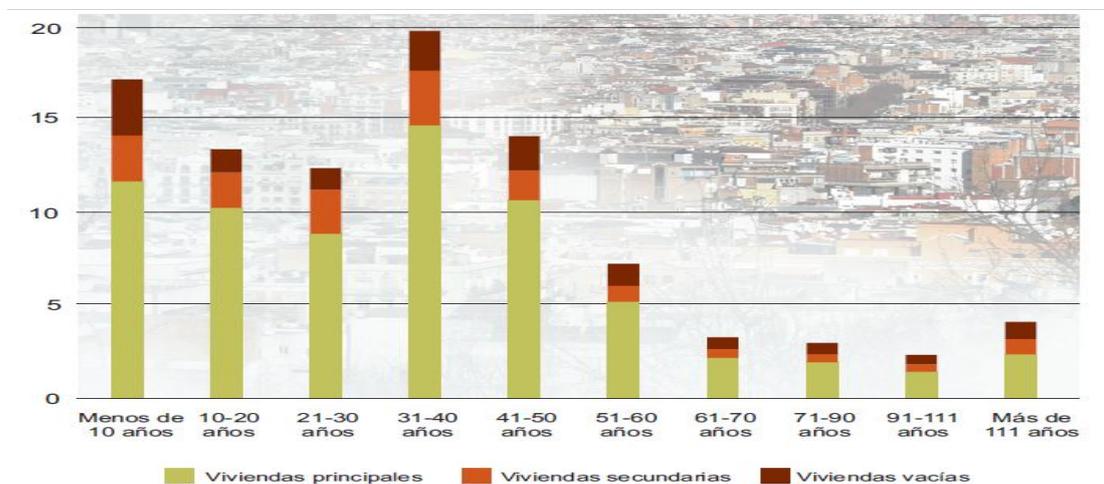


Figura 1-3. Tipo de vivienda por antigüedad (%). Fuente: INE (2011)

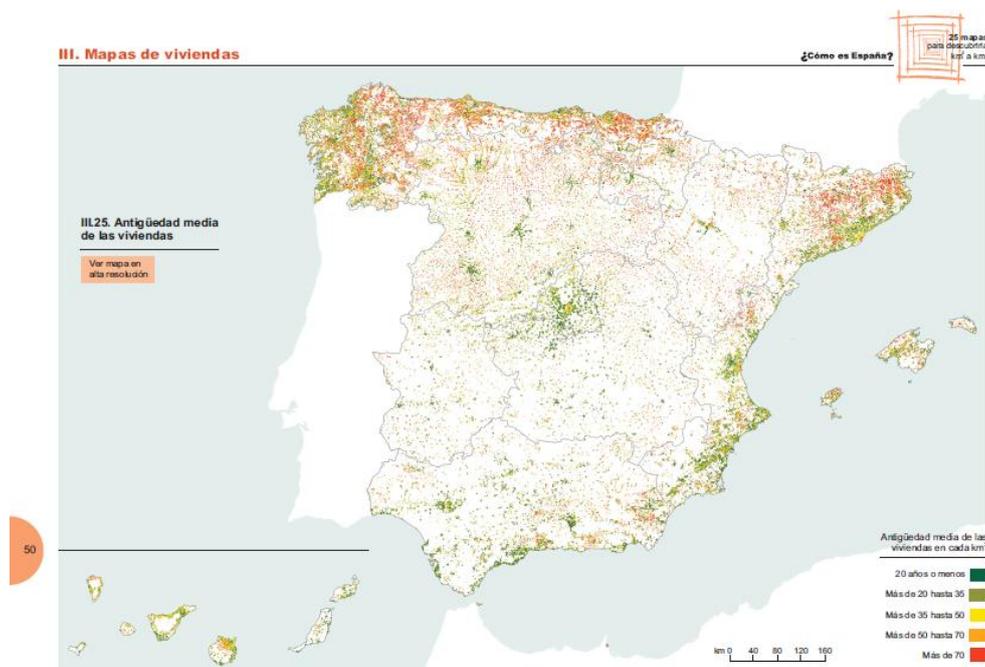


Figura 1-4. Mapa antigüedad media de las viviendas. Fuente: INE (2011)

Según los propios datos de 2016 del INE, la Estimación del Parque de Viviendas en 2008, año en el cual se construyeron las últimas viviendas bajo la normativa CT-79, era de 24.569.715 viviendas mientras que en 2016 ha sido de 25.586.279 viviendas. Analizando esto podría llevarnos a pensar que solo 4% de las viviendas en España están construidas bajo las exigencias de CTE pero no sería exacto. Aunque el valor real no es mucho mayor, hay que tener en cuenta que algunas de las viviendas contabilizadas en 2008 se han rehabilitado siguiendo el DB-HE y además al dato de 2016 se han restado las viviendas antiguas demolidas si se habían contabilizado en 2008. No obstante teniendo en cuenta las viviendas rehabilitadas reflejadas en la Figura 1-2 y la tasa de demoliciones de viviendas que se observa en la Tabla 1-1, podríamos estimar que las viviendas existentes sin rehabilitación bajo los criterios del CTE son en torno a 24.443.816 viviendas, lo cual no varía sustancialmente. Esto supondría que el porcentaje de viviendas construidas con normativas obsoletas o inexistentes estaría en torno al 95,5% y 4,5% serían viviendas que deberían cumplir con el CTE.

Tabla 1-1. Balance de viviendas rehabilitadas y demolidas desde 2009. Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2017).

AÑO	OBRAS DE REHABILIT. TOTAL	OBRAS DE DEMOLICIÓN TOTAL	BALANCE
2016	7.942	6.634	1.308
2015	6.137	5.593	544
2014	6.065	5.758	307
2013	5.286	6.424	-1.138
2012	7.456	7.509	-53
2011	9.518	7.798	1.720
2010	11.704	8.716	2.988
2009	13.465	9.894	3.571
TOTAL desde 2009	67.573	58.326	9.247

Teniendo en cuenta que los edificios son responsables de alrededor del 40% del consumo de energía final en la mayoría de los países desarrollados según Pérez-Lombard, Ortiz, & Pout [6]. En Europa, sólo los edificios residenciales representan el 27% del consumo de energía final, mientras que en España constituye el 14% (Figura 1-5)

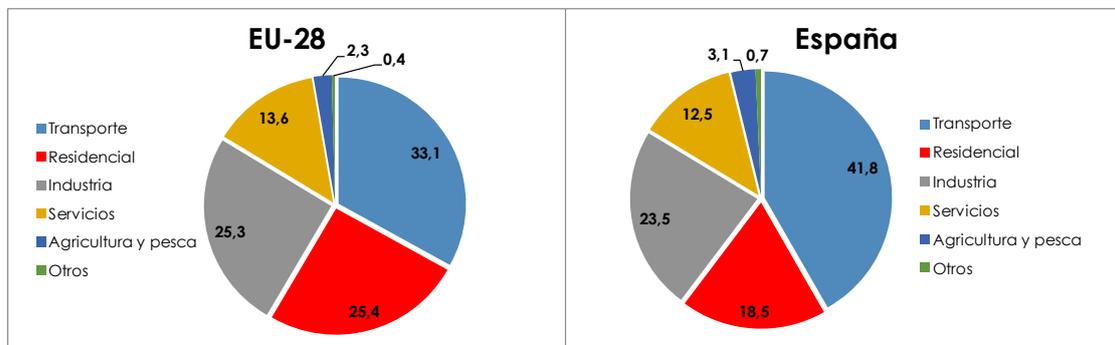


Figura 1-5. Consumo de energía final por sectores. Fuente: Elaboración propia a partir de EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].

Con una creciente preocupación por el cambio climático, la seguridad energética y el medio ambiente, la rehabilitación energética de viviendas tiene un gran potencial en este campo. Apoyado por las ayudas económicas de la administración, la rehabilitación energética está recibiendo un mayor interés en la sociedad ya que pueden reducir hasta en un 80% el consumo de energía (MJ), lo que se traduce en coste económico (€), y disminución de emisiones de CO₂ (kgCO₂) relacionadas a mejoras en la eficiencia energética de los edificios durante el uso.

1.2. Justificación del Estudio

En este contexto, la rehabilitación energética de estos edificios construidos antes de los años 80 está suponiendo un nicho de trabajo para muchos de los profesionales de la construcción que debería seguir aumentando según las previsiones del ITeC [8].

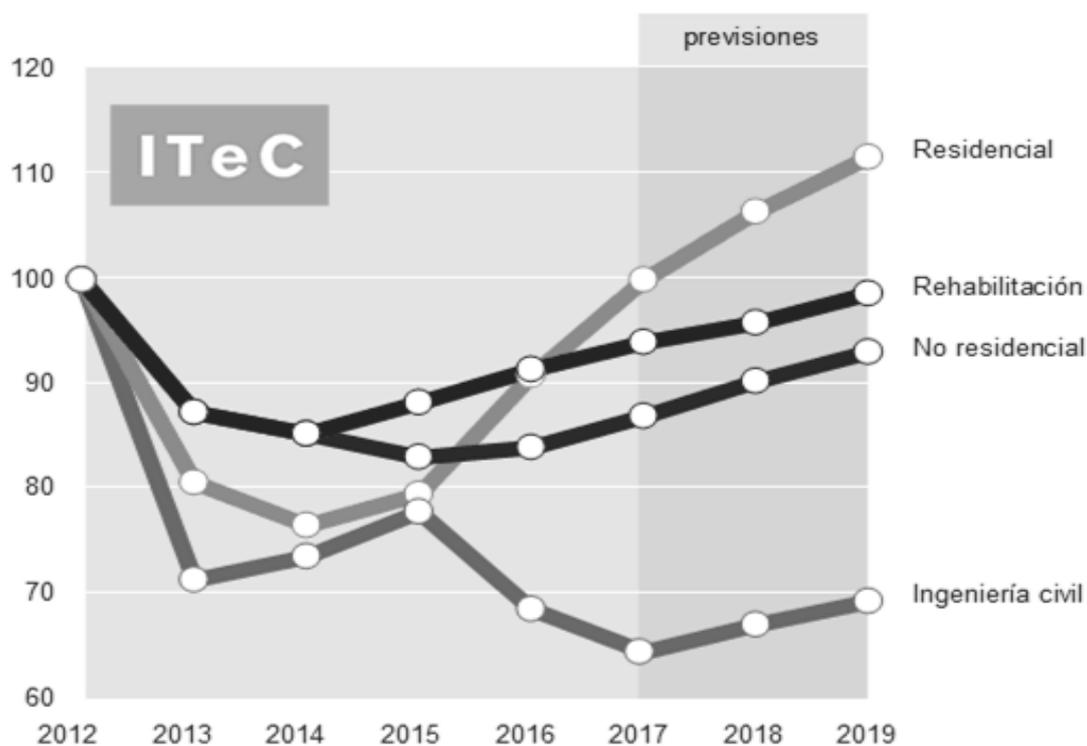


Figura 1-6. Evolución de los distintos sub sectores en el mercado español. Fuente: ITeC - Euroconstruct Junio 2017

Entre muchas de los sistemas que se están generalizando como medidas estándares para la rehabilitación de estos edificios se encuentra el Sistema de Aislamiento Térmico Exterior, en adelante SATE. Esta solución está recogida como muy eficiente en la Guía del IDEA [9]. Se plantea como la opción más eficiente energéticamente ya que corrige puentes térmicos y las pérdidas en las conducciones en fachada y además su ejecución es relativamente sencilla, prácticamente sin impacto en el día a día de los usuarios de las viviendas.

Según Francesco Toso (Cresme) en su presentación en el 3rd European ETICS Forum, organizado por la EAE (asociación Europea para SATE) el SATE representa en Italia (país con climatología similar a la de España) el 47,7% de las soluciones empleadas para la ejecución de fachadas. Entre 2008 y 2011 suponía el 28,5% y entre 2012 y 2013 el 39,6%, marcando una clara tendencia al alza.

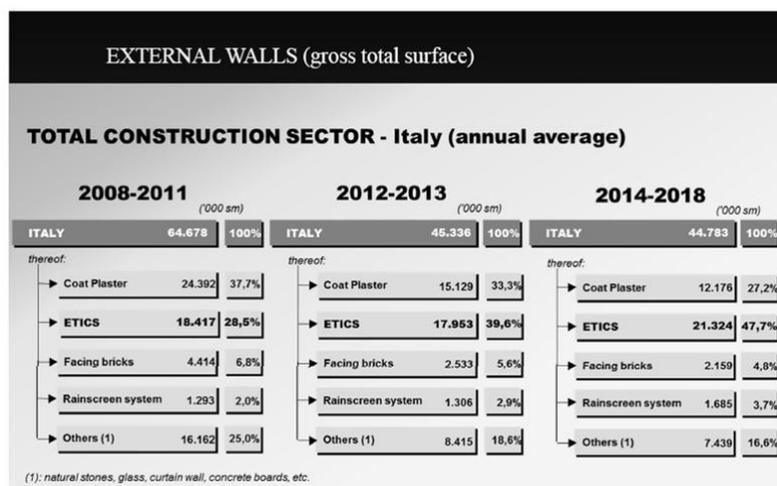


Figura 1-7. Presencia de SATE en Italia. Fuente: Francesco Toso (Cresme)

En 2014 se estima que se habían instalado en Europa aproximadamente entre 215 y 230 mil m² de SATE (R.Parker/C. Franke, 2014) [10], de los cuales entre España e Italia se habían instalado entre 19 y 20 mil m², un 9% del total. De esa cantidad, en torno al 88% fue con planchas de aislamiento de EPS, el 9% MW (lana mineral) y el 3% otros aislantes como por ejemplo el corcho natural.

Durante el desarrollo de mi profesión como Product Specialist asesorando en todo tipo de obras a nivel nacional he podido comprobar que efectivamente la solución más extendida en la ejecución del SATE es aquella que utiliza el EPS como aislante, sobre todo en la rehabilitación de grandes edificios de viviendas, dejando de forma residual la ejecución con aislantes naturales en las autopromociones, viviendas unifamiliares, etc... donde se busca este tipo de aislante porque precisamente y en teoría son de mayor calidad desde el punto de vista del aislamiento acústico, durabilidad, comportamiento al fuego, transpirabilidad y características medioambientales.

De la experiencia en estas obras surge la inquietud de si la gran cantidad de edificios aislados con SATE se han ejecutado de forma correcta y de si es la solución más sostenible ya que, por lo general, los materiales empleados que ayudan a lograr los objetivos de eficiencia energética pueden requerir de una cantidad significativa de energía para su fabricación. Tomando conciencia de ello podíamos hacer que los edificios consumieran menos energía y disminuyeran las emisiones de CO² desde el momento de la construcción o rehabilitación, por lo que el análisis que realizaremos será útil para poder prescindir de ciertos materiales usados por costumbre que evitan el uso de otras alternativas más sostenibles.

Por otro lado existe la duda de si la proliferación del sistema ejecutado con EPS es la solución más adecuada o por el contrario puede generar algún tipo de patología o daño al edificio a medio o largo plazo, en este “nuevo” sistema (relativamente todavía no muy usado en España), de forma que los profesionales de la construcción, por desconocimiento o miedo, acaben por despreciarlo y dejar de utilizarlo o utilizarlo de forma esporádica, a pesar de sus grandes virtudes, como ha pasado históricamente con otros sistemas (ejemplo: Ytong o Termoarcilla).

1.3. Objetivos

1.3.1. General

El objetivo general es describir el SATE con todas sus características, componentes, ventajas y posibles errores que se pueden cometer en su ejecución. Para valorar realmente las ventajas compararemos la eficiencia del sistema frente a diferentes soluciones de envolvente térmica con acabados similares.

De la misma forma, una vez conozcamos que es un SATE describiremos las diferentes soluciones posibles dependiendo de los materiales a utilizar. Además realizaremos un estudio sobre la adecuación a la normativa de cada uno de estos sistemas.

1.3.2. Específicos

- Recopilar las soluciones de SATE que ofrece el mercado
- Contabilizar y comparar la energía embebida en los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas
- Contabilizar y comparar las emisiones de CO₂ de los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas
- Comprobar el impacto sobre la salud e las personas
- Comprobar el impacto sobre el medioambiente
- Estudiar la emisión de COV's de los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas
- Estudiar la transpirabilidad de los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas y de los sistemas completos.

El objetivo final del presente TFM es crear una escala y una clasificación de los diferentes SATE disponibles en el mercado identificando cuál de ellos es el mejor y cual el peor.

1.4. Alcances y Limitaciones

1.4.1. Alcances

El estudio comparativo de SATE con otras soluciones de aislamiento térmico disponibles se realizará sobre un edificio de referencia concreto, que se describe en el punto específico del Capítulo 4, Metodología.

1.4.2. Limitaciones

Debido a la infinidad de soluciones constructivas disponibles en el mercado de soluciones SATE, en el presente estudio se trabajará exclusivamente con aquellas que cumplen la Guía Europea ETAG 004, por lo tanto quedan excluidas de este estudio por ejemplo los acabados cerámicos o aislantes de hormigón celular que denominándose comercialmente SATE no se ajustan a la citada Guía.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se recoge un breve resumen de la evolución hasta el día de hoy de las emisiones de CO₂ y los usos de la energía así como la importancia que ha cobrado la eficiencia energética y la sostenibilidad.

Seguidamente se expondrán los datos de mediciones de emisiones de CO₂ y consumo de energía a nivel mundial, europeo y nacional, para tomar conciencia de la situación actual y del marco normativo en el que nos encontramos.

Tras presentar estos puntos se expondrá la importancia de los SATE como solución para reducir el consumo energético y, así, las emisiones de CO₂.

Para finalizar reflexionaremos sobre el coste energético de la fabricación de los materiales de construcción y el impacto que tienen sobre la salud de las personas el uso y puesta en obra de estos materiales.

2.1. Antecedentes Históricos

La revolución industrial que inició aproximadamente en 1760 es, sin lugar a duda, el punto de partida del crecimiento económico, auge científico y técnico, así como responsable del uso intensivo, extensivo e irracional de los recursos naturales en busca de modelos de acelerado crecimiento económico. La revolución industrial simbolizaba el motor del desarrollo del capitalismo, aunque ello implicara la explotación intensiva y sistemática de los recursos naturales conllevando al deterioro ambiental.

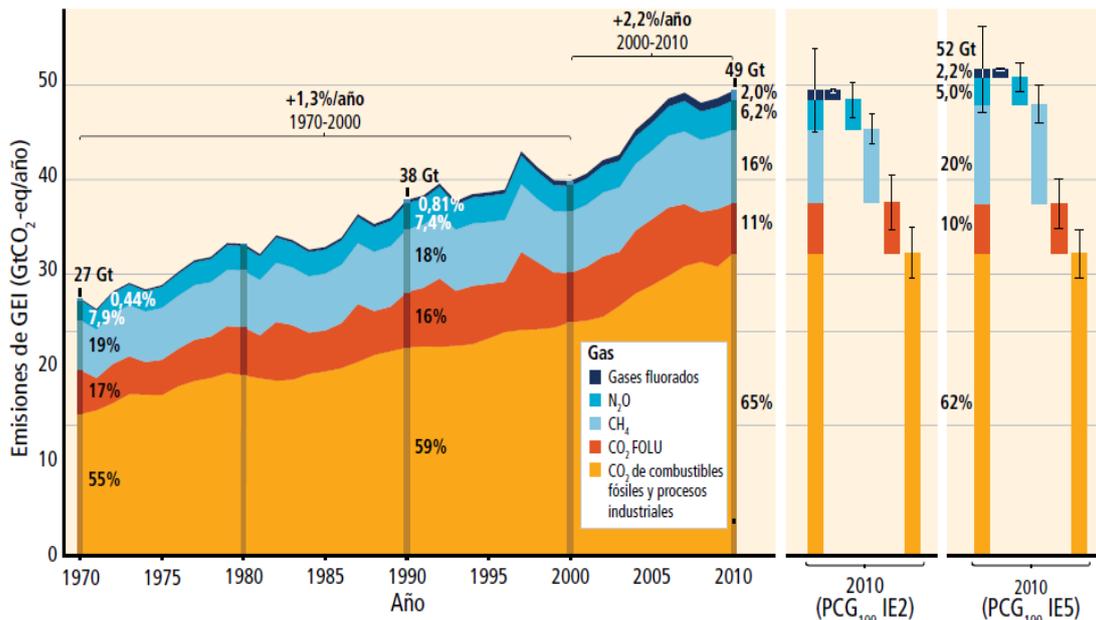


Figura 2-1. Emisiones antropogénicas anuales totales de GEI por gases, 1970-2010. Fuente: IPCC, Cambio Climático 2014. [11]

En 1972, se realizó la Conferencia de Estocolmo donde sobresalieron dos puntos:

- Los bajos niveles de bienestar social de las naciones subdesarrolladas impulsaron el deterioro ambiental, pues éstas buscaban disminuir sus niveles de pobreza mediante la explotación intensiva y extensiva de los recursos naturales.
- El problema ambiental es prioritario y de urgente atención, razón por la que debe ser incorporado en las políticas de desarrollo de todos los países, ya que es algo trascendental y de vital importancia.

Este mismo año se concluye la investigación de un grupo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology titulada “Los límites del crecimiento” bajo la dirección de la Dra. Donatella Meadows y del profesor Dennis L. Meadows, donde se efectúa un análisis sobre las tendencias de los problemas económicos que amenazaban la sociedad mundial (Meadows, Meadows, & Randers, 1994) [12].

La principal conclusión de este estudio fue: si se mantenían las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de los recursos, este planeta alcanzará los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años. El resultado más probable sería un súbito e incontrolable descenso tanto de la población como de la capacidad industrial.

Luego de estos acontecimientos, el problema y los principios ambientalistas recibieron gran impulso. Pero, sobre todo, contribuyó a crear conciencia y alertar a la humanidad sobre la problemática y la búsqueda de posibles soluciones bajo un modelo sustentable. Lamentablemente estos impulsos y fomentos ambientalistas se vieron opacados por asuntos coyunturales que absorbieron la atención de los gobernantes (Edwards, 2008) [13].

En el año 1987 el tema del medio ambiente vuelve a aparecer de forma trascendental con un acuerdo internacional, en el cual se produce la definición del desarrollo sostenible. En este año, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD), coordinada por la primera ministra noruega Sra. Gro Harlem Brundtland, emitió un informe denominado "Nuestro Futuro Común" [14], más conocido como el informe Brundtland. En este documento se popularizó el término desarrollo sostenible, definiéndolo como aquel que es capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones. (World Commission on Environment and Development, 1987).

En 1997 surge el Protocolo de Kioto [15], de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cual tiene como objetivo principal lograr que para el 2008-2012 los países desarrollados disminuyan sus emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) a un 5% menos del nivel de emisiones de 1990. Si un país falla en cumplir este mandato podría ser forzado a reducir su producción industrial.

El protocolo fue inicialmente adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kyoto, Japón, pero no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre de 2009, eran 187 estados los que ratificaron el protocolo. Estados Unidos, el cual fue el mayor emisor de GEI mundial, no ratificó el protocolo (United Nations, 2009).

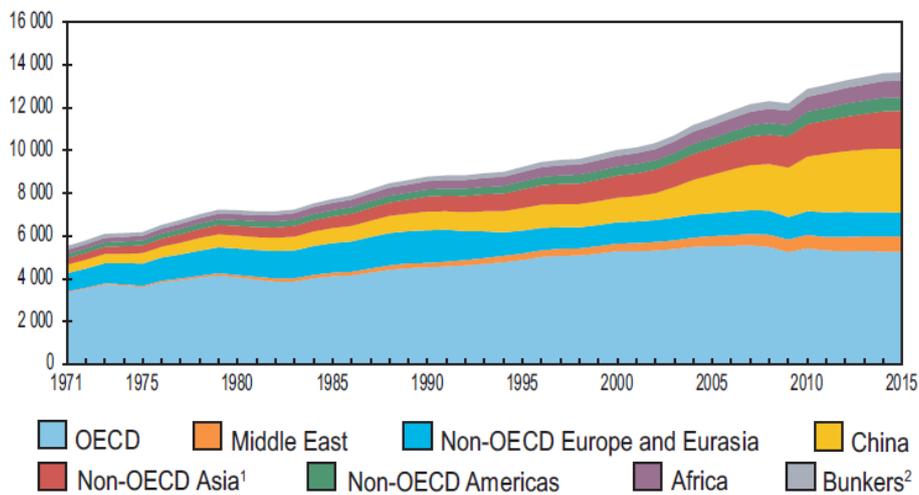
Actualmente, el uso de la energía proveniente de combustibles fósiles sigue en aumento, al igual que las emisiones de CO₂, conllevando al calentamiento global y la extinción de especies. A pesar de los esfuerzos por minimizar las consecuencias catastróficas, aún no se ha llegado a un modelo sostenible en el que haya una reducción significativa de uso de recursos materiales naturales, energía y emisiones de CO₂.

2.2. Emisiones de CO₂ y Consumo de Energía en el Sector Residencial

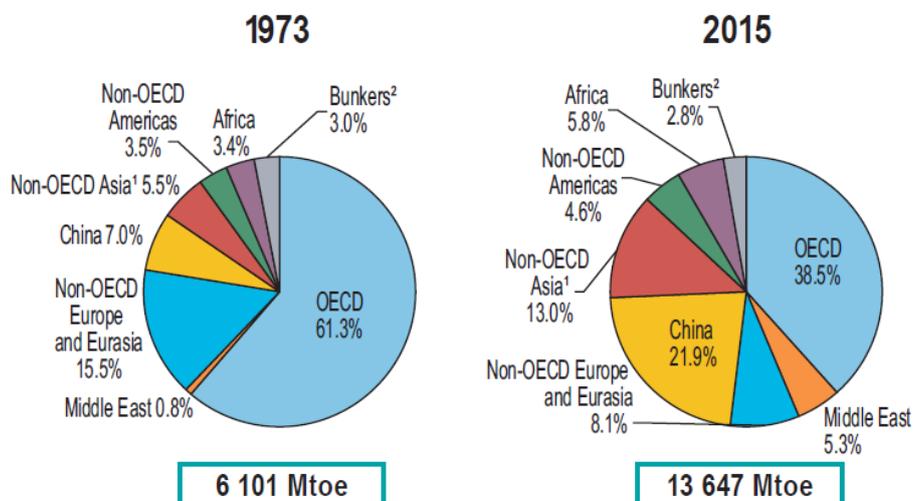
2.2.1. Consumo de energía a nivel mundial

El crecimiento de consumo de energía a nivel mundial ha indicado una preocupación por las dificultades de suministro, el agotamiento de los recursos energéticos y los impactos ambientales (reducción de la capa de ozono, calentamiento global, el cambio climático, etc.). La Agencia Internacional de Energía (IEA: International Energy Agency) [16] ha reunido datos alarmantes sobre las tendencias del consumo de energía. Desde el año 1973 hasta 2015, la energía primaria consumida ha crecido en un 123,7%.

World TPES from 1971 to 2015 by region (Mtoe)



1973 and 2015 regional shares of TPES



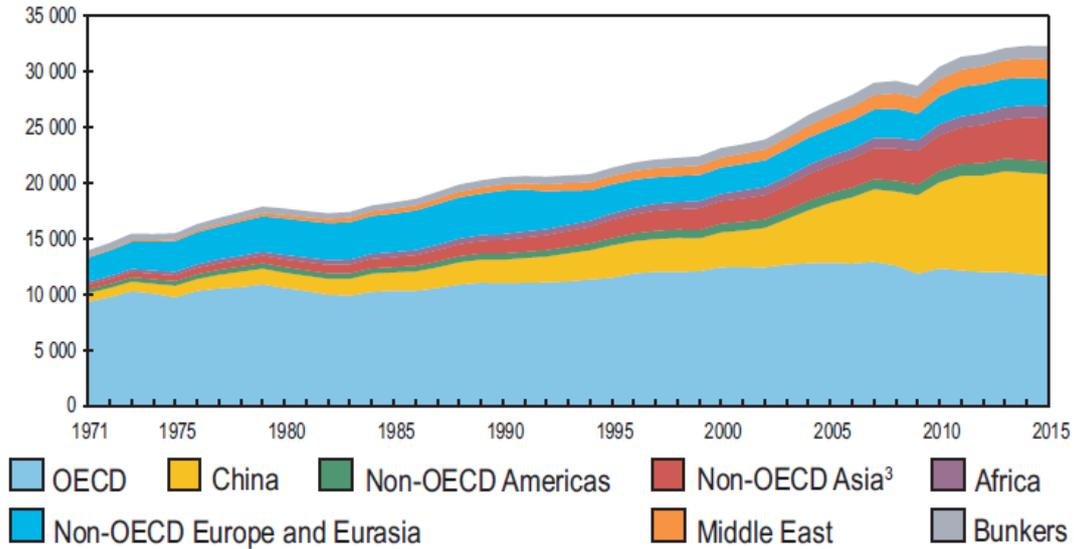
1. Non-OECD Asia excludes China.

2. Includes international aviation and international marine bunkers.

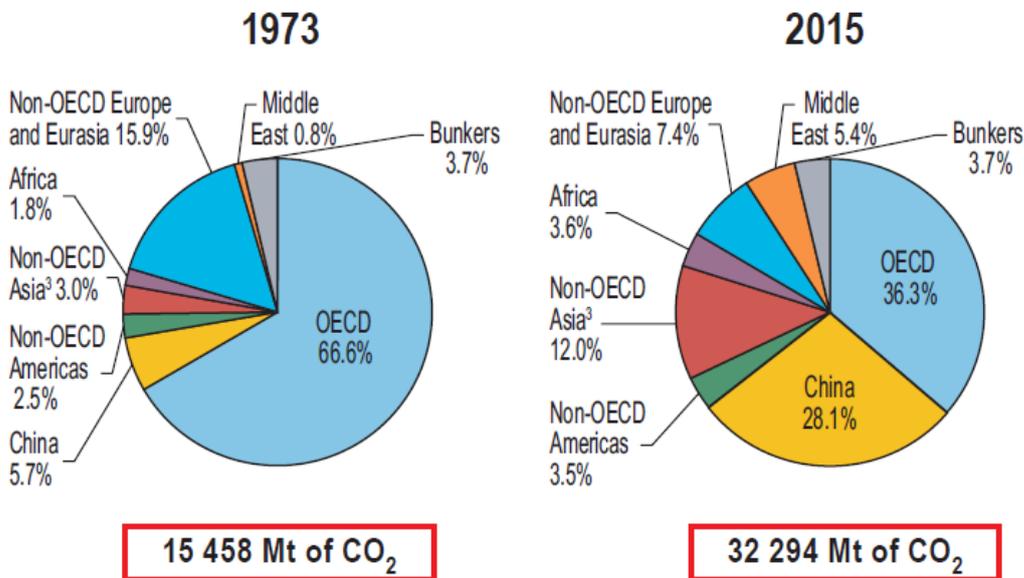
Figura 2-2. Suministro Total de Energía Primaria mundial por región desde 1971 y 1973 hasta 2015.
Fuente: Key world energy statistics, IEA (2017).

Y las emisiones de CO₂ desde 1973 hasta 2015 en un 108,9%, con un crecimiento anual promedio de 2% y 2,5%.

World¹ CO₂ emissions from fuel combustion² from 1971 to 2015 by region (Mt of CO₂)



1973 and 2015 regional shares of CO₂ emissions from fuel combustion²



1. World includes international aviation and marine bunkers, which are shown together as Bunkers.
2. CO₂ emissions from fuel combustion are based on the IEA Energy Balances and on the 2006 IPCC Guidelines, and exclude emissions from non-energy.
3. Non-OECD Asia excludes China.

Figura 2-3. Emisiones mundiales de CO₂ por combustión, por región desde 1971 y 1973 hasta 2015. Fuente: Key world energy statistics, IEA (2017).

Un estudio reciente (EIA, 2017) [17] también estima que el consumo mundial de energía crecerá en un 28% entre 2015 y 2040. La mayor parte de este crecimiento provendrá de los países que no están en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), donde el fuerte crecimiento económico, el incremento al acceso a la energía comercializada y el rápido crecimiento de las poblaciones llevan a un aumento de la demanda de energía, sobre todo en Asia. El consumo de energía en países que no pertenecen a la OCDE (Asia, incluyendo China e India) aumenta un 41% entre 2015 y 2040 en contraste con un 9% aumento en los países de la OCDE.

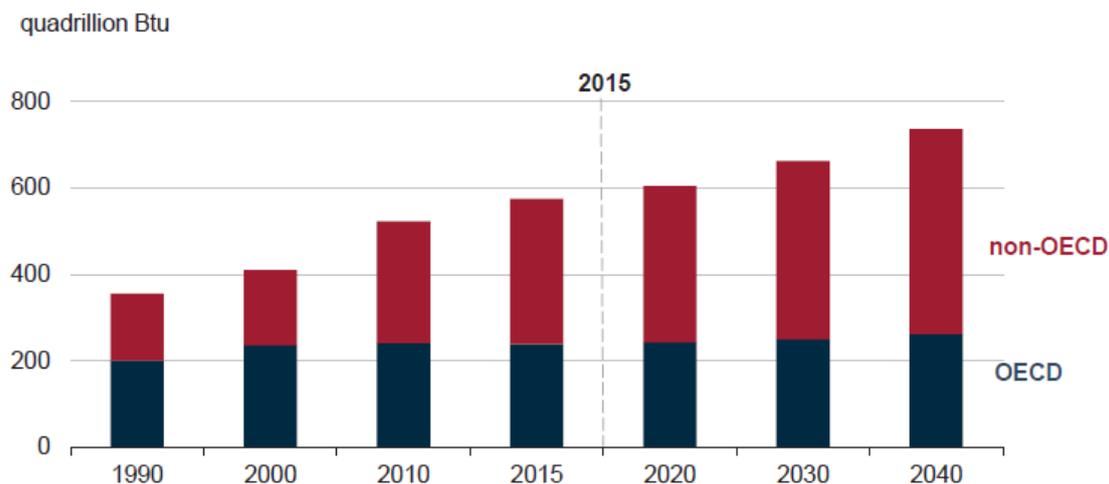


Figura 2-4. Consumo mundial de energía. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.

Según la proyección, las preocupaciones sobre la seguridad energética, los efectos de las emisiones de combustibles fósiles en el medio ambiente y los precios del petróleo, favorecen al uso de fuentes de energía renovable. Las energías renovables son las fuentes de más rápido crecimiento en el periodo de proyección. Las energías renovables (incluida la hidroeléctrica) aumenta en un promedio de 2,8% por año hasta el 2040, gracias también a las mejoras tecnológicas y a los incentivos económicos en muchos países (EIA, 2017) [17].

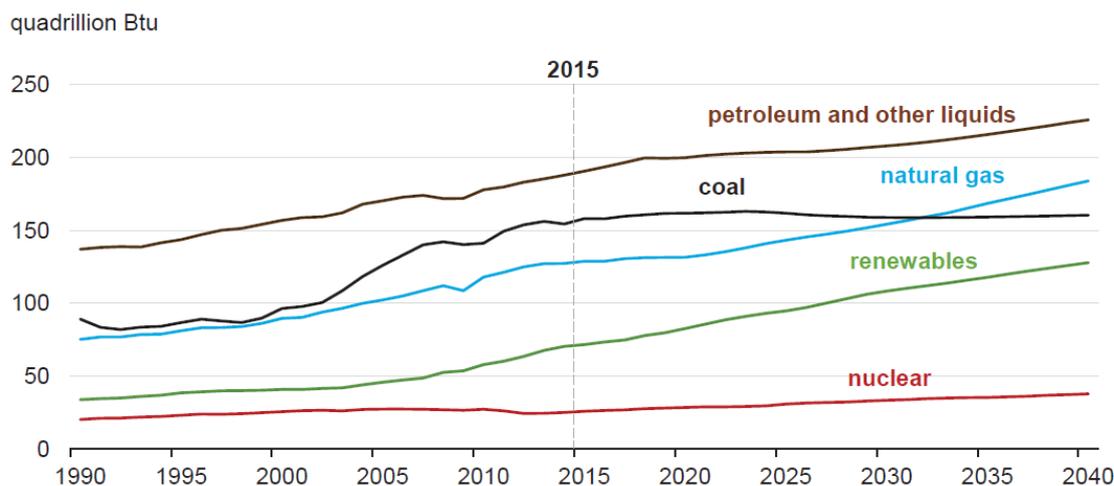


Figura 2-5. Consumo mundial de energía según la fuente energética. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.

A pesar de que se prevé que el uso de los combustibles no fósiles crezca más rápidamente que los combustibles fósiles (petróleo y otros combustibles líquidos, gas natural y carbón), se espera que los combustibles fósiles continúen cubriendo gran parte de la demanda energética mundial. El petróleo y otros líquidos siguen siendo la principal fuente de energía, pero su participación en la energía comercializada en el mundo disminuye de 33% en 2015 a 31% en 2040. El gas natural, que tiene una menor intensidad de carbono que el carbón y el petróleo, es el de más rápido crecimiento de los combustibles fósiles en el panorama, con un consumo que se incrementa en un 2,1 % por año.

Por su parte la generación de carbón disminuye de un 40% en 2015 a un 31% en 2040, de forma que en 2040 las energías renovables proporcionen la misma participación en la generación mundial de electricidad que el carbón, 31%.

En comparación con el fuerte crecimiento en el uso de carbón a principios de la década de 2000, se proyecta que el consumo mundial de carbón se mantendrá estable, con disminuciones en las regiones de la OCDE y China compensando el crecimiento en India y otras naciones asiáticas no pertenecientes a la OCDE. El carbón se sustituye cada vez más por el gas natural, las energías renovables y la energía nuclear (en el caso de China) en la generación de electricidad. La demanda industrial de carbón también se debilita.

En general, la globalización y la mejora de las condiciones de vida en las regiones emergentes, el desarrollo de redes de comunicación, promover el estilo de vida de las naciones desarrolladas y aumentar las necesidades de energía a los patrones de consumo va a agotar los combustibles fósiles y producirán un impacto ambiental grave. En este sentido, la energía actual y los sistemas socioeconómicos son definitivamente insostenibles (Pérez-Lombard et al., 2008).

EL SECTOR RESIDENCIAL

Según el informe International Energy Outlook (EIA, 2017) [17] el sector de edificios, que incluye estructuras residenciales y comerciales, representa casi el 21% del consumo mundial de energía generada en 2040, aproximadamente igual que su participación en 2015. Se prevé que el uso de energía en los edificios aumentará en un 32% entre 2015 y 2040. La mayor parte del aumento se produce en países grandes y emergentes que no pertenecen a la OCDE, donde la población continúa cambiando de zonas rurales a urbanas. El uso de electricidad en los edificios crece un 2% anual entre 2015 y 2040, ya que el aumento del nivel de vida en los países que no pertenecen a la OCDE aumenta la demanda de electrodomésticos, equipos personales y servicios comerciales.

El consumo de gas natural en los edificios crece en un 20% durante el período 2015-40, ya que el aumento de la demanda en los países que no pertenecen a la OCDE se ve parcialmente compensado por las mejoras en los equipos de calefacción espacial. El consumo de carbón, utilizado principalmente para la calefacción del espacio, el calentamiento del agua y la cocina, continúa disminuyendo en el sector residencial y se mantiene relativamente estable en el sector comercial (EIA, 2017) [17].

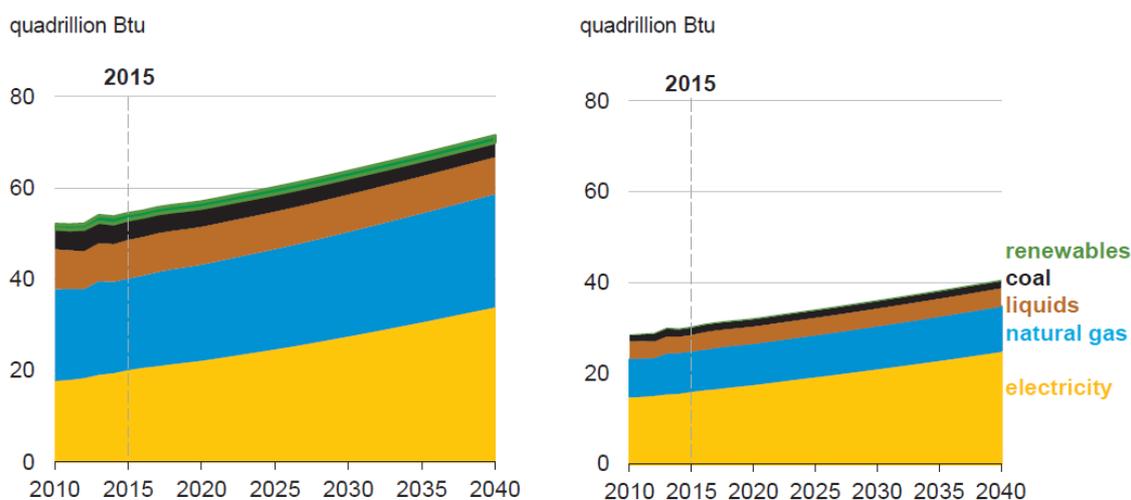


Figura 2-6. Consumo mundial de energía del sector residencial (izq.) y sector comercial (dcha.) por tipo de fuente energética. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.

Los niveles de ingresos y costes de la energía influyen en la forma en que se consume la energía en el sector residencial, al igual que varios otros factores, tales como la ubicación, construcción y características de los hogares, el clima, los tipos de equipos y la eficiencia, el acceso a la energía suministrada, la disponibilidad de fuentes de energía, y las políticas relacionadas con la energía. Como resultado, los tipos y las cantidades de consumo de energía de los hogares pueden variar ampliamente dentro y entre regiones y países.

El tipo de uso del edificio también es un importante contribuyente del aumento de la demanda. La generación neta de electricidad en países fuera de la OCDE aumenta un promedio de 1,9%/año entre 2015 y 2040, en comparación con 1,0%/año en los países de la OCDE. El consumo de electricidad aumenta más en los edificios residenciales y comerciales durante el período de 2015-40 a medida que aumentan los ingresos personales y la migración urbana continua en los países fuera de la OCDE (EIA, 2017).

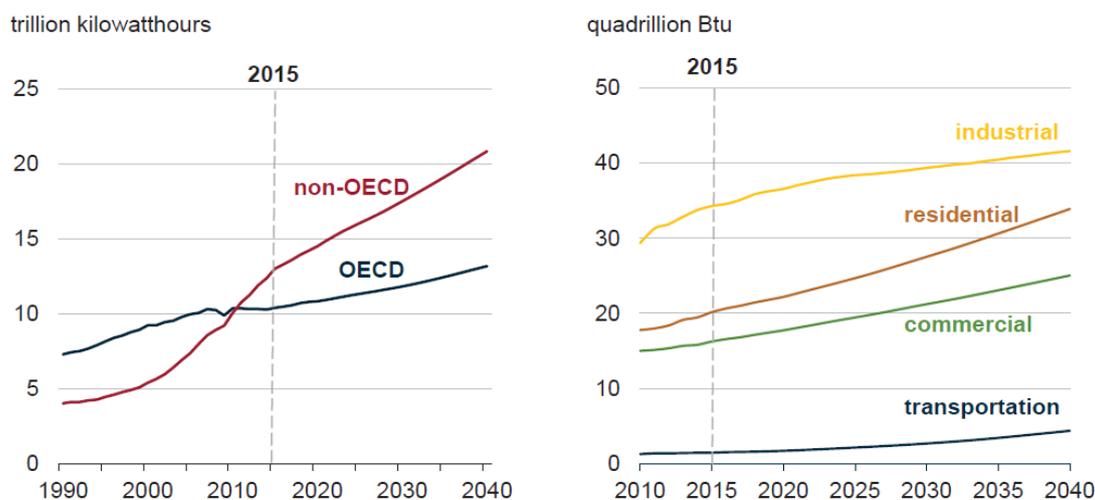


Figura 2-7. Generación de energía de los países de la OCDE y los de fuera de la OCDE (izq.) y uso mundial de la electricidad por sectores. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017.

La proporción de electricidad utilizada en el transporte se duplica entre 2015 y 2040 a medida que más vehículos eléctricos se incorporan a la flota y el uso de electricidad para el ferrocarril se expande, pero esta participación representa solo el 4% del consumo total de electricidad consumido en 2040 (EIA, 2017).

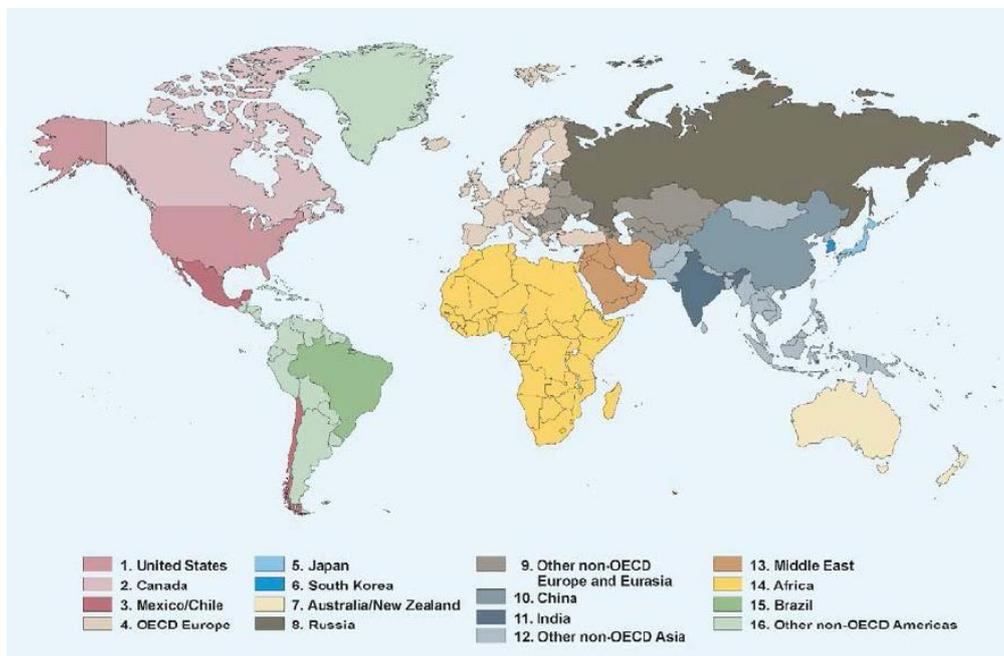


Figura 2-8. Mapa de regiones IEO. Fuente: EIA, International Energy Outlook 2017 (IEO2017).

2.2.2. Consumo de energía en Europa

Los países europeos consumen menos energía que hace 10 años, principalmente gracias al aumento de la eficiencia energética. Europa también depende menos de los combustibles fósiles gracias al ahorro de energía y la utilización, más rápida de lo previsto, de energías renovables. En la década de 2005-2015, la proporción de energías renovables en el consumo de energía de la UE prácticamente se duplicó, pasando del 9% a cerca del 17%. Algunos sectores y países están marcando la pauta por lo que se refiere a la energía limpia. Sin embargo, a pesar de que su cuota de mercado se está reduciendo, los combustibles fósiles siguen siendo la fuente de energía dominante en Europa.

En mayo de 2016, la Asociación Portuguesa de Energías Renovables anunció que Portugal había cubierto enteramente sus necesidades de electricidad con energías renovables durante cuatro días consecutivos, 107 horas, para ser exactos. Logros como este se están haciendo cada vez más habituales en toda la UE. En determinados días, Dinamarca puede cubrir más del 100% de sus necesidades eléctricas a partir de la energía eólica, con excedentes suficientes para suministrar electricidad a determinadas partes de Alemania y Suecia (AEMA, 2017) [18].

La proporción de las fuentes de energía renovables aumenta con rapidez en el total de la energía utilizada en Europa. No obstante, la mayor parte de la energía que se consume en la UE sigue procediendo de los combustibles fósiles (72,6% por lo que respecta a consumo

interior bruto en 2015), aunque su proporción en el conjunto de fuentes energéticas no ha dejado de descender. Del mismo modo, el consumo general de energía en Europa se redujo más de un 10 % entre 2005 y 2015, y alcanzó casi los 1 630 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) en 2015. Esta notable disminución se debió a las mejoras en la eficiencia energética, el aumento de la proporción de energías procedentes de fuentes hidráulica, eólica y solar fotovoltaica, los cambios estructurales en la economía y la recesión económica de 2008. También ha contribuido el hecho de que los inviernos hayan sido más cálidos, lo que ha permitido reducir la cantidad de energía destinada a calefacción (AEMA, 2017) [18].

Tabla 2-1. Consumo de energía final en Europa. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].

TOTAL

Mtoe	1995	2000	2005	2010	2014	2015
EU-28	1 082.8	1 132.9	1 192.3	1 164.5	1 061.7	1 084.0
Index 1995	100 %	105 %	110 %	108 %	98 %	100 %

En 2015, el consumo final de energía alcanzó 1.084,0 millones de toneladas de petróleo equivalente (Mtep) en la UE-28. Los edificios (hogares y servicios) representaron aproximadamente el 39% del consumo final de energía en 2015 (mientras que los hogares representaron el 25,4% y los servicios el 13,6%, +4% en comparación con 1990), el transporte 33,1% (+7% en comparación con 1990) seguido de industria con 25,3% (-8% en comparación con 1990) y agricultura 2,3% (-2% en comparación con 1990).

Tabla 2-2. Consumo de energía final en Europa por sector. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].

BY SECTOR

	2015					
	Transport	Residential	Industry	Services	Agriculture and Fishing	Other
Mtoe						
EU-28	358.6	275.2	274.7	146.9	24.7	3.8
Share (%)	33.1 %	25.4 %	25.3 %	13.6 %	2.3 %	0.4 %

La superficie total de los edificios representó aproximadamente 25 mil millones de m² en la UE en 2015. El sector residencial representa aproximadamente el 75% de la superficie total.

A nivel de la UE, el consumo específico anual promedio por m² para todos los tipos de edificios fue de alrededor de 203 kwh/m² en 2015. Los edificios no residenciales son en promedio un 70% más intensivo de energía que los edificios residenciales (293 kwh/m² comparado con 175 kwh/m²).

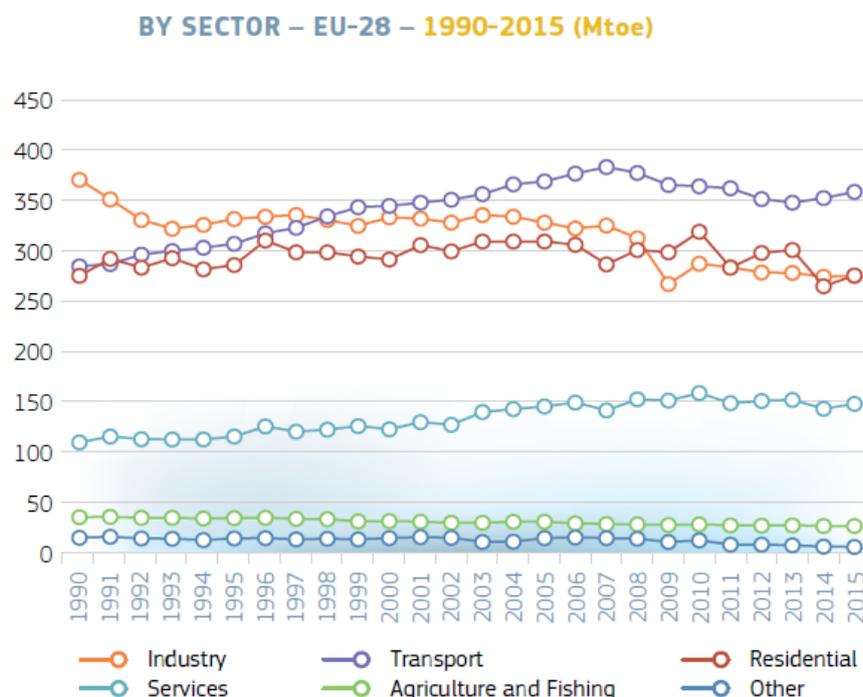


Figura 2-9. Histórico de consumo de energía final en Europa desde 1990 hasta 2015, por sector. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017 [7].

El consumo de energía del hogar por vivienda (clima normal) alcanzó 175 kwh/m² por vivienda (o 1,4 tep) en 2015. Existen grandes discrepancias entre los países en cuanto al consumo por vivienda, que van desde menos de 0,8 tep por vivienda en Malta, Portugal, Bulgaria y España a alrededor de 2 tep por vivienda en Suecia, Alemania, Austria, Croacia o Finlandia.

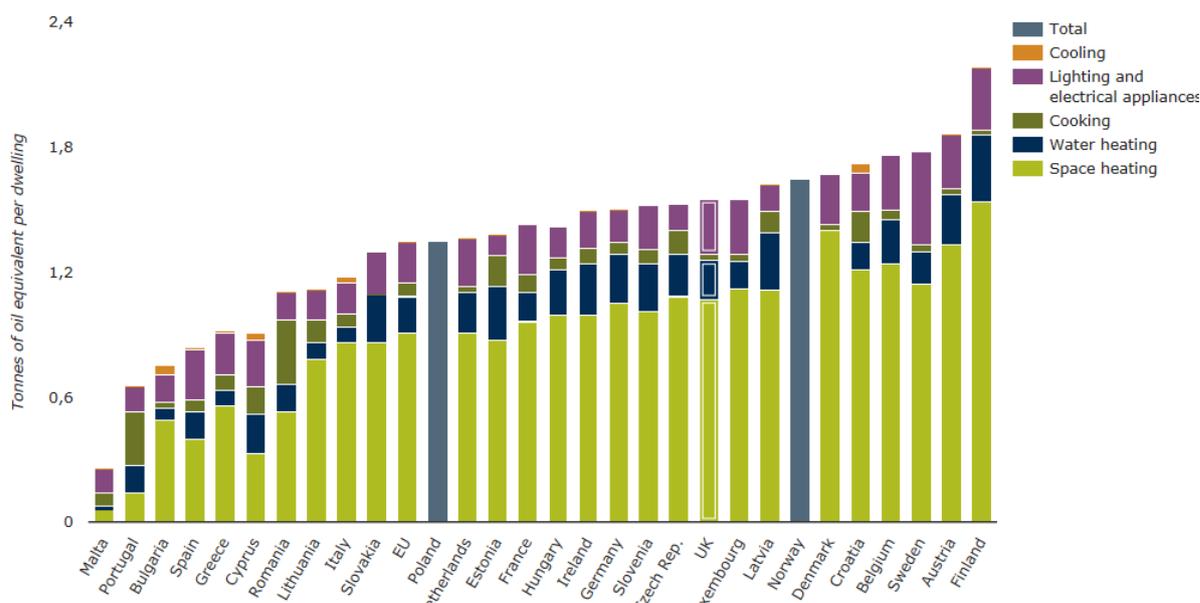


Figura 2-10. Consumo energético en Europa de los hogares por vivienda según uso final. Fuente: Odyssee proporcionado por Earth Observation - Environment (ACRI-ST)

La calefacción de espacios representó el 68% del consumo de energía de los hogares en 2015, aunque esta cifra disminuyó del 70% en 2005 y del 72% en 1990. En 2015, los electrodomésticos y la calefacción de agua representaron el 12% del consumo de energía de los hogares. El consumo de energía de los electrodomésticos aumentó en un 3% en comparación con 1990. Además, la cocina representa el 5% y enciende el 2% del consumo de energía de los hogares. El aire acondicionado solo representa el 0,4% del consumo de energía de los hogares, pero el 2,9% de la electricidad específica de los hogares (desde el 0,7% en 1990).

Las mejoras en la eficiencia energética para la calefacción de espacios se produjeron como resultado del mejor desempeño térmico de los edificios, lo que a su vez fue alentado por normas de eficiencia obligatorias para edificios nuevos, un aumento en la penetración de calderas de condensación y bombas de calor y la remodelación térmica de viviendas existentes. Las normas para edificios nuevos han contribuido a reducir el promedio de consumo unitario del stock de vivienda para el conjunto de la UE en un 0,5% por año de media entre 1990 y 2015, lo que representa aproximadamente la mitad del ahorro total para la calefacción de espacios domésticos.

A nivel de la UE, la energía consumida por los hogares de aire acondicionado aumentó en promedio alrededor de 7.6% por año desde 1990 y en 2.7% por año desde 2005. Cada vez más viviendas tienen aire acondicionado: de 0.8% en 1990 a 1.5% en 2005 y el 2,4% en 2015. En toda la UE, la energía promedio consumida en aire acondicionado por m² ha aumentado una media de un 1,3% anual desde 1990. El porcentaje de cobertura de los sistemas de refrigeración más eficientes ha aumentado significativamente en Europa, donde los aires acondicionados A ++ y A +++ recientemente vendidos aumentaron del 11% en 2011 al 27% en 2015. Este aumento fue impulsado por la nueva etiqueta energética para aire acondicionado, que se aplicó desde enero de 2013. Como resultado de estos acondicionadores de aire más eficientes, a nivel de la UE, el consumo específico por m² con aire acondicionado ha disminuido desde 2002.

El consumo de energía de los aparatos eléctricos aumentó en promedio un 0.7% por año entre 1990 y 2015. Este consumo de electricidad es impulsado por la cantidad creciente de equipos domésticos (multi-equipos, equipos de TI, etc.), pero se ve compensado por el progreso técnico debido a la difusión de equipos cada vez más eficientes. En el caso de los electrodomésticos grandes, la mejora de la eficiencia energética se debe a mejoras técnicas impulsadas por las directivas de la UE sobre el etiquetado obligatorio para todos los electrodomésticos grandes y la iluminación, y sobre normas mínimas de energía para electrodomésticos fríos, así como acuerdos voluntarios con el Comité Europeo de Fabricantes de Equipos Domésticos CECED). Como resultado, la proporción de los dispositivos más eficientes (A +, A ++ o más recientemente A +++) ha aumentado significativamente: del 9% en 2005 al 98% en 2015 para refrigeradores y del 18% al 95% para lavadoras. El consumo de iluminación por vivienda ha disminuido en un 1,2% anual desde 1990, como resultado del despliegue de equipos de iluminación eficientes. El número de televisores casi se ha duplicado en la UE durante el mismo período, con alrededor de 1.9 televisores por hogar en 2015. Al mismo tiempo, el consumo específico de televisión aumentó aproximadamente un 0.6% por

año desde 1990. Los equipos de alta definición de hoy en día, tales como la pantalla de cristal líquido (LCD) y los modelos de pantalla plana de plasma, consumen menos energía pero son más grandes. La relación entre el tamaño de la pantalla y el consumo de energía en modo activo promedio de un televisor es obvia: cuanto mayor sea la pantalla, mayor será el consumo de energía.

La descomposición del consumo de energía por vivienda para la UE en su conjunto, que disminuyó en un 1% por año entre 1990 y 2014. Este fue el resultado de dos factores opuestos. Por un lado, el consumo de energía del hogar por vivienda aumentó en un 1.2% por año entre 1990 y 2015 debido a un mayor número de artefactos por vivienda y hogares domiciliarios. Por otro lado, el ahorro de energía, principalmente como resultado de las mejoras en la eficiencia energética en los diversos usos finales, contribuyó a una disminución en el consumo de energía de los hogares del 2.1% anual durante el mismo período.

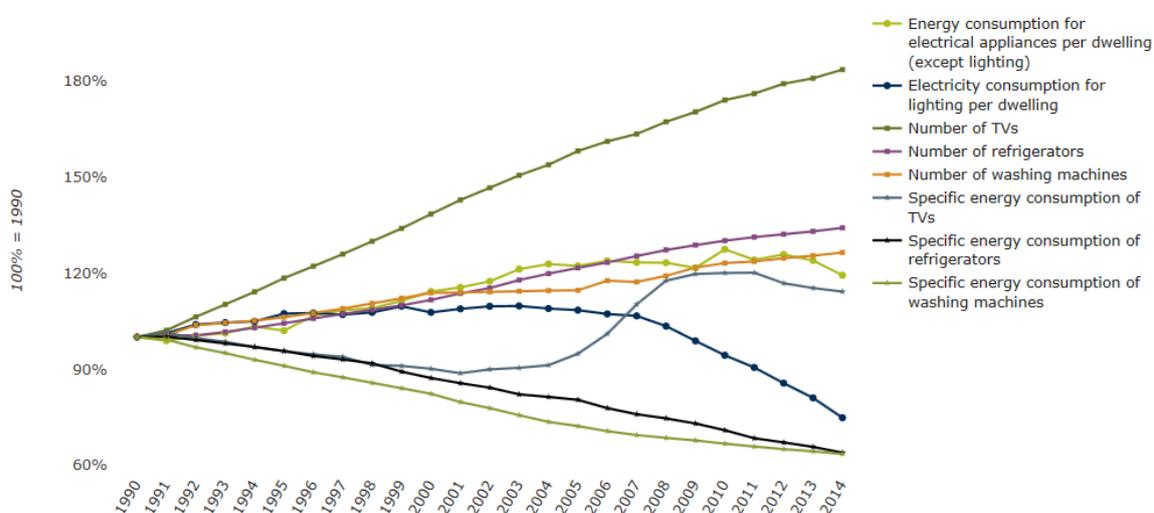


Figura 2-11. Consumo de energía por aparatos eléctricos en los hogares. Fuente: Odyssee proporcionado por Earth Observation - Environment (ACRI-ST)

En los países de la UE se han introducido requisitos ambiciosos para el rendimiento energético en los edificios para alentar la renovación de edificios a niveles de Edificios de Consumo Casi Nulo (EECN). Para 2020, todos los edificios nuevos en la UE deberían ser EECN de acuerdo con la EPBD. La disminución requerida en el consumo de energía de los edificios de baja energía oscilará entre el 30-50% de lo que actualmente se requiere para los edificios nuevos con las regulaciones existentes. No existe una única definición armonizada de EECN en Europa: se utilizan diferentes enfoques y criterios de EECN en los países de la UE, lo que no permite una comparación equitativa entre países. Para la mayoría de los países, se espera que los nuevos edificios EECN consuman menos de 50 kWh/m² por año (incluido el uso general de energía para la calefacción de agua, el aire acondicionado, la ventilación y la iluminación). Para otros países, el consumo de energía primaria es mayor: este es el caso de Letonia, Chipre, Rumania y Austria.

2.2.3. Consumo de energía en España

A nivel nacional, la evolución del consumo de energía final desde el año 2000 había experimentado un aumento de hasta un 23,2% en el año de máximo consumo que fue el 2007. Desde entonces ha experimentado un descenso gradual de hasta un 18,1% con respecto al 2007 en el último año disponible, 2015. Lo que supone que el consumo del año 2015 se encuentra en niveles del año 2000, subiendo apenas un punto porcentual (1%), (IDEA, 2017)

Las valores porcentuales del consumo de energía final por fuentes energéticas se han mantenido con muy pocas variaciones siendo estos valores en el año 2015 los que se reflejan en la Figura 2-12 (IDEA, 2017) [19].

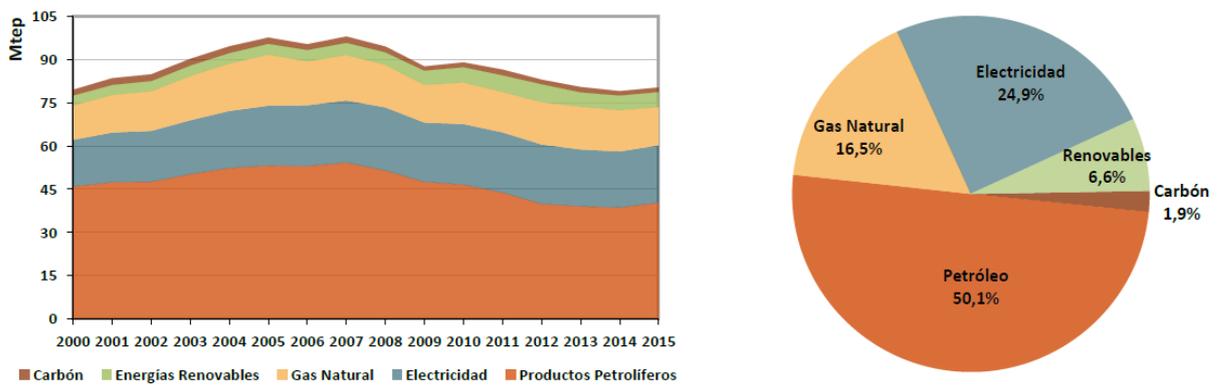


Figura 2-12. Evolución entre 2000 y 2015 (izq.) y estructura en 2015 (dcha.) del consumo de energía final por fuentes energéticas. Fuente: IDEA (2017).

En cuanto a la evolución por sectores, desde el año 2000 hasta el 2015 la mayor evolución se encuentra en el sector Industrial con un descenso del 25,4% con respecto al año 2000, mientras que el sector residencial y el sector servicios han experimentado un incremento del 24% y 50% respectivamente con respecto al año 2000. La distribución porcentual del consumo de energía final por sectores y uso del año 2015 se refleja en la Figura 2-13 (IDEA, 2017) [19].

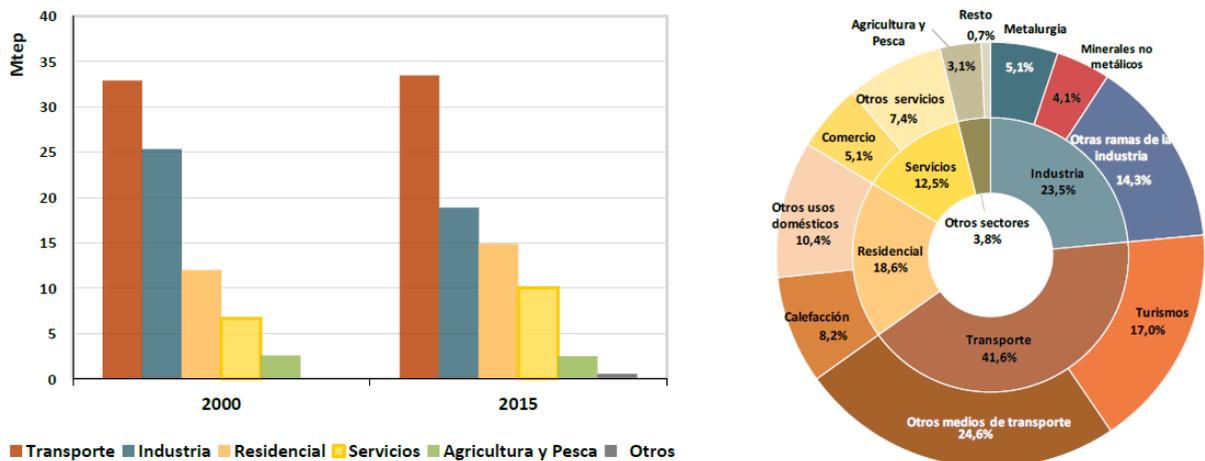


Figura 2-13. Evolución entre 2000 y 2015 (izq.) y estructura en 2015 (dcha.) del consumo de energía final por sectores. Fuente: IDEA (2017).

El sector residencial en España es el responsable de aproximadamente el 18,6 % del consumo total de energía final, mientras que el sector servicios representa el 12,5%.

Tabla 2-3. Consumo de energía final en España por sectores. Fuente: EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2017.

Mtoe, unless otherwise stated	1995	2000	2005	2010	2014	2015
Final Energy Consumption	64.03	79.90	97.77	89.08	79.23	80.46
by Sector						
Industry	20.54	25.38	30.98	21.45	20.01	18.92
Transport	26.44	33.23	39.94	37.19	31.99	33.60
Residential	10.01	12.00	15.13	16.92	14.71	14.88
Services	4.33	6.71	8.42	9.80	8.85	10.04
Agriculture and Fishing	2.20	2.57	3.11	2.24	2.77	2.49
Other	0.51	0.00	0.19	1.49	0.91	0.55

Según un análisis reciente de estado actual de las viviendas en España (Gangoellis, Casals, Forcada, Macarulla, & Cuerva, 2016) [20], estas tienen un rendimiento energético deficiente. De este estudio también se extrae que las viviendas unifamiliares son las que consumen mayor energía con un promedio 248,0 kwh/m²/año, mientras que un apartamento consume 183,2 kwh/m²/año y en cuanto al sector terciario tiene un consumo medio de energía de 317,8 kwh/m²/año (Gangoellis et al., 2016).

Unidad	Consumo del sector residencial Mtep	Cobertura en la demanda energética		Consumo térmico per cápita tep/pers	Consumo eléctrico per cápita kWh/pers	Superficie media de las viviendas ⁽¹³⁾ m ²	Ocupación media de las viviendas ⁽¹⁴⁾ pers/viv
		Energías renovables ⁽⁵⁾ %	Electricidad %				
2000	12,0	22,4	31,3	0,204	1.077	89	2,30
2015	14,9	34,5	40,5	0,190	1.503	92	2,54

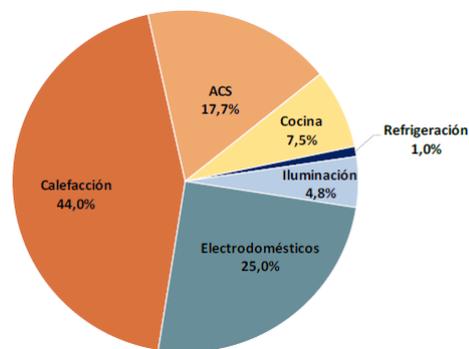
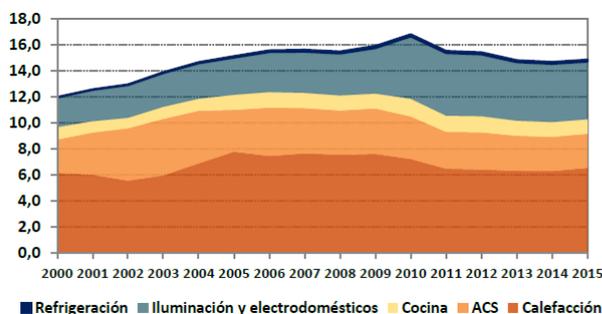


Figura 2-14. Evolución (izq.) y estructura (dcha.) del consumo energético del sector residencial. Fuente: IDAE (2017).

En cuanto al consumo de energía final por uso la calefacción representa el 44%, seguido de los electrodomésticos con el 25,0%, el ACS con el 17,7%, cocina con el 7,5%, iluminación con el 4,8% y el aire acondicionado el 1% (IDAE, 2017) [19].

El consumo eléctrico del sector residencial por tipo de de equipamiento en el año 2015 fue el que se refleja en la Figura 2-15.

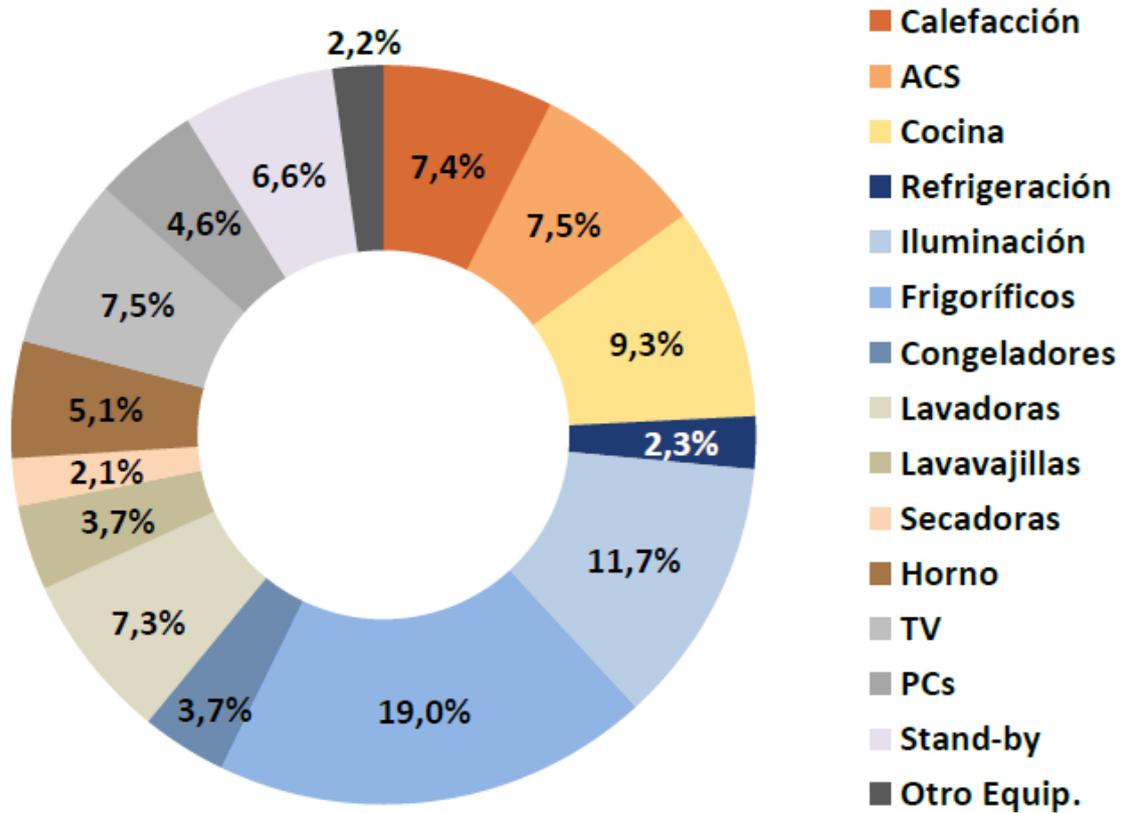


Figura 2-15. Consumo eléctrico del sector residencial por tipo de equipamiento, 2015. Fuente: IDAE (2017)

Los usos finales que han incrementado su consumo con respecto al año 2000 han sido: Iluminación, Refrigeración y Electrodomésticos. Los que han reducido su consumo han sido: Calefacción, Cocina y ACS (IDEA, 2017) [19].

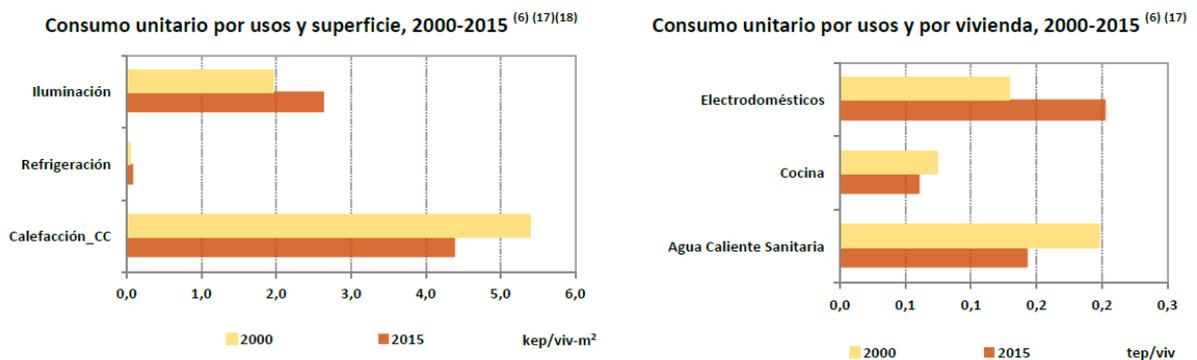


Figura 2-16. Consumo unitario por usos y superficie (izq.) y por usos y vivienda (dcha.) en 200 y 2015. Fuente: IDAE (2017)

2.2.4. Contexto Normativo

La simple elaboración de estrategias, planes de acción, así como el fomento mediante la publicidad en diferentes medios o las ayudas financieras para remodelaciones energéticas no son suficientes medidas si no se encuentran respaldadas por un marco normativo adecuado y completo.

Ley 38/1999. Ley Ordenación de la Edificación.

Se puede decir que es la ley dónde surge el resto de legislación relacionada. En ella se regulan aspectos generales de la edificación que no tienen cabida en este trabajo, pero sí emplaza la ejecución de un Código Técnico de la Edificación en el que se expongan unos requisitos básicos de la edificación para garantizar la seguridad de las personas, bienestar de la sociedad, y la protección del medio ambiente.

Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia Horizonte 2007- 2012 -2020

En cuanto al sector residencial este documento tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética en los edificios, tanto en la envolvente como en el equipamiento de la misma. Así como, realizar un seguimiento de los objetivos del Código Técnico de Edificación (CTE) y la puesta en marcha de sistemas de calificación energética en los edificios.

Real Decreto 314/2006. Aprobación del Código Técnico de la Edificación.

El presente Real Decreto da respuesta a algunos de los objetivos planteados por la Directiva 2002. En él se regulan los apartados a), b) y c) expuestos anteriormente. Como sabemos el Código Técnico de la Edificación es el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios.

Directiva 2006/32/CE sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.

La finalidad de dicha Directiva es fomentar la mejora de la eficiencia del uso final de la energía aportando objetivos, mecanismo, normas, etc. para eliminar obstáculos que impidan el uso final y eficiente de la energía; y fomentando el desarrollo en el sector energético para aportar mejoras en la eficiencia energética destinadas a consumidores finales.

Real Decreto 47/2007

Este Real Decreto establece la obligación de proporcionar a los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética, incluida la información objetiva sobre las características energéticas de los edificios, por lo que su eficiencia energética puede ser evaluada y comparada, para ayudar a promover edificios con alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía. El certificado debe incluir la calificación del edificio de energía, representada por una escala de siete letras similar al sistema existente para los aparatos electrodomésticos que va desde la clase A, para los más eficientes, a la clase G, para los menos, y una estimación del consumo de energía del edificio y las emisiones de CO₂ asociadas a su funcionamiento (Zabalza Bribián, Aranda Usón, & Scarpellini, 2009).

Directiva 2010/31/UE sobre eficiencia energética en edificios.

Esta directiva aspira fomentar la eficiencia energética de los edificios en la Unión Europea (UE), en la cual propone el planteamiento de requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios y certificados. También se establece que todos los edificios públicos construidos en Europa deben de ser Nearly Zero Energy Buildings (NZEB) a partir del 31 de diciembre de 2018 y para los edificios de titularidad privada, la fecha límite es el 31 de diciembre de 2020 (Parlamento Europeo y Consejo de las comunidades Europeas, 2010).

Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. OBJETIVO 20 - 20 - 20 dentro de la ESTRATEGIA EUROPEA 2050.

El objetivo 20-20-20 pretende reducir para el año 2020 en un 20% el consumo de energías primarias y emisiones de gases efecto invernadero y aumentar un 20% las energías renovables. Para ello, se pretende la utilización eficiente, prudente, racional y sostenible de la energía, especialmente productos generadores de emisiones CO₂. La reducción del consumo de energía y el incremento de uso de energía procedente de fuentes renovables.

La estrategia europea 2050 es una hoja de ruta a largo plazo para una economía respetuosa con el clima y con menor consumo energético. Se pretende reducir los Gases de Efecto Invernadero a la mitad de lo que se emitía en 1990; se propone reducir las emisiones en un 1% anual hasta el 2020, un 1,5% hasta el 2030 y un 2% hasta el 2050.

Real Decreto 235/2013 sobre eficiencia energética en los edificios.

Por el que se aprueba el procedimiento básico para la Certificación de eficiencia energética de los edificios (nuevos y existentes), gracias a este se puede saber cuánta energía consume una vivienda antes de comprarla o alquilarla, igual que sucede con los electrodomésticos. También es obligatorio para edificios públicos y otros usos.

Orden FOM/1635/2013, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía».

De las actualizaciones realizadas en el DB-HE la que destaca sobre las demás es la incorporación del DB HE-0 “Limitación del consumo Energético”.

Guía ETAG 004 External Thermal Insulation Composite Systems (Etics) with Rendering (Sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico por el exterior con revoque).

Aunque en pleno proceso de modificación para transformarla en EAD (Documento Europeo de Evaluación, DEE), para adaptarla al actual Reglamento (UE) 305/2011, se sigue tomando como referencia para el desarrollo de las ETes, por lo que también se toma en este estudio como referencia para trabajar sobre ella los sistemas SATE (ETICS son sus siglas en inglés).

2.3. *Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior como Solución Energética en la Rehabilitación*

Aunque los SATE parecen que han surgido como sistemas de aislamiento innovador y novedoso, la realidad es que en Centroeuropa, sobretudo Alemania, Austria y Suiza, se hizo popular por la década de 1970. La primera vez que se instaló un SATE fue en 1957, en Berlín (Alemania) (Ralf Pasker, EAE, 4th European ETICS Forum 2017) y desde entonces el SATE se ha establecido como una solución predominantemente utilizada mejorar la eficiencia energética de los edificios en todos los Estados miembros de la UE.

Al principio, estos sistemas de aislamiento solo se aplicaban con paneles de espuma dura de poliestireno y revoques de resina sintética. Más tarde, también se utilizaron sistemas minerales. Ya en la década de 1970, Holzkirchen del Fraunhofer Institute for Building Physics IBP realizó algunas inspecciones en edificios completos para determinar la fiabilidad de estos sistemas en condiciones prácticas.

Una publicación del IBP informa sobre el estado de los sistemas compuestos de aislamiento térmico externo (ETICS), que se habían evaluado a intervalos regulares desde 1975, hasta el último examen que se realiza en otoño de 2014, y se proporciona una descripción detallada de los resultados del examen que se aprecian en la Tabla. Está basada una selección de los edificios más grandes, se puede obtener información sobre el rendimiento a largo plazo de ETICS, incluye información específica sobre el tipo de renovaciones que se han vuelto necesarias hasta ahora. (IBP, 2015) [21].

Tabla 2-4. Mantenimiento y renovación de los tratamientos externos de fachadas.
Fuente. IBP (2015).

Values estimated by building experts 1980 [2]		
Type of external treatments	Years until first renovation or renewal	
	Indicated areas	Mean values
Mineral exterior render	15 – 50	35
Paint	5 – 20	10
Synthetic resin render on masonry or insulating layers	10 – 25	18
Asbestos cement cladding	10 - 30	20
Determined at completed buildings 1970–2014 [3]		
ETICS	15 - 29	22

Al igual que en investigaciones previas, el estado de las fachadas examinadas se evaluó de acuerdo con tres niveles de calidad. Como los meros defectos visuales (causados por la suciedad o la infestación microbiana) no están clasificados como un defecto técnico, estos no se incluyeron. La figura ofrece una descripción general de las propiedades examinadas y el cronograma de la construcción/instalación, la inspección in situ y la evaluación del estado.

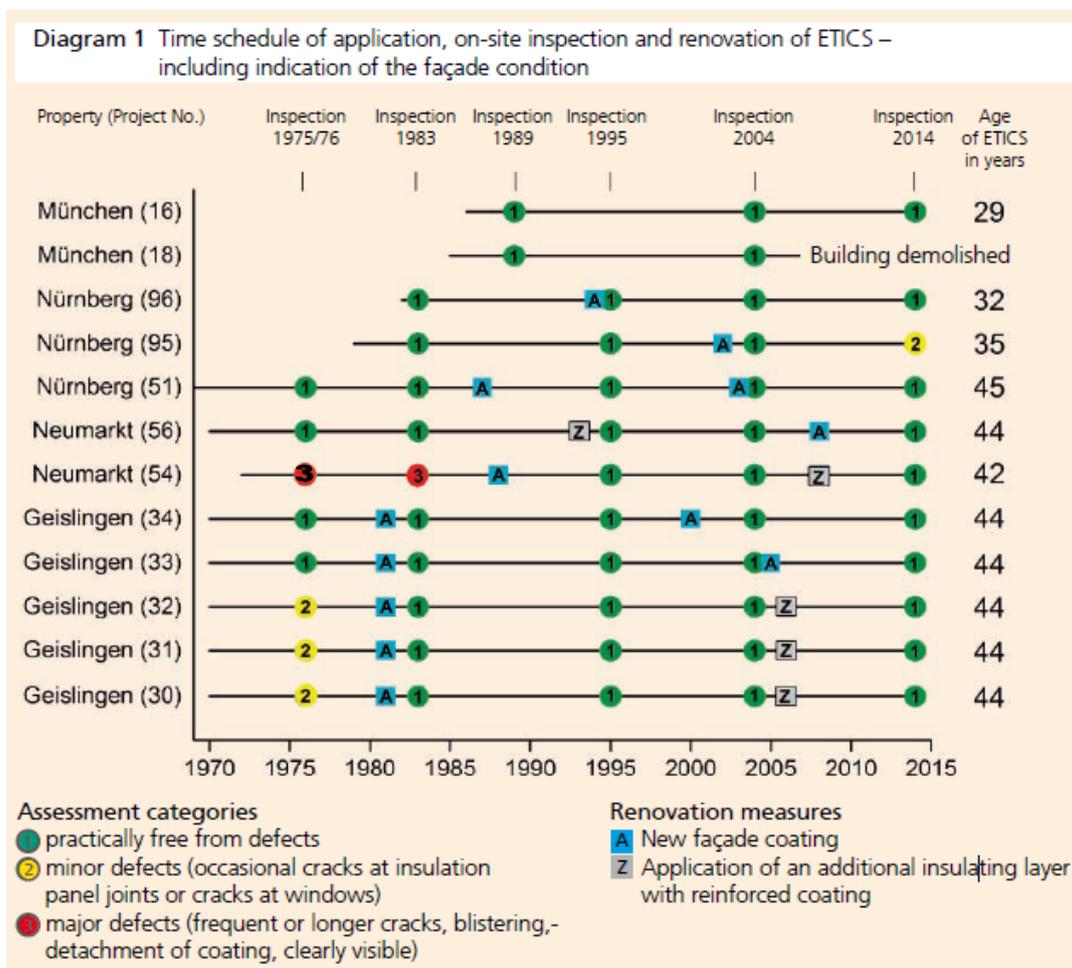


Figura 2-17. Diagrama de frecuencia de aplicación, inspección "in situ" y renovación de SATE. Incluye indicación de la condición de la fachada. Fuente: IBP (2015)

Se tiene la idea de que el uso de las capas finas de acabado sobre materiales aislantes blandos debajo de este acabado rígido, a menudo se supone que son posibles causas de daño debido al esfuerzo mecánico. Sin embargo, no se encontraron pruebas de esta teoría durante las repetidas inspecciones "in situ".

Las edades de los SATE examinados varía de 29 a 45 años. En los últimos diez años, cinco edificios no sufrieron ninguna renovación. Cuatro edificios fueron renovados por la instalación de una capa aislante adicional en su SATE, pero no por otra razón que no sea para el reacondicionamiento de energía. Se repintaron dos edificios. Después de la inspección in situ de 2014, el estado de las fachadas de diez de los once edificios estudiados se clasificó como categoría 1 "prácticamente sin defectos". Solo una fachada, que había sido pintada, se vio afectada localmente por defectos menores o mayores (categoría 2).



Imagen 2-1. 1-3 Fachada oeste de la propiedad no. 16 en Múnich, 4 años (izquierda), 19 años (centro) y 29 años (derecha) después de la aplicación del sistema SATE, sin renovación intermedia de la fachada. Fuente: IBP (2015)

Los resultados de aquellas inspecciones realizadas a 12 edificios residenciales con diferentes sistemas de SATE se pueden resumir de la siguiente manera.

Existen sistemas que no han renovado su revestido durante 14 años o incluso 29 años, pero no muestran defectos técnicos como grietas, formación de ampollas o áreas más grandes de desprendimiento. Un edificio en Múnich (Figura) que no se restauró desde la aplicación del sistema de aislamiento mineral en la década de 1990, todavía puede clasificarse en la categoría 1, la categoría superior de mantenimiento. Sin embargo, pueden ocurrir decoloraciones grises importantes debido a la suciedad (al igual que con fachadas convencionales), y en la mayoría de los casos se puede determinar un cierto grado de erosión de las capas de pintura. Además, pueden ocurrir otros fenómenos típicos en los sistemas SATE, por ejemplo: las fijaciones de aislamiento o las uniones de paneles individuales pueden marcarse en la superficie y en el borde del edificio; además, aumenta susceptiblemente la aparición de microorganismos.

Desde hace 21 años, el aislamiento térmico de una propiedad se mejoró al agregar otra capa compuesta; otras cinco propiedades tenían aislamiento térmico adicional aplicado hace seis u ocho años, sin ninguna deficiencia. Solo cerca del suelo, se observaron algunos casos aislados de formación de algas en la fachada. Las decoloraciones grises son más comunes en las superficies expuestas a la intemperie y al lado de las carreteras transitadas.

En uno de los sistemas, se produjeron varios defectos debido a una capa de pintura inapropiada que se aplicó hace doce años. Esta fachada estaba parcialmente cubierta con ampollas y grietas en forma de red o mapa, y las manchas eran evidentes. Este ejemplo demuestra la importancia de seleccionar cuidadosamente materiales compatibles con el sistema.

La evaluación del comportamiento de envejecimiento y los requisitos de mantenimiento es similar para las fachadas provistas con sistemas SATE y para muros externos convencionales. En la Tabla se compilan intervalos de mantenimiento estimados para diversos tratamientos externos de fachadas, basados en la encuesta realizada entre los expertos en construcción en 1980 y en los resultados de la evaluación realizada. Los nuevos hallazgos sugieren que el valor promedio para SATE es ligeramente mayor (22 años en comparación con los 18 años).

Teniendo en cuenta estas cifras, la cantidad de mantenimiento requerida para los SATE investigados es mínima. La durabilidad de los revestimientos de pintura renovados puede calificarse como muy buena, quedando mayoritariamente libre de defectos durante un período de tiempo más largo, lo que es comparable al rendimiento de las fachadas acabadas sin aislamiento térmico.

Es muy importante tener en cuenta estos datos y sobre todo aprender de los errores para que el SATE acabe siendo un sistema de éxito, el mayor problema que se detectó en el estudio fue con una pintura que se aplicó sobre el sistema y resultó incompatible. A día de hoy, en España, la costumbre de adjudicar las rehabilitaciones al “*más barato*” puede implicar que la colocación del sistema no sea la adecuada y que, sobretodo, los materiales empleados sean de baja calidad puedan no ser compatibles entre sí.

Recordemos que en España el parque de viviendas edificadas con normativas térmicas inexistentes u obsoletas es superior al 95% lo que se traduce en un gran potencial para este tipo de sistemas de aislamiento pero también implica un alto riesgo de fracaso si empezaran a aparecer fachadas con un cuadro grave de lesiones.

En este sentido en los últimos meses ha tomado gran importancia el tipo de material utilizado para aislar las fachadas a raíz del desastre de la Torre Grenfell y algunos otros incidentes en España que ha hecho que todas las asociaciones de fabricantes de planchas de EPS hayan tenido que salir en defensa del material esgrimiendo ensayos y estudios de fuego al respecto. De hecho, en el 3th European ETICS Forum celebrado en Milán en el año 2015, antes del incendio de la Torre Grenfell, fue uno de los principales puntos que se trataron.

Es un tema importante este de la reacción al fuego, ya que se estima que, en la actualidad, se han instalado en Europa aproximadamente 2 mil millones de m² de SATE en Europa, solo en 2014 se han ejecutado entre 215 y 230 mil m² de SATE. De estos, entre el 82% y el 83% son SATE donde el aislante es EPS (Ralf Pasker, EAE, 3th European ETICs Forum 2015).

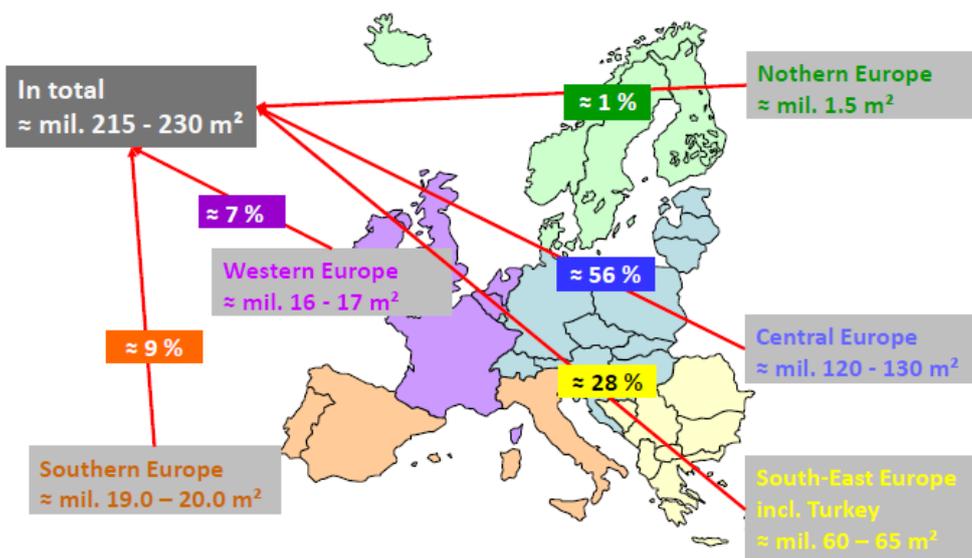


Figura 2-18. Tamaño del mercado por región (2014). Fuente: WSM/EAE (2017).

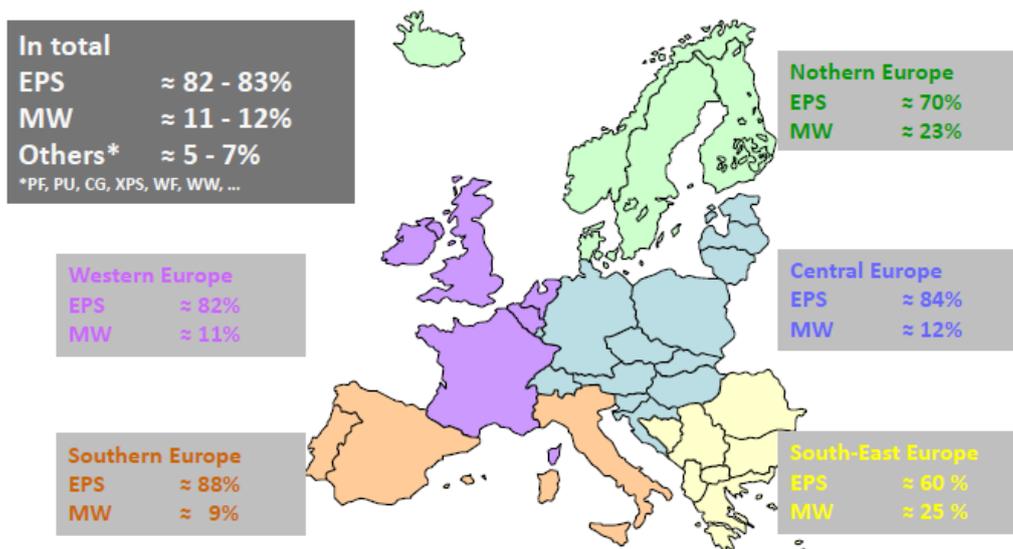


Figura 2-19. Porcentaje de material de aislamiento por región (2014). Fuente: WSM/EAE (2017)

Curiosamente, ahora que se ha puesto el foco sobre la reacción al fuego del EPS, en el 4th European ETICS Forum que se ha celebrado recientemente en Varsovia (Polonia), no se ha tratado el asunto. Sin embargo han aparecido voces discordantes, como la de Paula Brandmeyer de Deutche Umwelthilfe, que ha exigido a la industria de SATE que asumieran el reto de mejorar la eficiencia de los sistemas utilizando para ello aislantes diferentes a los habituales, que procedan de productos reciclados.

2.4. Coste Energético de la Fabricación de Materiales de Construcción

La arquitectura definida por Vitruvio o Alberti, en la cual se emplea materias primas de fácil acceso, renovables y biodegradables (madera y piedra) y no tóxicas, ha quedado lejos de nuestra realidad.

En la actualidad, la gran mayoría de materias primas (cobre, mercurio, plomo, arsénico, uranio, combustibles fósiles, etc.) se extraen de yacimientos agotables y de difícil acceso, junto a ello se generan variedad de desechos y productos contaminantes (Vázquez Espí, 2006) [22].

Como se ha descrito anteriormente, la industrialización incorporó materiales en cuya producción se sustituye la mano de obra por energía de combustión, ejemplos de ello son el cemento, el acero y el aluminio. Debido a las innovaciones tecnológicas cada vez se realizan productos más elaborados que dejan ciclos abiertos, es decir, consumen recursos y producen desechos los que se acumulan en el ambiente al no poder ser procesados por los ecosistemas, sumado a ello, al fabricar y transportar dichos productos generalmente se emplean fuentes de energía no renovables, con lo cual también se generan emisiones de CO₂ (Vázquez Espí, 2006) [22].

Un estudio sobre la cuantificación energética de la construcción de edificios residenciales en España (Cepeda Gutiérrez & Mardaras Larrañaga, 2004) [23], la cual se realiza sobre una serie

de edificios entre 1994 – 2004, de tres tipologías de vivienda: unifamiliar aislada, unifamiliar adosada y vivienda colectiva en bloque, identifica una tendencia en el creciente uso de materiales que requieren mayor energía para su fabricación, como por ejemplo el aluminio en carpinterías que consume 215 MJ/kg para su fabricación.

Otros materiales de menor consumo energético durante su fabricación usados para la construcción convencional son: el hormigón (1.1 MJ/kg), yeso (3.3 MJ/kg), cemento (7.0 MJ/kg) y ladrillo (2.9 MJ/kg), sin embargo, el uso intensivo de estos hace que generen un considerable gasto energético en el total de la construcción. Dicho estudio concluye que en las viviendas unifamiliar adosadas y aisladas concentran la mayor parte de la energía en la cimentación y estructura con un 43%, más aun cuando esta vivienda disponga de sótano en el cual la repercusión puede alcanzar el 60% por la utilización de hormigón armado para la ejecución de muros, en el caso de viviendas colectivas el consumo de energía para la construcción del edificio es un 52% menor que la construcción unifamiliar adosada o aislada (Cepeda Gutiérrez & Mardaras Larrañaga, 2004) [23].

Tabla 2-5. Valores medios por tipologías de las viviendas. Fuente: Mardaras y Cepeda (2004)

Gasto energético / m ²	
Colectiva en bloque	2,944 MJ /m ²
Unifamiliar adosada	5,311 MJ /m ²
Unifamiliar aislada	5,873 MJ /m²

De la Tabla se deduce que la energía incorporada por metro cuadrado de la vivienda unifamiliar aislada y adosada es dos veces mayor a la vivienda colectiva. Siendo la tipología de mayor coste energético de materiales la vivienda unifamiliar aislada con una promedio de 5873 MJ/m².

Finalmente, el estudio demuestra la relevancia del gasto energético de los materiales en la construcción de la vivienda frente al gasto energético total a lo largo del ciclo de vida, en la cual se considera la fase de extracción y fabricación de materiales.

2.5. Impacto Sobre la Salud de las Personas de los Materiales de Construcción

Un ambiente sano colabora a mantener y preservar la salud del ser humano. Por lo tanto es fundamental incorporar el concepto de que la contaminación ambiental no sólo causa desequilibrio en ecosistemas naturales o urbanos, sino que también se introduce en los espacios interiores de todo edificio u obra construida.

Hay muchos factores que inciden para que un ambiente interior tenga alto impacto sobre la salud de las personas: el emplazamiento, la orientación, la ventilación, las instalaciones eléctricas, la calidad del agua, el origen de los materiales y los componentes de un edificio.

El estudio del impacto producido por los componentes de un edificio y sus materiales consiste en el problema el cual trataremos en esta investigación.

Son ampliamente conocidos los efectos nocivos de algunos materiales; el hormigón y ciertos tipos de granito pueden ser radiactivos; en casi todos los tipos de suelo, incluso en las rocas y el agua se encuentra radón, éste es un gas radiactivo que puede llegar a causar cáncer de pulmón

La mayoría de las pinturas, barnices y materiales sintéticos emanan gases tóxicos (fenoles, formaldehidos, benceno, tricloroetileno y otros). Estas sustancias tienen estructuras moleculares que no se hallan en la naturaleza, por lo que los ecosistemas no están preparados para procesarlos fácilmente, además de tener un alto grado de impacto sobre la salud de las personas.

Tabla 2-6. Materiales contaminantes en las construcciones. Fuente: Arq. Lilia Garcén - Geob. Claudio Ardohain

MATERIAL/ SUBSTANCIA	PROBLEMA	RECOMENDACIÓN
Aglomerado de madera, hardboard	Emanaciones de formaldehido de las resinas ureicas y fenólicas	Evitar principalmente los productos a base de formaldehido ureico. Es preferible el contrachapado.
Aislación de espuma plástica (poliuretano o PVC)	Emanaciones de componentes orgánicos volátiles. Humo muy tóxico al inflamarse.	Evitar su uso. Buscar sustitutos como la viruta de madera o el corcho aglomerado.
Aislación de fibra de vidrio	El polvo de lana de vidrio es un carcinógeno, la resina plástica ligante contiene fenolformaldehido.	Sellar, evitando el contacto de la fibra con el aire interior.
Alfombras sintéticas	Acumulan polvo, hongos y producen emanaciones de componentes volátiles. Los adhesivos aplicados también emiten gases nocivos. Se cargan fácilmente de estática.	Es preferible evitarlas, en especial en lugares donde pudieran humedecerse. Si deben usarse, no emplee adhesivos. Pida bases de yute o lana y no de látex sintético.
Cañerías de cobre para agua (que requieran soldadura de plomo)	La soldadura de plomo (ya prohibida en muchos países) desprende partículas de este metal.	Solicitar soldadura sin plomo y contraflujo de vapor o agua sobrecalentada por el sistema antes de habilitar la instalación
Cañerías de plástico (PVC) para agua	Los solventes de los plásticos y adhesivos e hidrocarburos clorados se disuelven en el agua.	No utilizar cañerías de PVC para el agua potable.
Cemento/hormigón	Las gravas graníticas empleadas como áridos suelen ser radiactivas.	Existe la alternativa del bio-hormigón, fácilmente elaborable, disminuyendo la proporción del cemento y aumentando la de cal. El cemento blanco es más sano que el gris.
Ladrillos refractarios	Contienen distintos porcentajes de aluminio tóxico.	Elegir los colores más claros, que contienen menos aluminio.
Pinturas sintéticas de interior	Emanan componentes orgánicos volátiles y gases de mercurio.	Exigir pinturas al agua y libres de mercurio. Ventilar bien el edificio antes de ocuparlo. Existen pinturas de baja toxicidad.
Pisos vinílicos o plastificados	Producen emanaciones tóxicas del material y de los adhesivos.	Se puede sustituir por linóleo o corcho. El hidrolaqueado es menos tóxico que el plastificado. La cerámica es completamente no-tóxica.
Sistemas de acondicionamiento de aire	Los filtros mal mantenidos desarrollan hongos, las parrillas de condensación albergan gérmenes aeropatógenos, el sistema distribuye contaminantes.	Es mejor acondicionar el edificio que acondicionar el aire. Sistemas de calefacción y refrigeración solar pasiva son más sanos.

La exposición a químicos tóxicos afecta al sistema inmune. Los síntomas pueden variar desde dolor de cabeza, depresión, estados gripales continuos. La mayoría de los productos tóxicos no sólo afectan la salud de los seres humanos, sino que afectan también a la naturaleza. A largo plazo pueden derivar en malformaciones congénitas y otras enfermedades y contribuyen al desarrollo del cáncer. En general son derivados del petróleo.

El asbesto o amianto es un ejemplo de material aislante, de probados efectos cancerígenos, ya prohibido en muchos países. Otros materiales contienen plomo, mercurio o arsénico. El plomo origina daño al cuerpo humano, inhibe el transporte de oxígeno y calcio, y perturba la transmisión nerviosa en el cerebro.

La instalación eléctrica de una vivienda y los electrodomésticos (microondas) producen campos magnéticos y eléctricos que alteran el equilibrio orgánico.

Otros materiales filtran radiaciones naturales que son necesarias para una vida saludable. La toxicidad de una sustancia puede ser a través de la piel, de la respiración, de la ingestión y del contacto con los ojos.

En la Tabla 2-6, se presentan los principales elementos contaminantes que podemos hallar en los edificios, sus efectos y las posibles soluciones.

SINDROME DEL EDIFICIO ENFERMO

Todas estas consideraciones toman mucha más importancia si cabe al tener en cuenta que el hombre puede pasar en torno al 80% de su tiempo en ambiente cerrados (trabajo, hogar, bares y restaurantes, cines,...).

En 1982, la Organización Mundial de la salud, OMS, reconoció como enfermedad el Síndrome de Edificio Enfermo (SEE), que comprende los edificios en los que un porcentaje de más del 20% de personas experimentan efectos agudos sobre la salud y el bienestar. La propia OMS definió este síndrome como *“conjunto de síntomas diversos que presentan, predominantemente, los individuos en estos edificios y que no van en general acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico, diagnosticándose, a menudo, por exclusión.”*, Berenguer Subils, (1991) [24].

El factor clave para determinar que un edificio está enfermo es la desaparición de esos síntomas cuando las personas no se encuentran en el lugar.

Las primeras evidencias que pusieron de manifiesto problemas en un edificio tuvieron lugar en Julio de 1968 en la ciudad de Pontiac, Michigan (EEUU). En un Departamento de Sanidad se desarrolló una epidemia repentina, caracterizada por fiebre, dolor de cabeza y muscular que afectó a 100 personas. Tras profundas investigaciones no se pudo determinar exactamente el agente etiológico, pero sí que el problema provenía de un sistema de aire acondicionado defectuoso. El incidente fue llamado “fiebre de Pontiac”.

Posteriormente en 1976 durante una convención de la legión americana que tuvo lugar en un hotel de Filadelfia, un numeroso grupo de veteranos se vieron afectados a una enfermedad de síntomas parecidos a una neumonía. Murieron 34 personas. Dicha enfermedad tuvo como origen una bacteria, ahora conocida y denominada entonces, y en honor a los legionarios “Legionela” o más exactamente “Legionella Pneumophila”, que se desarrolla en el agua de los humidificadores del aire acondicionado.

La crisis energética de los años 70 produjo una tendencia a un ahorro de energía y al aislamiento del exterior en los edificios de oficinas con la proliferación de locales herméticamente cerrados y sin ventilación exterior, los denominados edificios inteligentes.

Hoy en día la OMS estima que el SEE afecta a un 30% de los edificios modernos y que entre un 10% y un 30% de los ocupantes presentan síntomas.

Estos síntomas suelen ser muy inespecíficos y presentan un carácter temporal. La sintomatología relacionada con el SEE no suele ser severa y se resume en:

- **SÍNTOMAS OCULARES:** escozor y/o enrojecimiento, lagrimeo.
- **SÍNTOMAS DE LAS VÍAS RESPIRATORIAS SUPERIORES:** congestión nasal, picor nasal, estornudos, sequedad de garganta,...
- **SÍNTOMAS CUTÁNEOS:** enrojecimiento, sequedad cutánea,...
- **SÍNTOMAS PULMONARES:** sensación de ahogo, tos seca,...
- **SÍNTOMAS GENERALES:** dolor de cabeza, somnolencia, letargo, dificultad de concentración, irritabilidad, mareos,...

CAPÍTULO 3. SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR (SATE)

En este capítulo se pasara a desarrollar los Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior, así como los elementos que componen todo el sistema y la principal Guía europea que los clasifica.

Hablaremos de las ventajas y desventajas de realizar un aislamiento exterior con respecto a los sistemas tradicionales de aislamiento de edificios.

Se detallarán la correcta ejecución de sistema, poniendo el acento en los puntos críticos y se pasará a estudiar las principales lesiones detectadas por fallos en la ejecución, los materiales o el diseño.

Por último se realizará un breve estudio de las soluciones comerciales disponibles para poder más adelante realizar una comparación cualitativa de cada uno de ellos.

3.1. Guía de Referencia ETAG 004

Los SATE son considerados como sistemas novedosos en España a pesar de que, como hemos visto, en Alemania se han utilizado desde hace más de 50 años. Sin embargo, al no haberse desarrollado normativas relativas al producto y su puesta en obra, están regulados por la ETE, Evaluación Técnica Europea (antiguo DITE), que tiene su campo de aplicación en los productos innovadores o no tradicionales, es decir, en los productos no normalizados.

Los documentos sobre los que se basan los Organismos de Evaluación Técnica, OET, para emitir una ETE se denomina Documento de Evaluación Europeo, DEE. El DEE es la documentación de los métodos y criterios aceptados en EOTA como aplicables para la evaluación del rendimiento de un producto de construcción en relación con sus características esenciales. El DEE es una especificación técnica armonizada y se desarrolla en todos los casos en que la evaluación de un producto de construcción no está o no está completamente cubierta por una especificación técnica armonizada (Reglamento (UE) nº 305/2011).

Sin embargo el nuevo DEE que debería regular los SATE continua en desarrollo por lo que de forma temporal (desde 2013) se utiliza Guía ETAG 004, *“Sistemas y kits compuestos para el aislamiento térmico por el exterior con revoque”* para evaluar estos sistemas. Actualmente se está elaborando a nivel europeo una norma armonizada para el Mercado CE de los sistemas SATE cuyos requisitos serán de obligado cumplimiento.

La Guía ETAG 004 recoge en su contenido:

- La descripción general de los productos que componen el sistema y el uso para que están previstos.
- Los requisitos esenciales para el uso previsto:
 - Resistencia mecánica y estabilidad (RE1)
 - Seguridad en caso de incendio (RE2)
 - Higiene, Salud y Medio Ambiente (RE3)
 - Seguridad de uso (RE4)
 - Protección contra el ruido (RE5)
 - Ahorro energético y aislamiento térmico (RE6)
 - Aspectos de durabilidad y condiciones de servicio
- Métodos de verificación
- Criterios para evaluar el rendimiento de los productos
- Principios para el control de producción de fábrica aplicable

Los requisitos esenciales enumerados anteriormente se basan en:

RE1. Resistencia mecánica y estabilidad

Las obras de construcción deberán proyectarse y construirse de tal forma que las cargas a que puedan verse sometidas, durante su construcción y utilización, no produzca ninguna de las siguientes lesiones:

- derrumbe de toda o parte de la obra
- deformaciones importantes en grado inadmisibles
- daños a otras partes de la obra, de los accesorios o equipo instalado, como resultado de una deformación importante de la construcción de soporte de carga
- daños por un evento en una medida desproporcionada a la causa original

RE2. Seguridad en caso de incendio

Las obras de construcción deberán estar diseñadas y construidas de tal manera que en caso de un brote de fuego:

- la capacidad de soporte de carga de la obra se mantenga durante un período específico de tiempo
- la generación y propagación del fuego y del humo dentro de la obra estén limitados
- la propagación del incendio a las obras de construcción vecinas sea limitada
- los ocupantes puedan abandonar la obra o ser rescatados por otros medios.
- la seguridad de los equipos de rescate se tome en consideración

RE3. Higiene, salud y medio ambiente

Las obras de construcción deben estar diseñadas y construidas de tal manera que no sea una amenaza para la higiene o la salud de los ocupantes o vecinos, en particular como consecuencia de cualquiera de los siguientes efectos:

- la emisión de gases tóxicos
- la presencia de partículas o gases peligrosos en el aire
- la emisión de radiaciones peligrosas
- contaminación o envenenamiento del agua o el suelo
- defectos de evacuación de aguas residuales, humo, desechos sólidos o líquidos
- la presencia de humedad en partes de la obra o en superficies dentro del edificio

RE4. Seguridad de uso

Las obras de construcción debe estar diseñadas y construidas de tal manera que no supongan riesgos inadmisibles de accidentes o funcionamiento tales como resbalones, caídas, colisiones, quemaduras, electrocución o lesión por la explosión.

RE5. Protección contra el ruido

Los trabajos de construcción debe estar diseñado y construido de tal forma que el ruido percibido por los ocupantes y las personas cercanas se mantenga a un nivel que no ponga en peligro su salud y que les permita dormir, descansar y trabajar en condiciones satisfactorias.

RE6. Ahorro energético y aislamiento térmico

Los trabajos de construcción y sus instalaciones de calefacción, refrigeración y ventilación deben estar diseñados y contruidos de tal manera que la cantidad de energía necesaria para su utilización sea bajo, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la ubicación y los ocupantes.

Con todo esto, la Guía ETAG 004 no se puede tomar como una guía de diseño e instalación de los diferentes sistemas. Es una guía que asesora sobre los requisitos esenciales que deberían cumplir el sistema y los criterios para evaluar la efectividad de este y da alguna recomendación de diseño e instalación. De esta forma recae en el fabricante del sistema la responsabilidad de desarrollar las instrucciones de instalación, incluidas las técnicas especiales de instalación y el diseño así como los detalles técnicos de los puntos singulares, de todo el “kit” que compone el SATE, de forma que estos sean adecuados a los requisitos de la ETAG 004.

De esta forma en el apartado 2 de la ETAG se especifica:

“Los SATE se diseñan e instalan de acuerdo con las instrucciones de diseño e instalación del solicitante de la ETE. El SATE comprende componentes que son producidos de fábrica por el solicitante de la ETE o los proveedores de componentes. El solicitante de la ETE es el responsable último de todos los componentes del ETICS que debe especificar el solicitante de la ETE.” [25]

El alcance de esta ETAG es muy concreto y limitado. Debido a la infinidad de soluciones constructivas y diferentes SATE que se encuentran disponibles hoy en día, para la realización del estudio del presente TFM nos vamos a basar en las limitaciones de la ETAG y por lo tanto no se estudiarán aquellos sistemas que la ETAG no recoja dentro de su aplicación. El alcance o limitaciones impuestas son:

1. Trata solo los SATE con un diseño pensado para su uso como aislamiento térmico exterior de muros de edificación. Exclusivamente los muros que trata pueden ser de albañilería (ladrillo, bloques, piedra,...) u hormigón (hormigonado “*in situ*” o paneles prefabricados).
2. La ETAG no cubre los SATE que utilizan otros revestimientos, como plaquetas de ladrillo o baldosas.
3. Los SATE donde la conexión entre el producto de acabado y el aislamiento no tiene ninguna función en su comportamiento no están cubiertos por esta Guía.
4. Los SATE puede incluir adaptadores especiales (por ejemplo: base de los perfiles, perfiles de la esquina...) para conectarlos a la construcción de estructuras adyacentes (aberturas, esquinas, parapetos,...).
5. LA ETAG abarca los SATE destinados para usarse en paramentos verticales, pero no contempla los requisitos para los que se utilicen en superficies horizontales o inclinadas a menos que no estén expuestos a las precipitaciones.
6. La ETAG no trata los SATE con capacidad portante para la estabilidad de la pared.

Teniendo en cuenta todo esto, a continuación pasaremos a definir y describir los SATE según las especificaciones de la Guía ETAG 004, la cual, al utilizarla como base del estudio, la iremos desarrollando en cada uno de los puntos que tratemos en la cual esté implicada.

3.2. Definición y Descripción de los SATE

Se entiende como SATE los sistemas constructivos compuestos por un panel aislante térmico que se coloca por el exterior de la envolvente del edificio el cual va adherido, fijado o ambas cosas, al soporte resistente. El aislante se protege con un revestimiento que se aplica directamente sobre él y que está constituido por una o varias capas de morteros, donde al menos una de ellas esta armada con una malla de refuerzo. El revestimiento se aplica adherido directamente sobre el panel aislante, sin ninguna separación ni discontinuidad entre las capas. Posteriormente se aplica una mano de acabado. El "kit" lo completa una serie de accesorios imprescindibles para su correcta ejecución como pueden ser: perfil de arranque, anclajes, perfil de esquina, de vierteaguas, juntas de dilatación... perfilería de remate de puntos singulares en general.

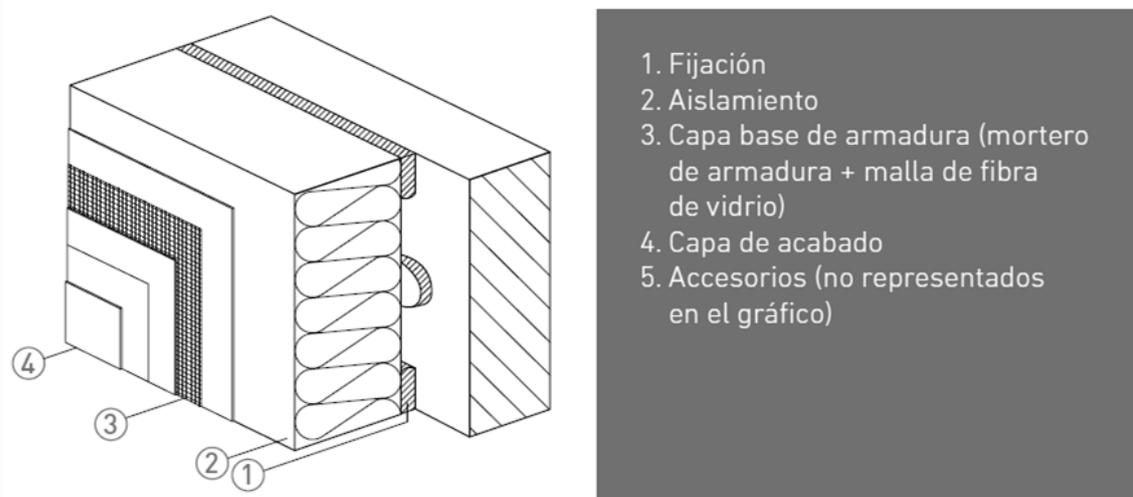


Figura 3-1. Esquema básico de SATE. Fuente: IDAE (2012) [26]

Por definición de la propia ETAG 004 los SATE están diseñados para dar al muro donde se aplican, un aislamiento térmico satisfactorio. Se debe proporcionar una mínima resistencia térmica mínima superior a $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. En usos especiales, se pueden usar menores espesores de aislamiento sujetos a la comprobación de que no hay ningún problema en particular.

Los SATE pueden utilizarse en paramentos verticales nuevos o existentes (rehabilitación). También pueden utilizarse en superficies horizontales o inclinadas que no estén expuestas a las precipitaciones.

Los SATE son elementos no portantes de construcción. Que no contribuyen directamente a la estabilidad de la pared donde están instalados. Los SATE pueden contribuir a la durabilidad proporcionando una mayor protección contra los efectos de la intemperie. Sin embargo no están destinados a garantizar la estanqueidad al aire de la estructura del edificio.

El SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior) tiene varias denominaciones, todas ellas referidas al mismo concepto de sistema de aislamiento, pero asociadas a distintos criterios de idioma, como ETICS (External thermal insulation composite systems with rendering), más

impuesta en Europa, o EIFS (External insulation finishing system), más extendida en Estados Unidos; en España utilizamos la denominación SATE.

Los sistemas SATE se pueden clasificar de forma general en función del tipo de fijación, material aislante utilizado, por aplicación y por tipos de acabado. Sin embargo la ETAG 004 solo los clasifica, desde el punto de vista del diseño, por el tipo de fijación. Esta clasificación se detalla en la norma de la siguiente forma.

SATE adherido:

1. SATE puramente adherido.
Puede ser totalmente pegado (en toda la superficie) o parcialmente pegado en tiras y/o cordones.
2. SATE adherido con fijaciones mecánicas complementarias.
La carga está distribuida totalmente por la capa de adhesivo en la unión. Las fijaciones mecánicas se utilizan principalmente para proporcionar estabilidad hasta que el adhesivo se ha secado y actuar como una conexión temporal para evitar el riesgo de desprendimiento. También pueden proporcionar la estabilidad en caso de incendio.

SATE fijado mecánicamente:

3. SATE fijado mecánicamente con adhesivo complementario
La carga es distribuida totalmente por las fijaciones mecánicas. El adhesivo se utiliza principalmente para garantizar la planeidad del SATE instalado.
4. SATE puramente fijado mecánicamente.
Los SATE están asegurados al muro solo por las fijaciones mecánicas.

La durabilidad o vida útil de un SATE en las condiciones de servicio para las que fueron diseñados, se le supone, según la ETAG 004, que es de al menos 25 años, siempre sujeto al mantenimiento, a las condiciones medioambientales reales y las particulares condiciones de diseño, ejecución de uso y trabajos fuera de la ETAG. En estas situaciones la vida útil real de la solución puede ser más corta.

3.3. Elementos que Componen un SATE

A continuación pasaremos a describir cada uno de los elementos que componen un SATE, pero antes de empezar con la enumeración de estos elementos pensamos que importante describir el soporte donde ira colocado el SATE puesto que no es un elemento propio del sistema pero si es un elemento importante a tener en cuenta para la aplicación de la ETAG 004.

Como hemos dicho anteriormente, la ETAG 004 es solo aplicable a soportes de albañilería o de hormigón, y que por sí mismos ya cumplen con la hermeticidad necesaria y los requisitos de resistencia mecánica (a cargas estáticas y dinámicas). Estos pueden estar decorados con acabados minerales u orgánicos, pinturas o azulejos. Concretamente pueden ser:

- Fábricas de Albañilería
Las paredes construidas de ladrillos de arcilla, hormigón, silicato de calcio, hormigón curado en autoclave o piedra ejecutados utilizando mortero y/o adhesivo.
- Muros de Hormigón
Muros de hormigón vertido “*in situ*” o prefabricado.

El resto de componentes son los que se detallan a continuación.

3.3.1. Adhesivos

La función del adhesivo para el sistema 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 planeidad del paramento.

Los adhesivos pueden ser de cinco tipos que pueden incluir tanto ligantes orgánicos como minerales.

- Polvo (mortero seco) predosificado en la fábrica que requiere sólo mezclando con una cantidad de agua especificado por el fabricante
- El polvo que requiere adición de extra de ligante orgánico
- La pasta preparada que requiere adición de cemento
- Pasta lista al uso, suministrado en consistencia de trabajo
- Espuma, aplicada directamente del embase como un adhesivo

Es importante tener en cuenta que, como recomendación general, el valor mínimo exigido de resistencia a la tracción (adhesión) 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. Es decir, que en caso de producirse un fallo por falta de adhesión, no sea por culpa del adhesivo, sino por la limitación de la cohesión del aislante ya que sería el eslabón débil de la cadena.

3.3.2. Producto Aislante

Es un producto prefabricado, con una resistencia térmica alta, el cual tiene la función de proporcionar propiedades de aislamiento al soporte sobre el que se aplica. En esta definición que da la ETAG entra cualquier producto de los denominados aislantes, no solo las planchas de EPS o MW que son las más habituales, aunque sí son las únicas que tienen norma UNE específica para SATE. El resto de aislantes que se puede utilizar en SATE deberán cumplir con la norma UNE que le sea de aplicación. Como norma genérica se usa la UNE-EN 13172:2012.

Los productos aislantes que además cumplirían con los requisitos esenciales de la ETAG 004 y que podemos encontrar para realizar un SATE serían:

1) Poliestireno Expandido (EPS)

Las planchas de espuma de poliestireno expandido son de origen sintético, se define técnicamente como *“Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire”*. Es un material versátil y muy utilizado para aislar, aligerar, separar materiales o como molde de encofrados. Por lo general no se utilizan medios de protección durante su manipulación (salvo corte en caliente). También es conocido como *“corcho blanco”* o *“porespan”*.

Las planchas de EPS para SATE deberán cumplir, además de la ETAG 004, con las normas UNE-EN 13163 y UNE-EN 13499.

2) Poliestireno Extrusionado (XPS)

La espuma de poliestireno extruido es muy parecida al EPS. También es de origen sintético pero tiene la característica que resiste muy bien al contacto con agua, por eso se suele colocar en cubiertas por encima de la impermeabilización. Incluso, gracias a su resistencia, en cubiertas inclinadas se coloca por debajo de la teja estando está colocada directamente sobre la plancha de XPS y en las cubiertas transitables se coloca encima las baldosas apoyadas sobre el XPS.

Las planchas de XPS, además de la citada ETAG, cumplirán con la UNE-EN 13164.

3) Poliuretano Conformado (PUR)

Los paneles de espuma rígida de poliuretano es un producto cuya composición básica es petróleo y azúcar, que forma una espuma con rígida ligera con más del 90% de sus celdas cerradas. Las planchas de PUR suelen llevar un revestimiento de lámina de aluminio o película compuesta, que sirve como barrera de vapor o impermeabilización frente al agua, para usos diversos. También se pueden hacer bloque y cortar planchas para fabricar paneles sándwich para distintas aplicaciones.

Las planchas de PUR deberán cumplir con la Guía y con su norma UNE-EN 13165.

4) Lana Mineral (MW)

Los paneles rígidos de lanas minerales son productos aislantes constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil. Se distinguen dos familias:

- **Lanas de Roca:** elaboradas fundiendo basalto
- **Lanas de Vidrio:** elaboradas fundiendo arena (sílice), aditivos y vidrio reciclado

Los paneles de MW cumplen con una triple acción: aislamiento acústico, aislamiento térmico y, por su naturaleza incombustible, protección contra el fuego.

Los paneles de MW deberán cumplir con la Guía y las normas que le son de aplicación, la UNE-EN 13162 y la UNE-EN 13500.

5) Corcho Expandido (ICB)

Los paneles aglomerados de corcho expandido son un producto de corcho natural que ha sufrido un proceso térmico de tostado. Esta operación comporta la fusión de la suberina, un biopolímero presente en la estructura celular del corcho que actúa como aglutinante y permite la conformación del material en placas de forma totalmente natural sin necesidad de ningún aditivo químico. El proceso de tostado incrementa las prestaciones aislantes del corcho. La célula expande, aumenta de volumen y mejora las características térmicas y acústicas del mismo.

Es un producto cada vez más utilizado en todo tipo de construcciones gracias a sus características ya que es un material: impermeable, inodoro, resistente a los agentes químicos e inatacable por los líquidos, prácticamente imputrescible y muy resistente a los ataques de los insectos, compresible y elástico, con extraordinaria capacidad de recuperación dimensional, escasa conductividad térmica, excelente aislamiento acústico y de vibraciones, muy liviano y con elevada resistencia mecánica.

Los paneles de ICB deberán seguir la ETAG y la norma UNE-EN 13170.

6) Vidrio Celular (CG)

El vidrio celular es un producto fabricado a partir de vidrio reciclado sometido a altas temperaturas, para obtener un material totalmente inerte. Mediante un proceso termo-químico en el polvo de vidrio se crean células en estado de parcial vacío y cerradas entre sí. Esta incomunicación entre sus células hace del vidrio celular un material con las siguientes características: estanco al vapor de agua, no absorbiendo humedad; al ser totalmente inorgánico, sin adición de resinas, es totalmente incombustible; es rígido e indeformable, resiste químicamente tanto a disolventes como a ácidos, gran resistencia a compresión y no permite la reproducción de bacterias ni hongos. Durante su proceso de fabricación no se utilizan resinas ni

compuestos derivados del petróleo. En un material inofensivo para la salud, no alergénico y respetuoso con el medio ambiente.

Las placas de CG cumplirán con ETAG 004 y con su norma de aplicación UNE-EN 13167.

7) Fibra de Madera (WF)

La materia prima de los tableros fibra de madera, son trozos de madera de abeto, píceo o similar, provenientes del desecho tras el procesamiento de la madera de las serrerías existentes. A través de una manipulación térmica-mecánica denominada “procedimiento desfibrador”, los trozos de madera se trituran hasta convertirse en fibra. Existen dos procesos de fabricación:

- **En húmedo:** estas fibras se mezclan con agua, removiéndolas hasta crear una masa, en caso necesario, se añaden parafina y látex. Posteriormente se elimina, aproximadamente, el 50 % del agua mecánicamente. Más tarde, los tableros se secan en un túnel de secado, hasta que alcancen el nivel de humedad adecuado. Debido a que el grosor máximo de ésta forma de producción es de 25 mm, los tableros de mayor grosor se obtienen mediante encolado de varias capas con cola blanca de caseína.
- **En Seco:** si es necesario, se añade parafina. Después, se secan dentro de una corriente de aire caliente. Las fibras sueltas secas se rocían con resina de poliuretano. Se aplica una mezcla de vapor-aire sobre las fibras, para que la resina pueda reaccionar y secarse. Con la fabricación en seco se pueden confeccionar los tableros aislantes unicapa, con un grosor de hasta 240 mm.

Las principales propiedades de los tableros WF son: aislante térmico y acústico, resistente a golpes, flexible, protección al fuego, difusor del vapor de agua y regulador de la humedad,

Los tableros de WF cumplirán con la ETAG y con la norma de aplicación UNE-EN 13171.

8) Lana de Madera (WW)

Los tableros de lana de madera mineralizada están compuestos por fibras largas y resistentes de madera de abeto (65%) y de ligantes minerales (35%), principalmente cemento. Las fibras están sometidas a un tratamiento de mineralización que anula el proceso de deterioro biológico de la madera, hace que las fibras sean inertes y aumenta la resistencia al fuego; sin embargo este tratamiento no cambia características mecánicas de madera. Las fibras están cubiertas con cemento, unidas bajo presión para construir una estructura, resistente, compacta y duradera. A parte de estas características también son tableros aislantes térmicos y acústicos.

Los tableros de WW seguirán la ETAG y la norma UNE-EN 13168.

A continuación adjuntamos una tabla con los diferentes aislantes y sus características más importantes.

Tabla 3-1. Principales propiedades de los aislantes para SATE. Fuente: Elaboración propia a partir de las fichas técnicas del anexo y IDAE.

AISLANTE	Reacción al Fuego	Conductividad Térmica λ	Densidad	Aislamiento acústico	Coef. Dilat. Térm. Lineal	Resist. a Tracción Perpend.	Resist. al paso de	Absorción de agua	
ETAG 004	Euroclase del aislante y kit A1 a F	$\lambda \leq 0,065$ W/(m.K)	N/RE Kg/m ³	N/RE α (500 Hz)	N/RE mm/(mk)	Plast. 80 a 150 kPa MW 5 a 15 kPa Otros N/RE	SOLO POROSOS	Inmersión parcial a corto plazo (24h) WS ≤ 1 kg/m ²	
EPS	E	0,031-0,040	16	$\alpha = 0,60$	0,05	TR 80- TR 150	20-110	WS < 1 WL(T) 5	
XPS	E	0,032-0,036	20	---	0,07	TR 100	80-320	WL(T) 0,7-1,5	
PUR	E	0,026-0,028	---	$\alpha = 0,27$	---	TR 80	60-150	WS < 1 WL(T) 2,4-4,1	
MW	ROCA	A1	0,033-0,045	90-150	$\alpha = 0,84$	---	TR 5-TR 15	1	WS < 1 WL(P) 3
	VIDRIO	A1-A2	0,032-0,048	90-130	$\alpha = 0,65$	---	TR 7,5	1	WS < 1 WL(P) 3
ICB	B, C, E	0,040-0,045	90-200	$\alpha = 0,33$	---	TR 50 - TR 110	2-19	WS 1	
CG	A1	0,060	115	---	---	TR 100 - TR 150	∞	WL(P) 0,5	
WF	E	0,040-0,060	150-280	$\alpha = 0,54$	---	TR 30	3	WS 1	
WW	B	0,060-0,080	320-380	$\alpha = 0,35$	---	---	5	---	

No es la intención sacar conclusiones sobre esta tabla ahora, pero la tendremos muy presente ya que nos apoyaremos en ella para muchos de los puntos del estudio. Si es importante remarcar que en el caso de los tableros de Lana de Madera, tras consultar la documentación de los correspondientes fabricantes, no se ha encontrado valores de conductividad térmica (λ) inferiores a 0,065 W/(m.k) (los valores medios reflejados en la tabla son del IDEA) que es un requisito esencial de la ETAG 004, por lo tanto este tipo de aislante queda excluido del estudio por no ser acorde a la Guía.

3.3.3. Sistema de Revestimiento

Todas las capas se aplican en la cara exterior del producto aislante junto con el refuerzo.

a) Refuerzo

Refuerzo de malla de fibra del vidrio, malla metálica o malla plástica reforzada (embebida), así como fibras (dispersas) en la capa base para mejorar su resistencia mecánica. Las mallas contribuyen a mejorar las características mecánicas de los morteros de refuerzo y a absorber las tensiones que puedan generarse entre las planchas de aislamiento.

La malla de armadura de fibra de vidrio será aprestada y debe poseer un tratamiento antiálcali, ya que al estar embebida en el mortero no debe perder sus propiedades.

La malla metálica o malla reforzada puede estar hecha de acero galvanizado o acero inoxidable austenítico. Para las mallas galvanizadas, el espesor mínimo de la capa de zinc debe ser de 20 μm ($\geq 275 \text{ g / m}^2$), y el galvanizado debe tener lugar después de soldar la malla.

Para la malla de fibra de vidrio, se distingue entre:

- **Malla estándar:** embebida en la capa base en toda el área y cosida positivamente en las uniones, principalmente por superposición.
- **Malla reforzada:** embebida en la capa base además de la malla estándar para mejorar la resistencia al impacto, generalmente aplicada sin superposición.

En las siguientes tablas se representan las principales características de las mallas de refuerzo de fibra de vidrio.

Tabla 3-2. Características de las mallas de refuerzo de fibra de vidrio. Fuente: IDAE

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 \pm 5%	320 g/m ²
Pérdida por calcinación	18 \pm 2%	10 \pm 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 \pm 0,04	0,90 \pm 0,09%

Tabla 3-3. Características de las mallas de refuerzo de fibra de vidrio 2. Fuente: IDAE

Característica	Malla convencional	Malla con doble refuerzo
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)	$\geq 1.500 \text{ N/50 mm}$	$\geq 4.000 \text{ N/50 mm}$
Resistencia a la tracción tras el envejecimiento	$\geq 1.000 \text{ N/50 mm}$	$\geq 2.000 \text{ N/50 mm}$
Alargamiento a la rotura (UNE 9311-5)	4-6%	4-6%

b) Revestimiento de acabado::

El revestimiento se aplica sobre el producto aislante en una o varias capas (aplicación de una capa nueva sobre una capa seca existente). La instalación también se puede hacer en varias capas (poniendo una capa encima de otra fresco sobre fresco).

En general, los revestimientos multicapa incluyen las siguientes:

- **Capa base:** capa aplicada directamente sobre el producto aislante; se introduce el refuerzo en ella y proporciona la mayoría de las propiedades mecánicas del revestimiento. 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:

Tabla 3-4. Espesor de mortero recomendado para la capa base en función del tipo de aislamiento. Fuente: IDAE.

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

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.

- **Capa de imprimación:** capa muy delgada que se puede aplicar a la capa base y está destinada a actuar como preparación para la aplicación de la capa de acabado. También puede usarse posiblemente por razones estéticas (por ejemplo, en el caso de capas de acabado acanaladas "oscuras").
- **Capa de acabado:** capa que contribuye a la protección contra la intemperie y puede proporcionar un acabado decorativo; se aplica sobre la capa base con o sin una capa de imprimación.

Tipo de capa de acabado: cuando la única diferencia entre dos capas de acabado sea el tamaño de los áridos, éstas serán diseñadas como un solo tipo.

- **Capa decorativa:** capa que generalmente contribuye al acabado estético (para cubrir la eflorescencia...) de la capa de acabado y también puede proporcionar protección adicional contra la intemperie.

Se recomiendan acabados pictóricos con un índice de refracción de la luz superior a 20-25 (0 negro y 100 blanco). En cualquier caso, este valor deberá estudiarse para el sistema concreto ya que en parte depende de la situación del edificio, orientación, geometría y tipo de aislamiento utilizado.

Es posible que no se apliquen más capas sobre la capa base, entonces la capa base también funciona como una capa de acabado. En este caso se debe omitir la aplicación de una capa de acabado prescrita en los procedimientos de prueba.

3.3.4. Dispositivos de Fijación Mecánica

Perfiles, anclajes, tacos, espigas o cualquier dispositivo especial de fijación utilizados para asegurar el SATE al soporte.

Los tacos o espigas deberán de ser evaluados según la ETAG 014, *“Anclajes plásticos para sistemas de aislamiento por el exterior”*, y deberán disponer de ETE.

Existe la posibilidad de emplear fijaciones mecánicas mediante perfiles pero solo en el caso de EPS: estos perfiles deberán de tener una resistencia a tracción no inferior a 500 N.

3.3.5. Materiales auxiliares

Cualquier componente o producto suplementario utilizado en el SATE, p. ej. para formar juntas (masillas,...) o para lograr la continuidad (masilla, coberturas para juntas...).

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.

Los perfil antigoteo o goterones, para evitar el retorno del agua, garantizan la limpieza de las jambas de dintel.

Las cintas expansivas 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.

En este apartado también están los elementos de fijación para colocación de cargas pesadas en la fachada, el perfil cantonera, para refuerzo de esquinas salientes, tapas de espigas y de agujeros de andamio y vierteaguas.

A modo de resumen del apartado 3.3, en la figura 3-2 se esquematiza los componentes de un Sistema de Aislamiento Térmico Exterior.

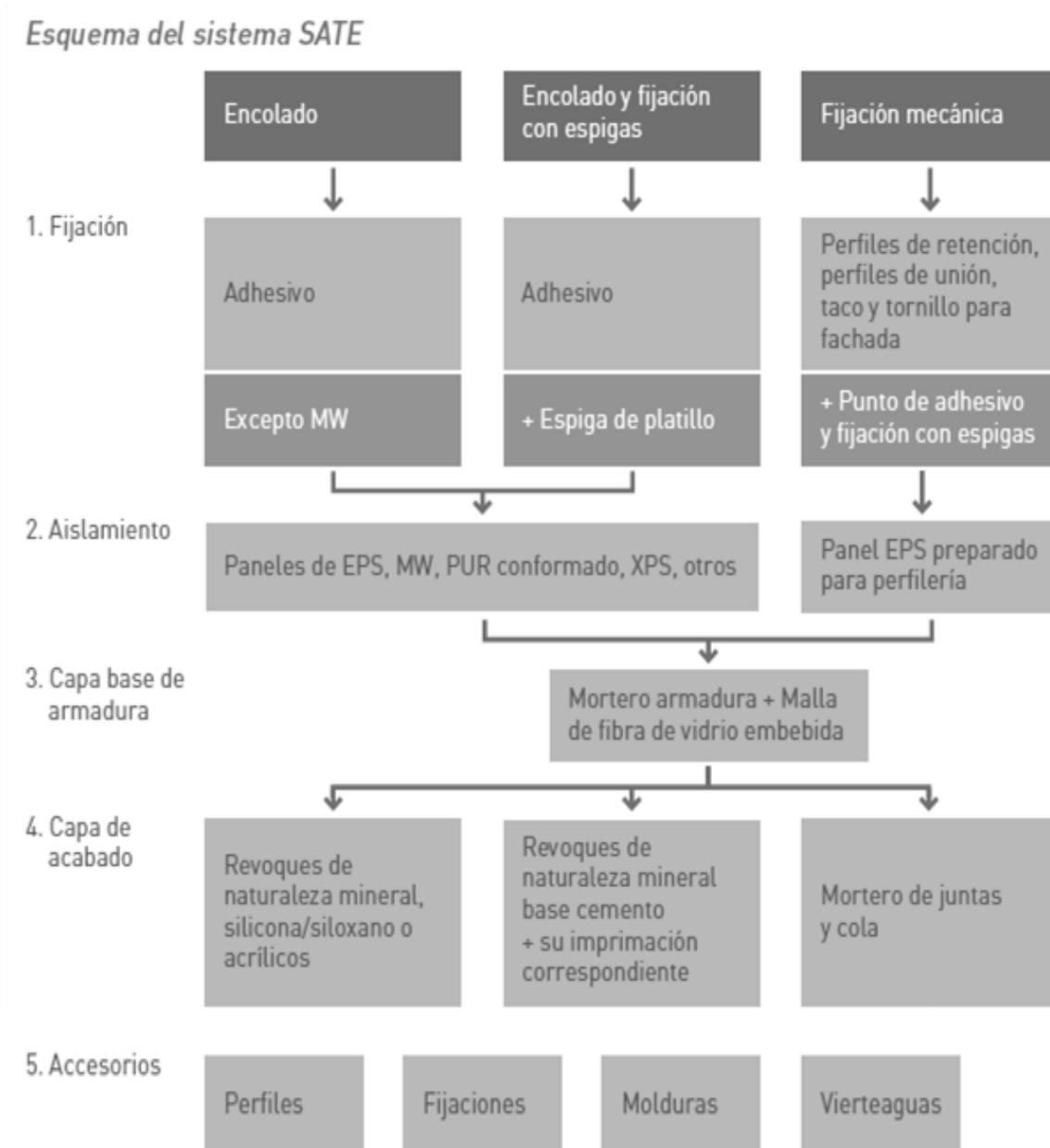


Figura 3-2. Esquema de componentes de SATE. Fuente: IDAE

3.4. Estudio de Ventajas y Desventajas de los SATE sobre Diferentes Sistemas de Aislamiento Tradicionales

Con un sistema SATE se reviste y aísla el exterior del edificio adaptándose 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.

Los SATE que incorporan un aislamiento con un espesor óptimo aseguran drásticas reducciones de la energía disipada al exterior, permiten un ahorro energético consistente y continuo (calefacción en invierno; aire acondicionado en verano). A medio-largo plazo la inversión realizada para la instalación del sistema se amortiza.

Las **ventajas** principales del SATE son:

- La instalación de un sistema SATE se realiza 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).
- El sistema revaloriza económicamente el inmueble, en mucha mayor medida que la simple restitución de la fachada o lavado de cara, e influye en la obtención de una mejor calificación en la certificación energética del edificio.
- Con este sistema no se reduce el espacio habitable interior de las viviendas.

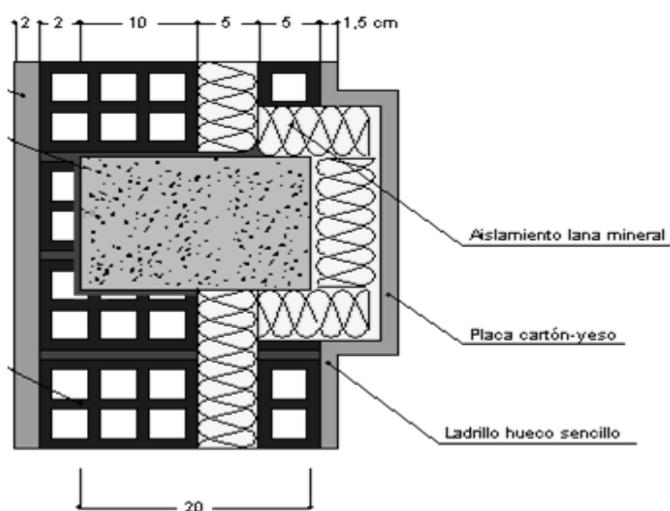


Figura 3-3. Pérdida de espacio por rehabilitación energética en interior. Fuente: Kursaal Green.

- Mantiene la envoltura exterior y la estructura del edificio en condiciones termo-higrométricas 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.

- Excluye la necesidad de eliminar o reparar el enfoscado viejo, excepto cuando existan riesgos de desprendimiento.
- Evita los puentes térmicos mejorando la eficiencia energética y reduciendo el riesgo de condensación superficial en los puntos fríos.

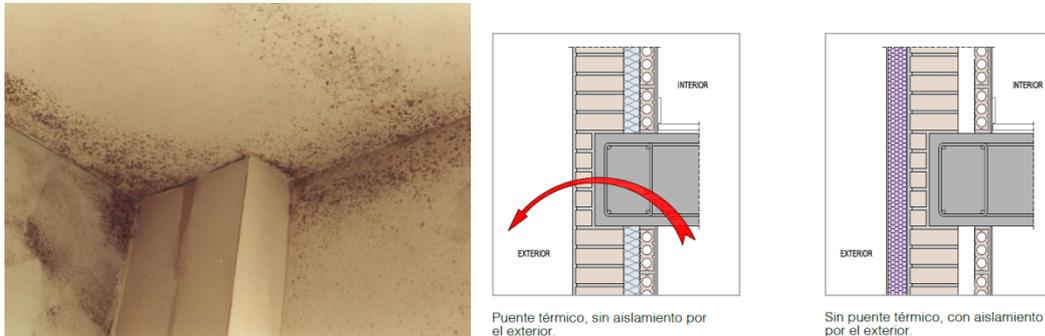


Figura 3-4. Imagen de condensación y efecto de SATE sobre puente térmico. Fuente: ANFAPA

- Disminuye las oscilaciones térmicas de la fachada, una de las principales causas de la aparición de fisuras en las fachadas, debido a los continuos cambios climáticos, que provocan contracciones y dilataciones en el revestimiento y, frecuentemente, acaban por agrietarlo. Con un SATE se limitan los saltos térmicos en todos los materiales que están situados por detrás de él, por ello disminuyen las sollicitaciones mecánicas y se mantienen estables la envoltura exterior y la estructura del edificio.

El SATE contribuye al mantenimiento de los materiales de construcción e impide la degradación causada por las oscilaciones de temperatura como la aparición de grietas, fisuras, filtraciones de agua, fenómenos de disgregación, manchas o mohos, entre otros.

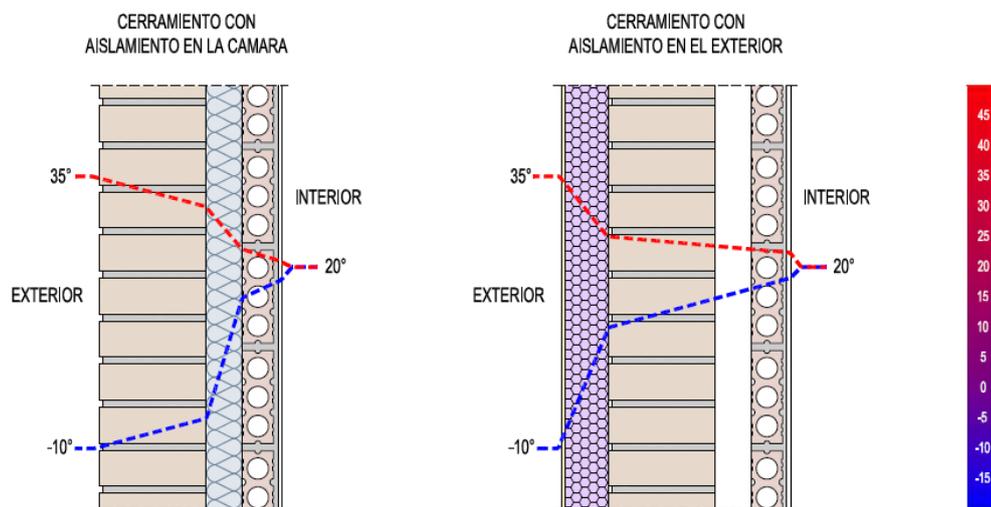


Figura 3-5. Comparación de gradientes térmicos en fachada tradicional y SATE. Fuente: ANFAPA

- Por la misma razón anterior el SATE aumenta la inercia térmica del muro, haciendo más eficiente en las viviendas habituales donde aporta, la masa del cerramiento, cerca del 90% de la inercia térmica local, mientras que la solución tradicional solo aporta entre un 10% y un 20%. (ANFAPA, 2017) [27].

- En relación con la impermeabilidad, el comportamiento esperado será mejor si se emplean los mismos productos cuando el aislamiento esté situado por el exterior, lo cual mejorará sensiblemente el comportamiento de la fachada ante el agua.
- El sistema reduce el riesgo de condensaciones. Además los sistemas SATE son impermeables al agua y algunos muy permeables al vapor de agua. En comparación con otros sistemas de aislamiento, al tener el aislamiento en el exterior, aleja el punto de rocío dejándolo lo más alejado posible del interior del edificio reduciendo el riesgo de aparición de condensaciones superficiales e intersticiales.

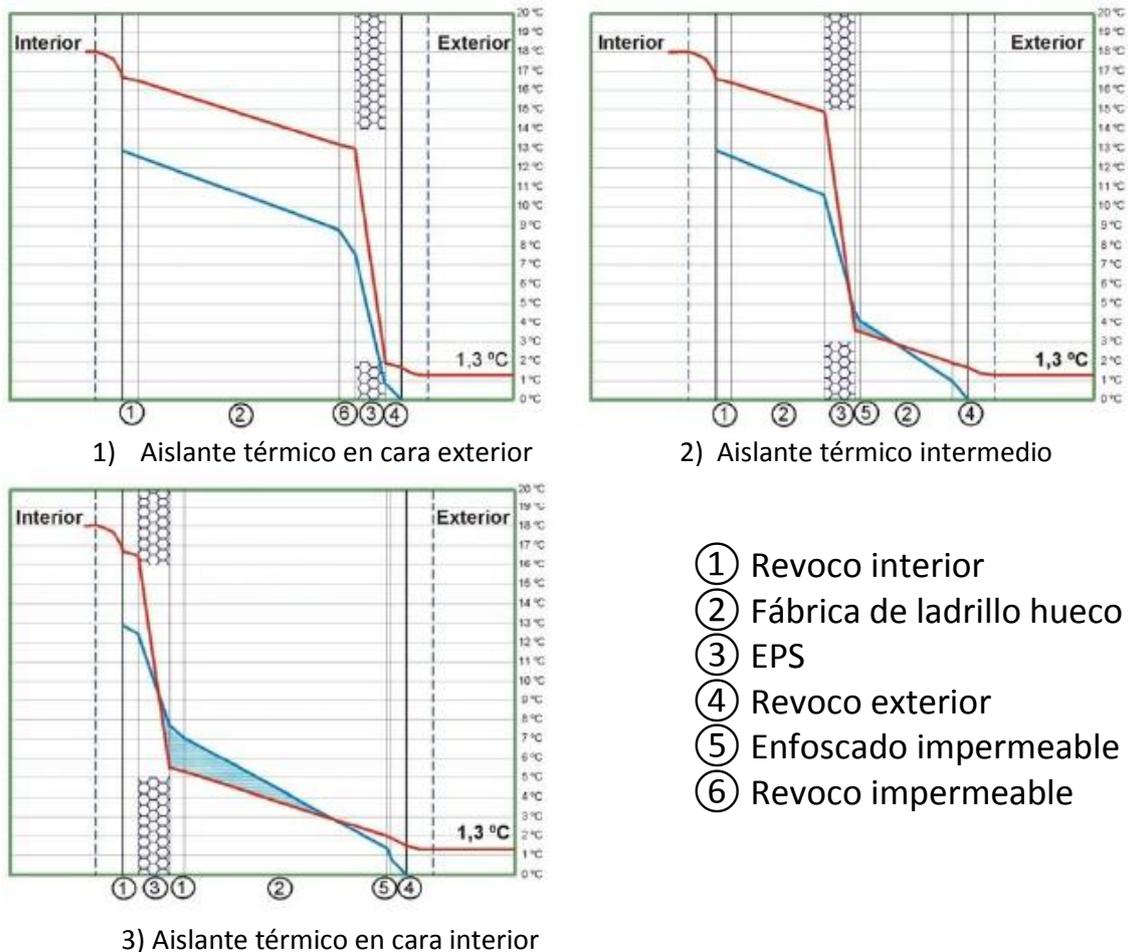


Figura 3-6. Comparativa de gradientes térmico y puntos de rocío según la disposición del aislante.

Fuente: Centro Integrado de FP nº 1. (Santander)

Las principales **desventajas** del SATE son:

- No es posible actuar desde dentro, lo que obliga a disponer de un andamio para realizar el trabajo.
- Cambia el aspecto estético del acabado original y los acabados son limitados a revocos coloreados (ETAG 004)

Sin embargo estas desventajas pueden no serlo si ya se preveía el montaje de un andamio para realizar el mantenimiento de la fachada y si se busca cambiar la estética del edificio.

Para poder comprobar realmente la eficacia de un sistema SATE en un edificio el cual está previsto rehabilitar energéticamente vamos a realizar un estudio comparativo entre una solución de aislamiento de fachada tradicional (de edificio social de los que hemos visto en el Capítulo 1) y un SATE.

Para ello utilizaremos el programa de certificación energética CE3X. Tomaremos como edificio de referencia el Ejemplo 1 del propio programa, ya que se trata de un edificio de los que hemos hablado en la introducción de este trabajo. Realizaremos el cálculo de la certificación energética para ese edificio y posteriormente propondremos dos mejoras; por un lado aislaremos las partes ciegas de la fachada por el interior y por otra lado simularemos un SATE y comprobaremos como mejoran el consumo de energía, las emisiones de CO₂, la demanda de calefacción y la demanda de refrigeración en cada caso.

El edificio del Ejemplo 1 del CE3X, se sitúa en Zaragoza y fue construido en los años 60. Se trata de una construcción de planta baja y tres alturas, con dos portales y una distribución en cada uno de ellos de dos viviendas pasantes por planta. En total son 16 viviendas.

El edificio está siendo objeto de un proyecto de rehabilitación por lo que existe planimetría del mismo, se conocen las características constructivas de la envolvente y el estado de las instalaciones térmicas. Además se posee documentación sobre las medidas de ahorro de eficiencia energética a acometer. [29]



Figura 3-7. Emplazamiento. Fuente: IDAE

El bloque carece totalmente de aislamiento térmico y las instalaciones son antiguas, siendo en su mayor parte calderas individuales para ACS y calefacción o únicamente termos eléctricos para ACS y estufas eléctricas para calefacción.

La rehabilitación que se va a realizar incluye la mejora de las características térmicas de la envolvente, con la incorporación de aislamiento térmico de los cerramientos y doblado de huecos, y prevé la sustitución de las instalaciones individuales por un sistema centralizado de ACS y calefacción con apoyo de energía solar térmica para ACS.



Figura 3-8. Fachada Este Pral. (izq.) y Fachada Oeste (dcha.). Fuente: IDAE.

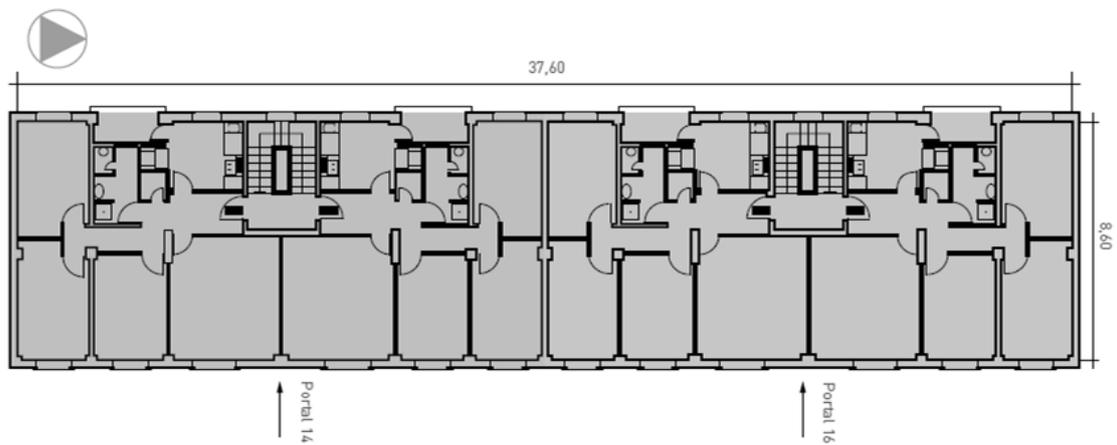


Figura 3-9. Plano de la planta del edificio. Fuente: IDAE.

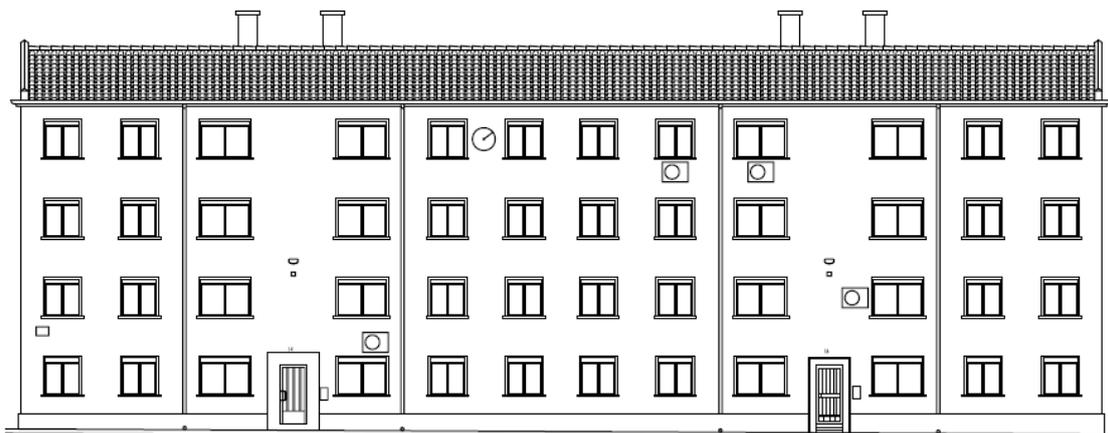


Figura 3-10. Alzado de la Fachada Este Pral. Fuente: IDAE.



Figura 3-11. Alzado de la Fachada Oeste. Fuente: IDAE.

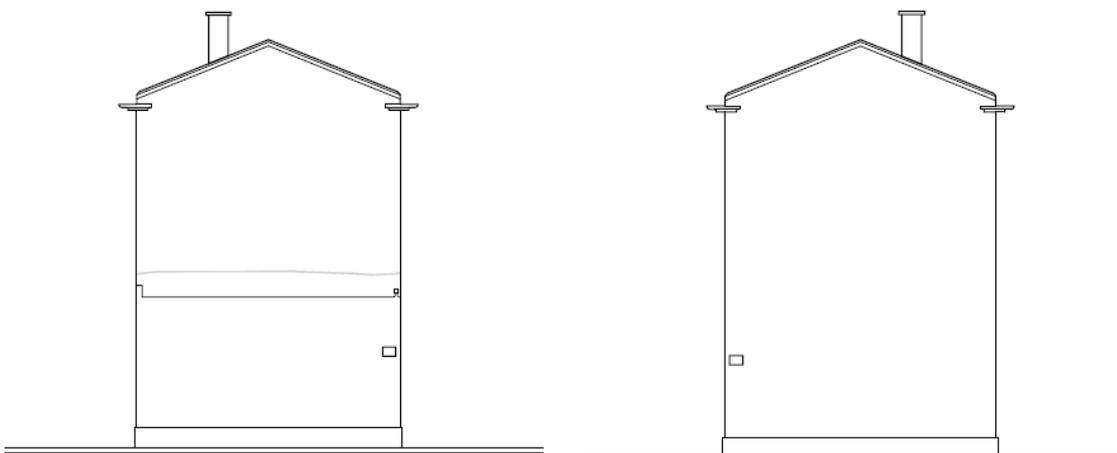


Figura 3-12. Alzados de las Fachadas Norte (izq.) y Sur (dcha.). Fuente: IDEA.

Los cálculos y resultados se detallan en el Anexo F correspondiente, pero a continuación pasamos a comentar el resultado de la certificación en cada uno de los tres casos planteados (edificio existente, mejora con aislamiento interior y mejora con aislamiento exterior):

Para el caso del **edificio existente** se obtiene una calificación energética global de una “F” para consumo de energía primaria no renovable 312,50 kWh/m² año y una “E” para las emisiones de carbono, 58,10kgCO₂/m² año.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]	
< 37.1 A		< 8.4 A	
37.1-60.1 B		8.4-13.6 B	
60.1-93.2 C		13.6-21.1 C	
93.2-143.3 D		21.1-32.4 D	
143.3-298.1 E		32.4-66.3 E	
298.1-336.8 F	312.5 F	66.3-79.6 F	58.1 E
≥ 336.8 G		≥ 79.6 G	

Figura 3-13. Calificación energética obtenida para vivienda existente. Fuente: elaboración propia con CE3X.

En cuanto a la demanda de calefacción se obtiene una letra “E”, 112,00 kwh/m² año y para la demanda de refrigeración se obtiene una “D”, 18,40 kwh/m² año.

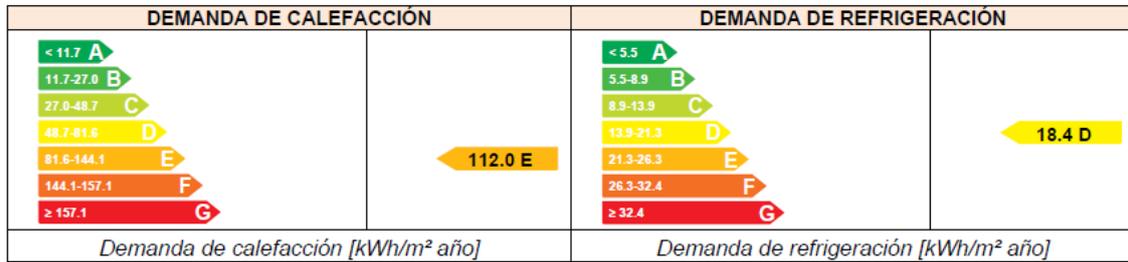


Figura 3-14. Demandas de calefacción y refrigeración en el edificio existente. Fuente: Elaboración propia con CE3X.

Para el caso de la mejora con aislamiento por el interior de 6 cm. de EPS de conductividad térmica 0,031 W/(m.k) se obtendría una calificación energética global de una “E” para consumo de energía primaria no renovable 272,10 kwh/m² año y una “E” para las emisiones de carbono, 50,60 kgCO₂/m² año.

En cuanto a la demanda de calefacción se obtiene una letra “E”, 93,10 kwh/m² año y para la demanda de refrigeración se obtiene una “D”, 16,00 kwh/m² año.

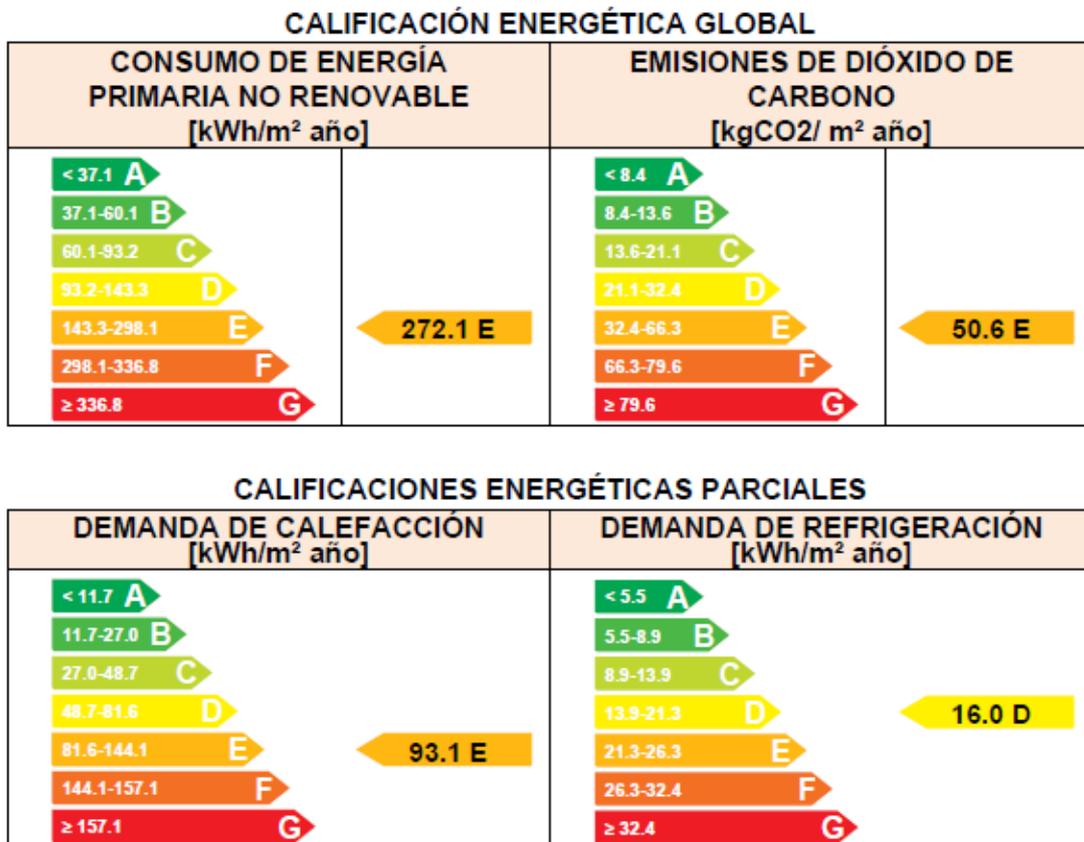


Figura 3-15. Calificaciones energéticas globales y parciales para mejora de envoltante por el interior. Fuente: elaboración propia con CE3X.

Para el caso de la mejora SATE, mejorando los puentes térmicos, con un aislamiento de 6 cm. de EPS de conductividad térmica 0,031 W/(m.k) se obtendría una calificación energética global de una "E" para consumo de energía primaria no renovable 192,20 kWh/m² año y una "E" para las emisiones de carbono, 35,60 kgCO₂/m² año.

En cuanto a la demanda de calefacción se obtiene una letra "D", 51,80 kWh/m² año y para la demanda de refrigeración se obtiene una "D", 19,10 kWh/m² año.

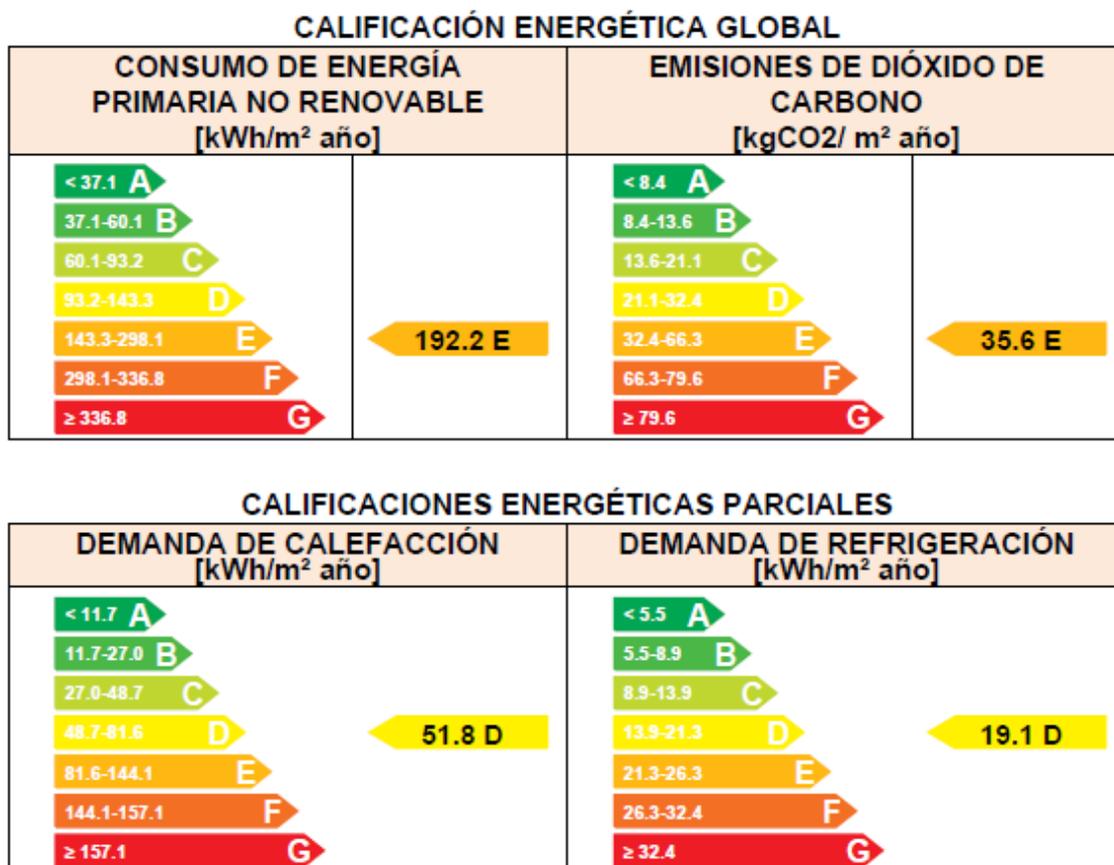


Figura 3-16. Calificaciones energéticas globales y parciales para mejora de envoltorio con SATE.
Fuente: elaboración propia con CE3X.

En resumen, con la solución de aislar por el interior se reduce un 12,9% el consumo de energía primaria no renovable y 12,9% las emisiones de dióxido de carbono; mientras que con la solución de aislar con un SATE ha reducido un 38,5% el consumo de energía primaria no renovable y 38,7% las emisiones de dióxido de carbono. Cabe destacar que con el SATE aumenta la demanda de refrigeración y eso tiene que ver con las cargas térmicas que recibe la parte ciega de la fachada en la temporada de verano. Es por esto que los SATE tienen mejor resultado en la zona norte de España.

En la tabla resumen que adjuntamos a continuación podemos ver con más claridad el efecto de las mejoras de aislamiento realizadas.

Tabla 3-5 . Resumen de certificación energética de cada caso estudiado. Fuente: elaboración propia.

		Edificio Existente	Aislamiento interior	SATE	
		Porcentaje		Porcentaje	
INDICADOR GLOBAL	CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE	312,50	272,10	12,93%	38,50%
	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO	58,10	50,60	12,91%	38,73%
INDICADOR PARCIAL	DEMANDA DE CALEFACCIÓN	112,00	93,10	16,88%	53,75%
	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	18,40	16,00	13,04%	-3,80%

Como conclusión podemos decir que queda suficientemente demostrado que el SATE mejora más del doble la eficiencia de un aislamiento, si este mismo aislamiento en lugar de colocarlo por el interior lo colocamos por el exterior.

3.5. Correcta Ejecución de los SATE

Llegados al punto de la ejecución del SATE es muy importante recordar que la ejecución del SATE se deberá hacer como indique el fabricante del sistema, sin embargo hay una serie de pautas a seguir que recoge la ETAG 004 y que suelen ser común para todos los fabricantes de sistemas de aislamiento térmico exterior.

Este apartado del trabajo lo vamos a dedicar a detallar cada uno de esos puntos y pondremos el foco sobre aquellas cosas que no aparecen explícitamente en la documentación disponible, muchas veces porque se supone como “lógica constructiva”, pero que no se suelen plantear adecuadamente.

Finalmente se ha creado en este TFM un Anexo H donde se ha generado un listado de comprobación de una serie de puntos a controlar en cada etapa de trabajo para la prevención de errores.

3.5.1. Trabajos Previos

Antes de si quiera empezar a preparar el soporte donde irá adherido nuestro SATE es necesario prestar atención a todos aquellos elementos que discurren o están anclados en nuestra fachada y que son necesarios eliminar temporalmente o integrar en el trabajo que vamos a realizar. En todo caso deberemos de intentar asegurar la continuidad de aislamiento y evitar los posibles puentes térmicos derivados de la integración de estos elementos. Por este motivo antes de preparar la ejecución del SATE deberemos:

1. Retira todas las instalaciones existentes como, cableado eléctrico, tuberías de gas, toldos, bajantes, farolas, barandillas y rejas, o cualquier otro elemento instalado que pueda penalizar la continuidad de aislamiento térmico, para recolocarlo una vez acabada la obra en un lugar adecuado.
2. Si se prevé que las instalaciones queden detrás del aislamiento se deberán empotra en la fábrica adecuadamente antes de realizar el aislamiento y nunca empotrarlas en este.

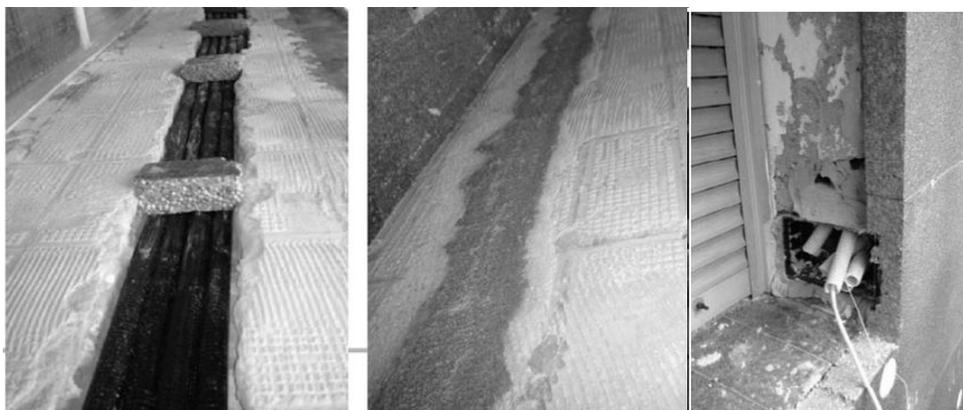


Figura 3-17. Empotrado previo al aislamiento. Fuente: M. Epelde (2015).

3. Se podrán recolocar las instalaciones en superficie una vez acabado el trabajo de aislamiento siempre y cuando se hayan preparado puntos de anclaje adecuados para recibir las instalaciones. Es preferible este método de reinstalación al de empotrado de las instalaciones.



Figura 3-18. Instalación en superficie. Fuente: M. Epelde (2015)

4. Cuando se utilice un andamio fijo, se debe asegurar que la longitud de los anclajes de andamio se corresponde con el espesor del sistema de tal manera que la distancia desde las superficies de pared (espacio de trabajo) sea adecuada (siguiendo las normas de seguridad en el trabajo) y que el agua no puede penetrar a lo largo de estos anclajes (perforar oblicua hacia arriba).
5. Se debe colocar las redes de andamios adecuados con el fin de proteger la fachada, el soporte y las capas individuales contra las inclemencias del tiempo (sol, viento, lluvia).

3.5.2. Preparación del Soporte

Cuando ya hemos procedido a la retirada o rozado de las instalaciones existentes en fachada, tenemos la fachada con su revestimiento actual, el cual hay que adecuar para la posterior colocación del SATE.

Los soportes que contempla la ETAG 004 pueden ser exclusivamente de ladrillo o de hormigón, pero es posible que estos tengan algún tipo de revestimiento cuando se trata de una rehabilitación y por lo tanto hay que evaluar el estado de estos también. De modo general las actuaciones a realizar son:

- Inspección visual con el fin de evaluar la naturaleza y la calidad del sustrato y, en particular, la humedad del soporte, el riesgo de penetración de humedad en el SATE y con el fin de identificar cualquier grieta en el soporte

- Prueba de limpieza con la palma de la mano o con un paño oscuro con el fin de comprobar la ausencia de polvo, eflorescencias dañinas o revestimientos antiguos de cal.
- Prueba de rayado o punteo con un objeto puntiagudo duro con el fin de evaluar la resistencia y capacidad de carga (p. ej.: prueba de corte transversal, prueba de cinta adhesiva).
- Prueba de humectación con brocha o pulverizador con el fin de evaluar la capacidad de absorción y la humedad del soporte.
- La evaluación in situ de la humedad del soporte mediante higrómetro.
- Prueba de planeidad; la planeidad y verticalidad del soporte limitará el tipo de fijación a utilizar.

Tabla 3-6. Adhesivo según desviaciones del soporte. Fuente: IDAE.

Tipo de fijación o adhesivo	Corrección de planimetría por metro (mm)
Mortero adhesivo	20
Poliuretanos de expansión controlada	30
Con perfiles	40
Espirales distanciadores	140

Si se exceden las tolerancias dimensionales, las medidas a tomar adecuadas se deben llevarse a cabo con el fin de conseguir un soporte de carga adecuado para la aplicación de adhesivos.

- Ensayo de arranque: en soportes revestidos, una pieza de refuerzo (malla de fibra de vidrio) que mida al menos 30 cm. x 30 cm. debe de embeberse utilizando el adhesivo del sistema propuesto. Al ser arrancado después de tres días, sólo el refuerzo puede llegar a separarse.
- La extracción del anclaje del sustrato de acuerdo con la Guía DITE 014.

Estas pruebas se llevan a cabo en varios puntos diferentes, en cada altura de la fachada elegidos al azar.

Estas pruebas se realizan a nivel general en todos los tipos de soporte que recoge la citada ETAG 004. A continuación pasamos a detallar las medidas a tomar en cada uno de los soportes estudiados de forme individual. Se han dividido en:

- A. FÁBRICAS SIN REVESTIR (Tabla 3-7)
- B. HORMIGÓN (POLVORIENTO, JUNTAS DE MÁS DE 5 MM) (Tabla 3-8)
- C. REVOCOS, VIEJAS PINTURAS Y ACABADOS MINERALES(Tabla 3-9)
- D. REVOCOS, VIEJAS PINTURAS Y ACABADOS ORGÁNICOS (Tabla 3-10)
- E. SOPORTES CON REVESTIMIENTO CERÁMICO Y APLACADOS (Tabla 3-11)

En las siguientes tablas se representan las medidas a tomar.

Tabla 3-7. Medias a tomas sobre fábricas sin revestir. Fuente: elaboración propia.

SOPORTE		MEDIDAS
TIPO	CONDICIONES	
FÁBRICAS CONSTRUIDAS DE: - LADRILLO - BLOQUE DE HORMIGÓN - BLOQUE DE HORMIGÓN ALIGERADO	POLVORIENTO	CEPILLAR, HIDROLAVAR Y DEJAR SECAR
	RESIDUOS DE MORTERO Y REBABAS	PICAR Y ELIMINAR
	IRREGULARIDADES, CAVIDADES	RASEAR Y RELLENAR CON MORTERO ADECUADO ANTES DE EJECUTAR EL SATE (PRESTAR ATENCIÓN A LOS TIEMPOS DE SECADO)
	HUMEDAD ¹	DEJAR SECAR
	EFLORESCENCIA ¹	ELIMINAR MEDIANTE CEPILLO ABRASIVO, EN CASO DE SER NECESARIO UTILIZAR UNA DILUCIÓN CON ACIDO Y LAVAR
	FRÁGIL, INESTABLE	PICAR Y DEMOLER, REEMPLAZAR (PRESTAR ATENCIÓN A LOS TIEMPOS DE SECADO)
	SUCIO, GRASIENTO	HIDROLAVAR ² CON AGENTES DE LIMPIEZA ADECUADOS, ENJUAGAR CON AGUA CLARA Y DEJAR SECAR
	GRIETA EN EL SOPORTE DE DE MAS 5 MM	COSER LAS GRIETAS MEDIANTE GRAPADO DE ACERO INOXIDABLE O FIBRAS Y RESINA EPOXY

1. En el caso de humedad capilar, remediar las causas

2. máx. 200 bar

Tabla 3-8. Medias a tomas sobre muros de hormigón. Fuente: elaboración propia.

SOPORTE		MEDIDAS
TIPO	CONDICIONES	
MUROS DE: - HORMIGÓN "IN SITU" - ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN - REVESTIMIENTOS DE HORMIGÓN	POLVORIENTO	CEPILLAR, HIDROLAVAR Y DEJAR SECAR
	COSTRAS	LIGAR Y CEPILLAR
	RESIDUOS DE DESENCOFRANTES	HIDROLAVAR ² CON AGENTES DE LIMPIEZA ADECUADOS, ENJUAGAR CON AGUA CLARA Y DEJAR SECAR
	EFLORESCENCIA ¹	ELIMINAR MEDIANTE CEPILLO ABRASIVO, EN CASO DE SER NECESARIO UTILIZAR UNA DILUCIÓN CON ACIDO Y LAVAR
	SUCIO, GRASIENTO	HIDROLAVAR ² CON AGENTES DE LIMPIEZA ADECUADOS, ENJUAGAR CON AGUA CLARA Y DEJAR SECAR
	RESIDUOS DE MORTERO Y REBABAS	PICAR Y ELIMINAR
	IRREGULARIDADES, CAVIDADES	RASEAR Y RELLENAR CON MORTERO ADECUADO ANTES DE EJECUTAR EL SATE (PRESTAR ATENCIÓN A LOS TIEMPOS DE SECADO)
	FRÁGIL, INESTABLE Y HÚMEDO ¹	PICAR Y DEMOLER, REEMPLAZAR (PRESTAR ATENCIÓN A LOS TIEMPOS DE SECADO)
	FALTA DE UNIÓN ENTRE EL REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN Y EL SOPORTE	ASEGURAR LA UNIÓN ANTES DE REALIZAR EL SATE
	CARBONATACIÓN Y OXIDACIÓN	REPARACIÓN ADECUADA SEGÚN UNE-EN 1504
GRIETAS DE MÁS DE 5 MM	COSER LAS GRIETAS MEDIANTE GRAPADO DE ACERO INOXIDABLE O FIBRAS Y RESINA EPOXY	

1. En el caso de humedad capilar, remediar las causas

2. máx. 200 bar

Tabla 3-9. Medias a tomar sobre revocos, viejas pinturas y revestimientos minerales. Fuente: elaboración propia.

SOPORTE		MEDIDAS
TIPO	CONDICIONES	
PINTURAS MINERALES	POLVORIENTO	CEPILLAR, HIDROLAVAR Y DEJAR SECAR
	SUCIO, GRASIENTO	HIDROLAVAR ² CON AGENTES DE LIMPIEZA ADECUADOS, ENJUAGAR CON AGUA CLARA Y DEJAR SECAR
	DESCAMACIÓN COSTRA	CEPILLAR, RASPAR, HIDROLABAR ² CON AGUA CLARA, DEJAR SECAR
	HUMEDAD ¹	DEJAR SECAR
ENCALADOS		SIEMPRE DEBE SER ELIMINADO MECÁNICAMENTE
REVOCOS MINERALES , CAPA BASE	POLVORIENTO	CEPILLAR, HIDROLAVAR Y DEJAR SECAR
	SUCIO, GRASIENTO	HIDROLAVAR ² CON AGENTES DE LIMPIEZA ADECUADOS, ENJUAGAR CON AGUA CLARA Y DEJAR SECAR
	FRÁGIL, INESTABLE	PICAR Y DEMOLER, REEMPLAZAR (PRESTAR ATENCIÓN A LOS TIEMPOS DE SECADO)
	IRREGULARIDADES, CAVIDADES	RASEAR Y RELLENAR CON MORTERO ADECUADO ANTES DE EJECUTAR EL SATE (PRESTAR ATENCIÓN A LOS TIEMPOS DE SECADO)
	EFLORESCENCIA ¹	ELIMINAR MEDIANTE CEPILLO ABRASIVO, EN CASO DE SER NECESARIO UTILIZAR UNA DILUCIÓN CON ACIDO Y LAVAR
	HUMEDAD ¹	DEJAR SECAR

1. En el caso de humedad capilar, remediar las causas

2. máx. 200 bar

Tabla 3-10. Medidas a tomar sobre revocos, viejas pinturas y acabados orgánicos. Fuente: elaboración propia.

SOPORTE		MEDIDAS
TIPO	CONDICIONES	
ACABADOS DE PINTURAS DE EMULSIÓN Y RESINA SINTÉTICA	ESTABLE	LAVAR CON AGUA CLARA, DEJAR SECAR
	NO ESTABLE	ELIMINAR MECÁNICAMENTE, LAVAR CON AGUA CLARA, DEJAR SECAR

Tabla 3-11. Medidas a tomar sobre revestimientos cerámicos y aplacados. Fuente: elaboración propia

SOPORTE		MEDIDAS
TIPO	CONDICIONES	
REVESTIMIENTOS CERÁMICOS	SUCIO, POLVORIENTO	CEPILLAR, LAVAR Y DEJAR SECAR
	IRREGULARIDADES, CAVIDADES	ELIMINAR Y RELLENAR LAS IRREGULARIDADES Y CAVIDADES
	SUPERFICIES INABSORBENTES (P. EJ.: ESMALTES, VITRIFICADOS)	CREAR ADHESIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UNA CAPA DE IMPRIMACIÓN
	DESNIVELES	NIVELAR
APLACADOS DE PIEDRA		EVALUAR EL RETIRADO TOTAL DEL APLACADO

Conjuntamente con la preparación del soporte será necesario preparar los huecos de toda la fachada, esto incluye reparar y sustituir si fuera necesario los dinteles de los huecos, y cortar, retirar o cubrir los alfeizares de las ventanas.

Antes de empezar la instalación también se deberá recubrir y proteger todos aquellos elementos que no se hayan podido retirar y que sean susceptibles de ser dañados durante la ejecución de los trabajos.

Antes de comenzar a trabajar, la superficie de la fachada sobre la que se colocarán los paneles debe estar nivelada horizontalmente y aplomada verticalmente. Todas las superficies visibles, incluso las que aparecerán tras ejecutar el SATE superior e inferiormente, se cubrirán, a menos que estén encerradas por perfiles apropiados, con un sistema de acabado (capa de base reforzada y capa de acabado)

Por lo tanto, la capa de aislamiento térmico debe estar encerrada a tal grado que no esté expuesta a la penetración directa de la humedad, daños por insectos y similares o, en caso de incendio, exposición directa a las llamas.

3.5.3. Conexiones con Puertas y Ventanas

Antes de colocar las tiras de conexión a ventanas y puertas se debe prestar especial atención a los siguientes criterios:

- que los detalles de la conexión han sido definidos, específicamente por el proyectista
- que las ventanas y puertas que se hayan colocado nuevas estén instaladas adecuadamente
- que si el proyectista requiere una conexión hermética a vapor, sea creado por el instalador de ventanas
- que el sustrato esté seco, libre de polvo y grasa para unir las tiras de conexión
- que se cumple la temperatura mínima de aplicación de + 5 ° C (día y noche).

Los detalles de conexión ejecutados correctamente juegan un papel clave en la función a largo plazo del SATE. Los movimientos (dilataciones térmicas) de ventanas, puertas y accesorios vidriados requieren el uso de elementos de conexión adecuados.

Los materiales de sellado de juntas (acrílico, silicona) no están clasificados como una conexión que sea resistente de forma permanente a la lluvia. Esto representa un mantenimiento necesario y debe, en consecuencia, ser reemplazado periódicamente.

Cuando el soporte ya está en condiciones de poder iniciar la instalación del SATE, se procede con el arranque del aislamiento en la parte baja del edificio. Puede haber arranque desde cota cero, desde perfil o desde cuña.

3.5.4. Arranque

En el arranque del SATE nos podemos encontrar con que se realiza desde una cota diferente a la cota "0" (se realizará con perfil de arranque) o desde cota "0" o inferior a "0". En esta última situación nos encontraremos con que el SATE estará expuesto a salpicaduras de agua y tierra.

Perfil de Arranque

Cuando se inicia el aislamiento en zócalo, primera planta, o cuando debajo no hay nada. El perfil de arranque se instala con tacos cada cierta distancia y con tornillo de golpeo. Ante irregularidades de fachada y para asegurar la planimetría del perfil de arranque y por tanto del aislamiento, se utilizan piezas de plástico de espesor adaptado al hueco existente.

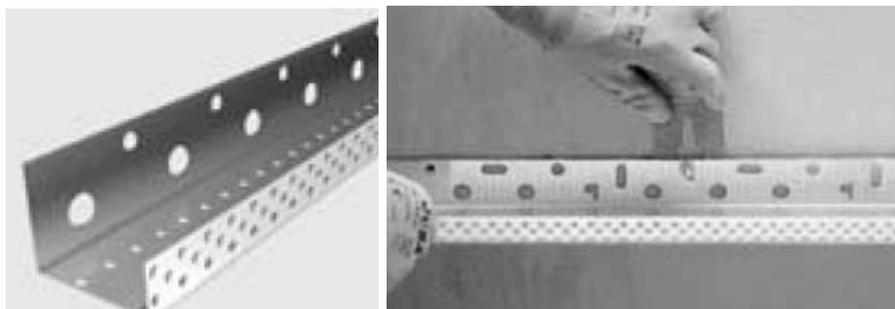


Figura 3-19. Perfil de Arranque. Fuente: Protektor.

Cota "0"

Se utilizarán paneles de aislamiento adecuados para el contacto permanente con el agua en el área expuesta a salpicaduras de. Esto también se aplica a las zonas por debajo del nivel del suelo.

El agua de lluvia debe conducirse lejos de la fachada a través de soluciones constructivas, generalmente se trata de realizar un lecho de grava o una capa anticapilar. Los adoquines o losas deben colocarse con una pendiente adecuada (hacia fuera del edificio) y deben aislarse estructuralmente del edificio (p. ej., una membrana impermeable).

También es posible instalar el borde inferior del SATE sobre el nivel del suelo sin un perfil de arranque; en este caso, el borde inferior debe crearse con tela de fibra de vidrio. En el área bajo el nivel del suelo la primera fila de los paneles será biselada, con la capa base que incluye el refuerzo, junto con un sellante adecuado, que continúa hasta el soporte (estructura de la pared).

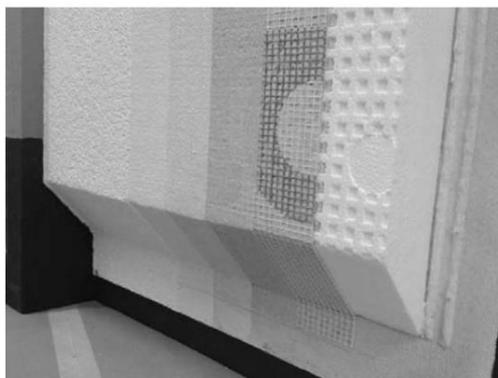


Figura 3-20. Cuña de arranque. Fuente: Kerakoll.

La transición de la zona de base con el resto del SATE se puede hacer de tres formas diferentes.

Base Rebajada

Con una base rebajada, el borde inferior de la SATE se forma normalmente mediante el uso de perfiles de conexión de base sin perforaciones de base.

Los perfiles de conexión de la base se fijan con anclajes adecuados a intervalos de aproximadamente 30 cm y en sus extremos. Las irregularidades en el sustrato se deben compensar con espaciadores, las uniones se deben fijar con piezas de conexión adecuadas. Los huecos entre la estructura de pared y el perfil de conexión de base deberían sellarse mediante medidas adecuadas (por ejemplo, mortero adhesivo, bandas de sellado) para asegurar una ejecución hermética al viento del borde inferior (¡efecto chimenea!).

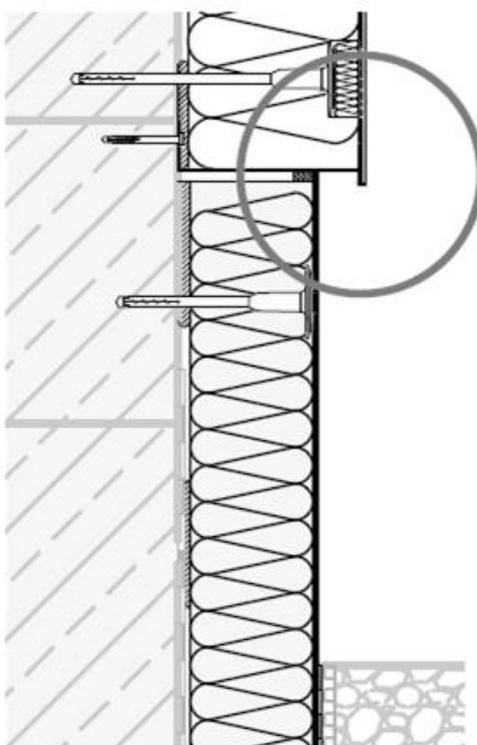


Figura 3-21. Base Rebajada. Fuente: EAE

Base Enrasada con Capa de Acabado Discontinua

Al ejecutar una "base enrasada con una capa de acabado discontinua", los paneles de aislamiento para el área de la base se conectan al ras con los paneles de aislamiento de la fachada. La capa de base reforzada se aplica sobre ambos tipos de paneles, pero la capa de acabado del SATE se separa de la capa de acabado en el área de la base

Base Enrasada con Capa de Acabado Continua

Al ejecutar una "base enrasada con capa de acabado continua", los paneles de aislamiento para el área de la base se conectan a ras con los paneles de aislamiento de la fachada. La capa base reforzada se aplica sobre ambos tipos de paneles. La capa de acabado compatible con el sistema, continúa en el área de la base.

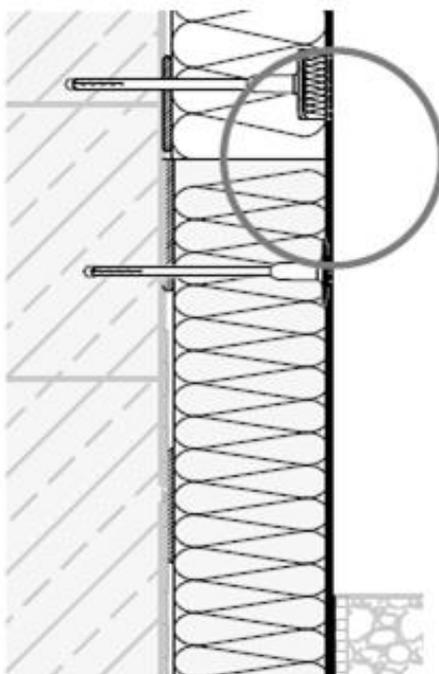
**Figure 21**

Figura 3-22. Base Enrasada. Fuente: EAE.

La transición de la zona de base con el terreno se puede realizar de tres formas.

Borde Sin Aislamiento Perimetral de Construcción

Los paneles aislantes para el área base que se extiende al suelo de, se cortan en ángulo recto hacia la estructura de la pared y se recubren con la capa base reforzada. La capa de base reforzada se aplica hasta el borde inferior del panel de aislamiento, el sellado se extiende hasta la estructura de la pared. La capa de acabado debe continuar hasta aprox. 15 cm por debajo del nivel del suelo.

Borde con Aislamiento Perimetral de Construcción

El sistema de acabado en los paneles de aislamiento perimetral, que puede necesitar ser pretratados (rugosos), termina a unos 200-300 mm por debajo del nivel del suelo. Si hay una diferencia en el grosor de la base y los paneles de aislamiento del perímetro, este debe ser igualado por medio de un corte diagonal para permitir una transición sellada.

Sellado de Base en el Área en Contacto con el Terreno

Después de determinar el nivel exterior, todos los componentes del sistema en el área que entra en contacto con la tierra reciben un recubrimiento impermeable, p. ej., compuesto de sellado o recubrimiento de betún, y protegido por una membrana impermeable auto-protegida.

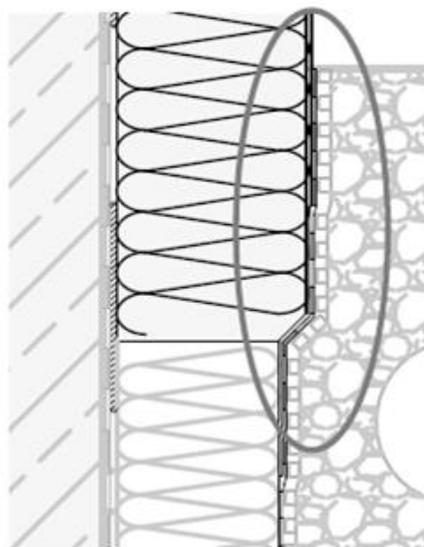


Figura 3-23. Detalle del sellado de la base en el área en contacto con el terreno. Fuente: EAE.

3.5.5. Fijación Mediante Adhesivo

El mortero adhesivo se puede aplicar a mano o mediante máquina. Se debe asegurar que:

- El aire no puede circular entre el panel de aislamiento y el sustrato, de lo contrario puede conducir a un efecto chimenea.
- El panel está unido de manera uniforme al soporte en toda su superficie, de lo contrario esto puede conducir a un efecto almohada o colchón (véase Figura 3-24).

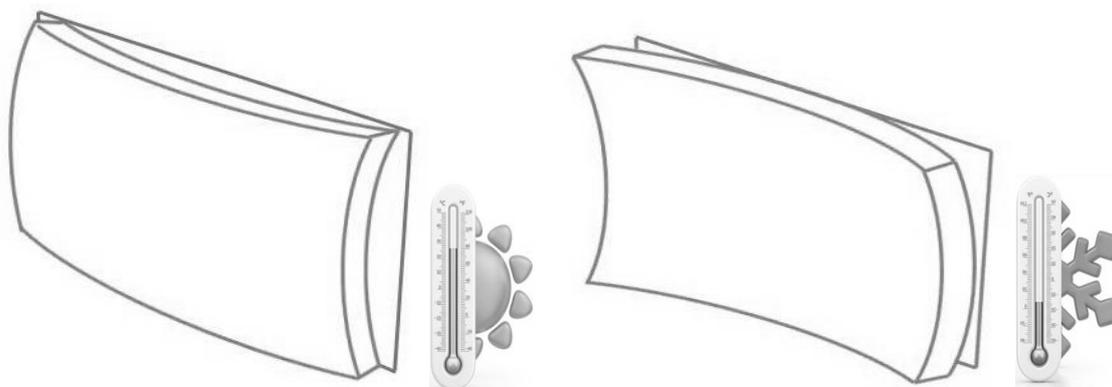


Figura 3-24. Efecto almohada producido por el calor exterior (izq.) y por el frío exterior (Dcha.). Fuente: Kerakoll.

El adhesivo se puede aplicar de dos formas diferentes:

Mediante Cordón Perimetral y Puntos

Se utiliza sobre soportes con irregularidades de hasta 1 cm. La cantidad de adhesivo a aplicar debe elegirse de manera que, teniendo en cuenta las tolerancias del soporte y el espesor de capa del adhesivo (aproximadamente entre 1 y 2 cm), se obtenga una superficie de contacto con el sustrato de mínimo el 40%. Para ello, se procede a colocar un cordón de mortero adhesivo con una anchura de 5 cm en todo el perímetro de la placa y en el centro del panel se aplican tres “pegotes” de mortero adhesivo.

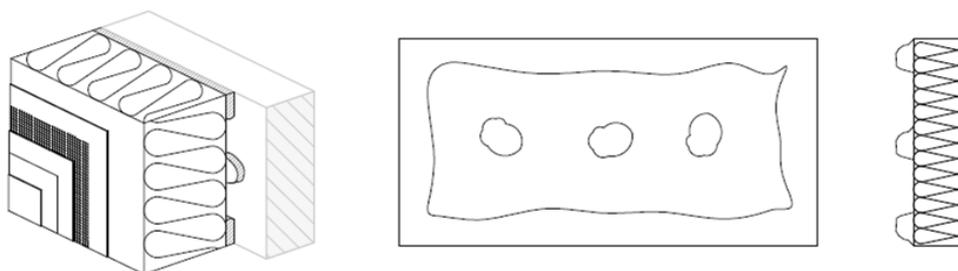


Figura 3-25. Método de cordón perimetral y puntos. Fuente: EAE.

Mediante Peinado de Toda la Superficie

En rehabilitación, este tipo de fijación sólo es recomendable en caso de soportes nivelados y que presenten una planimetría casi 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. Con este método sólo pueden compensarse irregularidades mínimas del soporte.

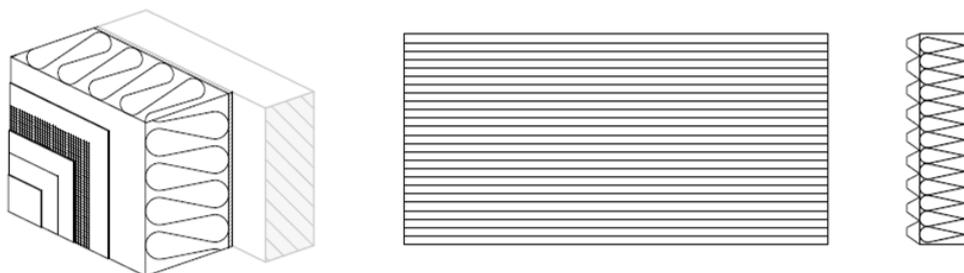


Figura 3-26. Aplicación mediante peinado en toda la superficie. Fuente: EAE.

Con el fin de mejorar la adhesión del mortero, el adhesivo se extiende primero bajo presión en una capa fina sobre el lado sin revestir de los paneles de aislamiento MW, con la aplicación real del adhesivo siguiente inmediatamente después.

De forma general el método de peinado de toda la superficie se puede aplicar en cualquier tipo de aislante a utilizar, sin embargo el método de cordón perimetral y puntos no se debe aplicar en paneles de MW o de lana en general.

3.5.6. Fijación Mediante Adhesivo y Fijaciones Mecánicas

En los soportes siguientes, además de la fijación mediante adhesivo, será necesario fijar las superficies y los 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 30 kg/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 WF, corcho ICB o poliuretano conformado PUR.
- Los paneles de Base aún siendo de EPS o XPS se deberán de anclar al soporte.

Las espigas deben cumplir con los requisitos de la Guía DITE 014 y disponer de ETE correspondiente. Los anclajes deben corresponder al sustrato existente de acuerdo con las categorías para su uso de acuerdo con ETAG 014. Estas categorías son:

Tabla 3-12. Categorías de soporte según ETAG 014. Fuente: elaboración propia a partir de ETAG 014

A	HORMIGÓN
B	LADRILLO MACIZO
C	PIEDRA PERFORADA O LADRILLO HUECO
D	HORMIGÓN LIGERO
E	HORMIGÓN CELULAR

La espiga deberá llevar indicado el tipo de soporte para el cual se puede utilizar.



Figura 3-27. Marcado en la cabeza de la espiga.

Las características principales de los anclajes o espigas son:

- **Diámetro de la arandela:** al menos 60,0 mm
- **Rigidez de la arandela:** solo arandelas con suficiente rigidez proveen alta resistencia
- **Reducción de la Conductividad Térmica:** Probado que sea para instalación avellanada como en superficie
- **Longitud del anclajes**
- **Profundidad de anclaje:** Según indicaciones del fabricante (de 25 a 70mm)
- **Diámetro del taquillo:** siempre 8 mm (optimización del taladro)

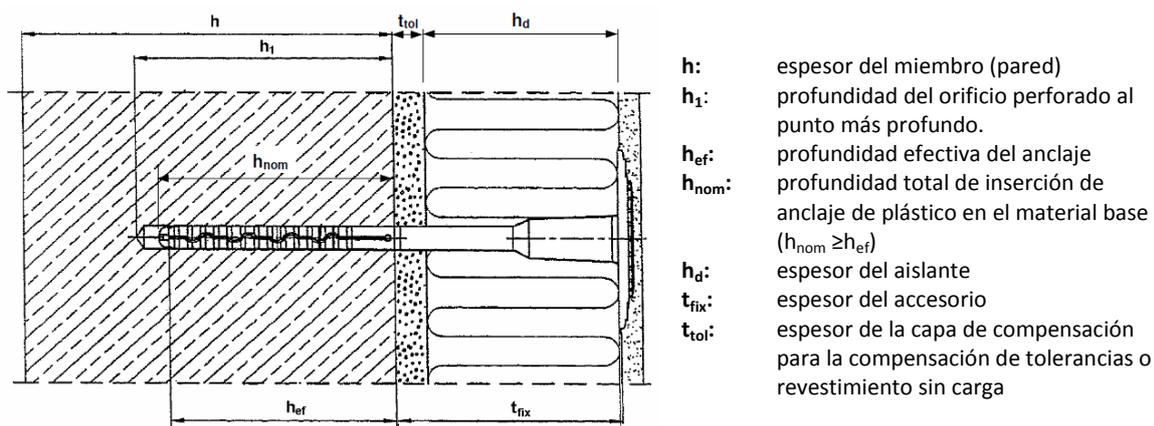


Figura 3-28. Anclaje de plástico para SATE. Fuente: ETAG 014.

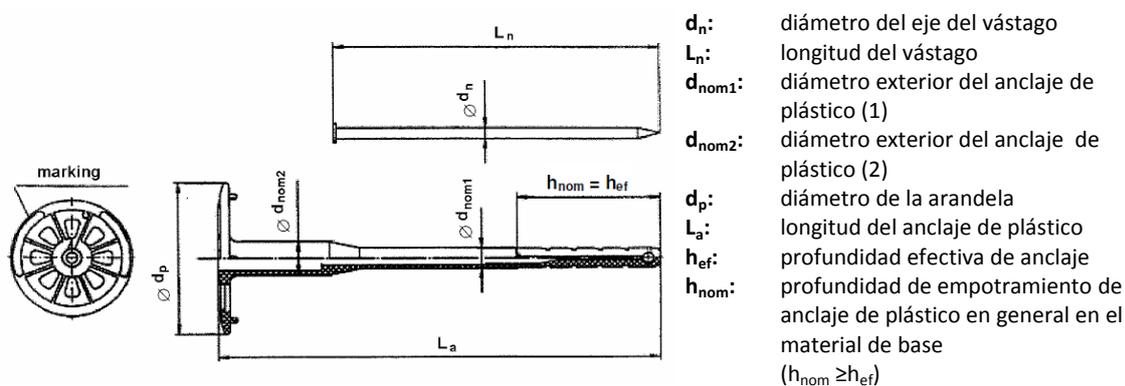


Figura 3-29. Componentes del anclaje de plástico. Fuente: ETAG 014.

Si el sustrato existente no puede ser clasificada sistemáticamente las pruebas de arranque de anclaje deben llevarse a cabo en la propia obra. En el caso de revestimiento de muros de hormigón, los anclajes deben anclarse en el núcleo de hormigón.

El diámetro de la arandela de las espigas depende del material de aislamiento utilizado y puede variar en dimensión (p. ej., EPS 60 mm, MW 140 mm).

A la hora de realizar las perforaciones para anclar las espigas se deberá tener en cuenta:

- Sólo iniciar la perforación después de que el adhesivo haya endurecido lo suficiente (generalmente 2-3 días).
- Utilice el taladro con el diámetro indicado en el anclaje.
- Sólo usar taladros de percusión o martillos perforadores para perforar hormigón o ladrillo macizo. El anclaje de la espiga para estos casos será de al menos 35 mm.
- Utilizar el tipo de taladro recomendado por el proveedor del sistema para ladrillos perforados verticalmente, bloques de hormigón aligerado y hormigón celular. En estos casos y ladrillo hueco el anclaje de la espiga sobre el soporte será de al menos 55 mm.
- Perforar paneles de lana mineral MW con el taladro estacionario.
- Ajustar el tope para la perforación de profundidad = longitud de anclaje + 10 a 15 mm.
- Se debe de dejar una distancia mínima a los bordes de edificación y juntas, generalmente 100 mm.
- Cerciorarse de que se forme una distribución homogénea de fijación con espigas.

Número de Anclajes

La base para el cálculo de la prueba de estabilidad estructural es la norma EN 1991-1-4, el número resultante de anclajes depende de los siguientes parámetros:

- resistencia del anclaje para ser tirado arrancado del soporte
- tipo y la calidad del material de aislamiento (resistencia a ser atravesado)
- altura del edificio
- situación del edificio
- ubicación del edificio
- forma del edificio

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.

En el caso de no existir un cálculo estático que justifique el número de espigas por m², se podrá determinar teniendo en cuenta la altura del edificio y el entorno en que se sitúa (exposición al viento). Existen tres tipos de entorno:

- **Entorno I Terreno abierto.**
Edificio libre, la fuerza del viento no es reducida por ningún elemento.
- **Entorno II Zona escasamente edificada.**
La fuerza del viento es reducida parcialmente por: bosques, casas, etc.
- **Entorno III Zona con un elevado número de construcciones.**
La fuerza del viento es reducida de modo considerable.

Según estos parámetros la cantidad mínima de espigas será la de la tabla:

Tabla 3-13. Número mínimo de de espigas por m². Fuente: IDAE.

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

Distribución de Anclajes

A la hora de la distribución de las espigas en cada panel hay que tener en cuenta el área del panel y la superficie que abarca la arandela de la cabeza de la espiga. En la Figura 3-30 se muestra la distribución de tres espigas por placa.

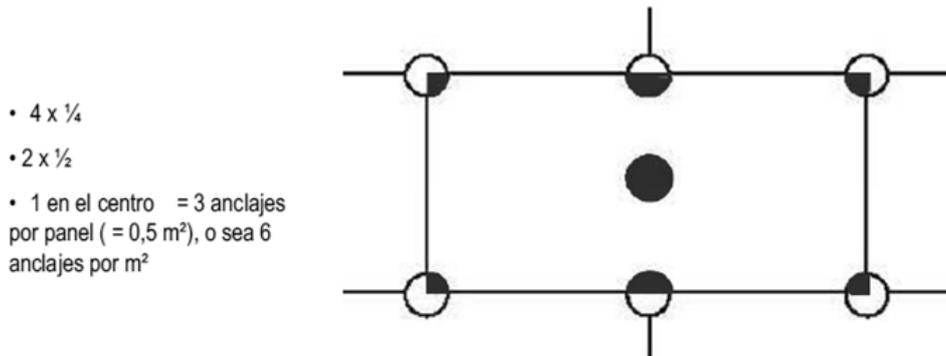


Figura 3-30. Distribución para tres espigas por panel. Fuente: M. Eldepe.

Si consideramos placas de 0,5 m², (1000x500 mm.) la distribución para 4, 6, 8, 10, 12 y 14 espigas sería la de Figura 3-31.

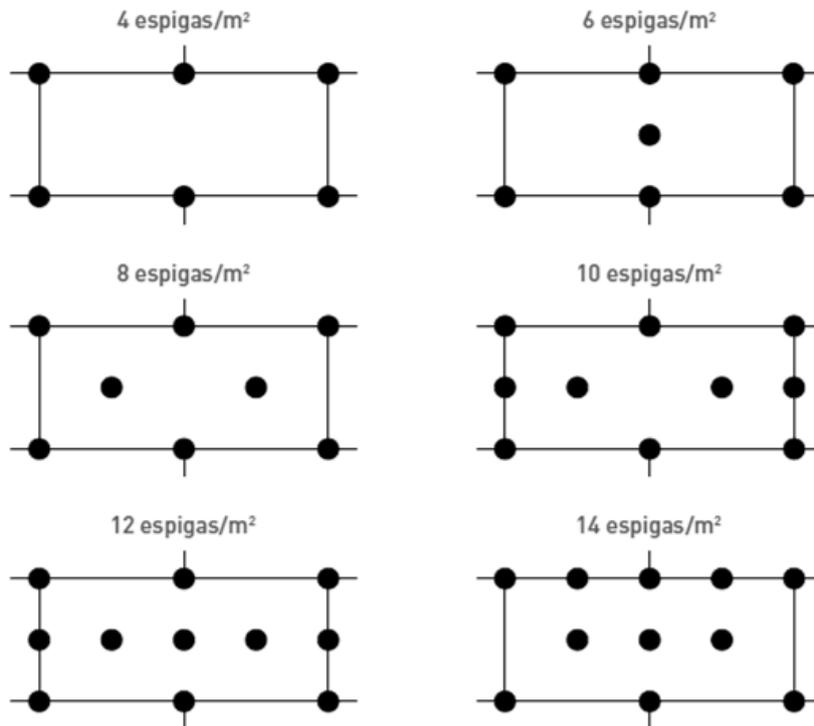


Figura 3-31. Distribución de espigas para planchas de 0,5 m². Fuente: IDAE.

Patrón de Anclajes

Es necesario definir un patrón de anclajes antes de empezar los trabajos, de esta forma existen tres esquemas diferentes:

A. Esquema de anclaje en "T"

Es el más adecuado para paneles de aislante EPS y XPS, con al menos 6 anclajes por m², de la manera siguiente:

- en cada junta en T
- en cada centro de tablero (al menos un anclaje por panel)

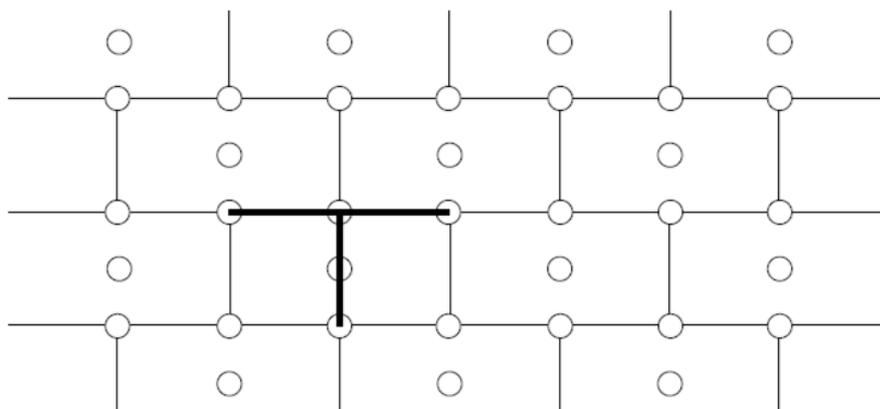


Figura 3-32. Esquema de anclaje en "T". Fuente: EAE.

B. Esquema de anclaje en "X"

Con paneles aislantes en MW, WF, ICB (1000 x 600 mm), es aconsejable utilizar un esquema en "X":

- la distancia entre el anclaje y el borde debe de ser de 50 mm mínimo

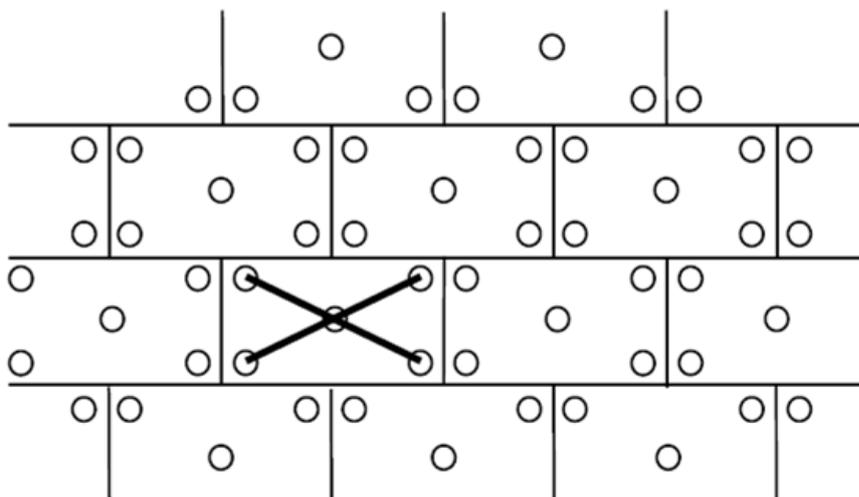


Figura 3-33. Esquema de anclaje en "X". Fuente: EAE.

C. Esquema de anclaje en "W"

Con paneles aislantes en MW, WF, ICB (800 x 625 mm) es aconsejado utilizar un esquema en "W":

- la distancia entre el anclaje y el borde debe de ser de 50 mm mínimo
- al menos 6 anclajes por m²

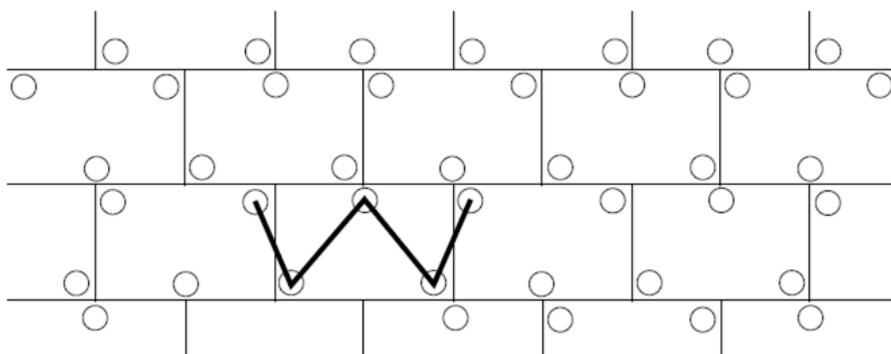


Figura 3-34. Esquema de anclaje en "W". Fuente: EAE.

Distribución en Esquinas

En las esquinas se concentrarán un mayor número espigas de las que se representan en la Tabla 3-13. En función de la altura la distribución deberá ser la que se representa en la Figura 3-35.

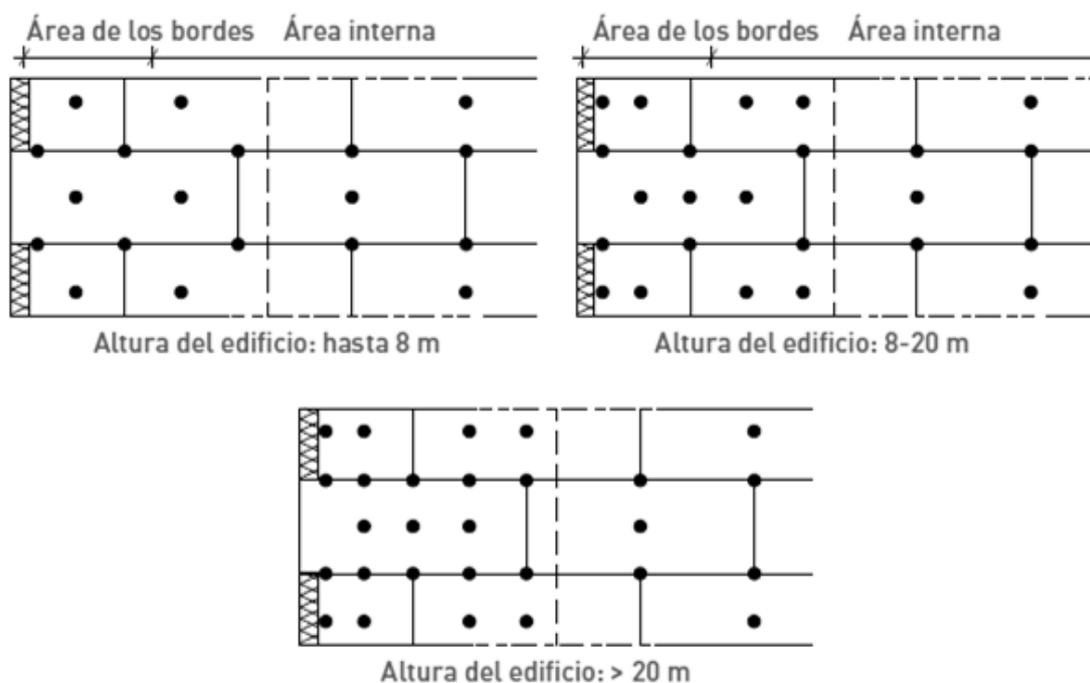


Figura 3-35. Distribución de espigas en esquinas, bordes y juntas. Fuente: IDAE.

Ajuste de los anclajes

Los anclajes deben aplicarse al ras con la superficie del material aislante, excepto si la cabeza de la espiga está avellanada en el aislante. En este caso se deberán colocar tapones del mismo material que el aislante para que el espesor del mortero de la capa base sea continuo y no haya zonas con demasiado espesor.

Dependiendo del tipo de anclaje, el elemento de expansión puede ser de golpeo o atornillado.

Los anclajes comprimidos o sueltos se deberán retirar. Al hacer esto se debe hacer un nuevo anclaje al lado. Los orificios resultantes deben llenarse con material de aislante o relleno de espuma.

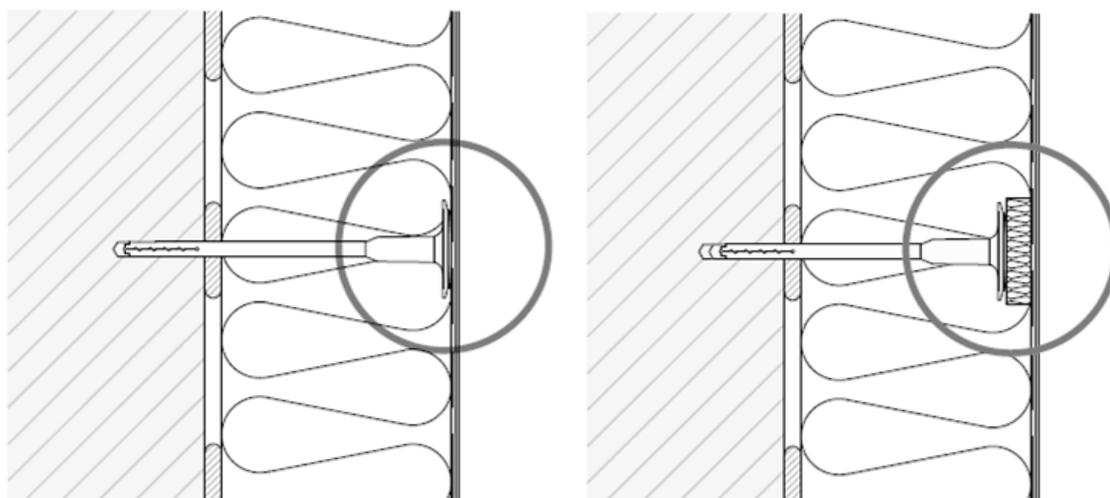


Figura 3-36. Espiga enrasada (izq.) y avellanada (dcha.). Fuente: AEA.

3.5.7. Colocación de los Paneles de Aislamiento

Los paneles de aislamiento deben tenderse de abajo hacia arriba, apretados a tope, para formar una unión a ras. Debe asegurarse de que los paneles de aislamiento estén planos y uniformes. Como regla básica, no se pueden crear juntas. Se colocarán a rompejunta.

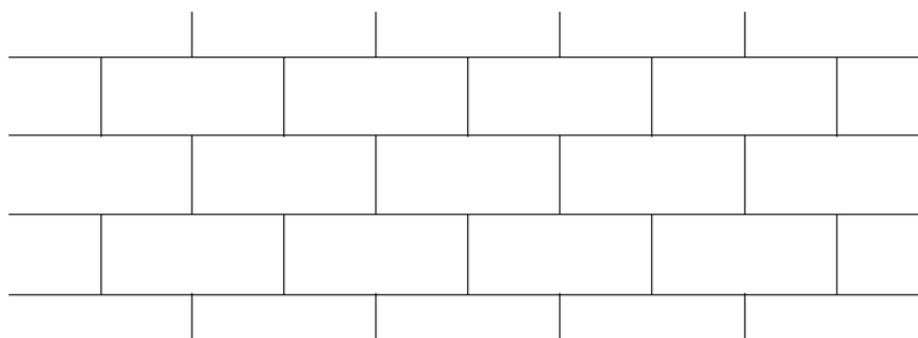


Figura 3-37. Colocación a rompejunta. Fuente: EAE.

Cualquier unión que aparezca debe rellenarse con material aislante del mismo tipo. Si el ancho de la junta no lo permite, se puede usar un relleno de espuma apropiado en juntas de escaso espesor. En ambos casos, el relleno debe extenderse sobre todo el espesor del material aislante. En ningún caso, el mortero adhesivo puede penetrar en las uniones entre los paneles de aislamiento.

Como regla básica, solo se pueden colocar paneles de aislamiento completos. Se permiten piezas de montaje > 150 mm de ancho del mismo material aislante en casos aislados, pero solo se pueden usar en la superficie de la pared y no en las esquinas de los edificios. Solo se pueden usar paneles enteros y medios "interconectados" en formación dentada.

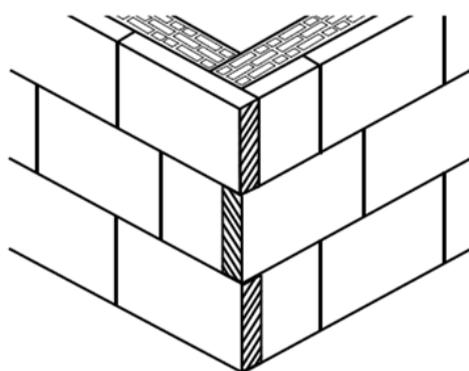


Figura 3-38. Enjarje de esquina. Fuente: EAE.

Al cortar las piezas adecuadas al tamaño, se debe garantizar que estén cortadas en ángulo recto; deben, por lo tanto, ser utilizadas para este propósito herramientas adecuadas (p. ej., cortadores de espuma rígida). Los paneles dañados (p. ej., con esquinas o bordes rotos o comprimidos) no se pueden usar.

Los paneles que sobresalen en los bordes solo se pueden recortar una vez el adhesivo haya endurecido (como regla general en 2-3 días). Las juntas del panel de aislamiento no pueden extenderse a los bordes de las aberturas de la pared.



Figura 3-39. Ejecución incorrecta y correcta de encuentros con aberturas. Fuente: Kerakoll.

Las uniones de paneles no coincidirán con las uniones resultantes de un cambio de material en el soporte y juntas de piezas (p. ej., revestimiento cerámico) (también donde cambia el grosor de la pared y sobre grietas inactivas). Los paneles de aislamiento deben superponerse por lo menos 10 cm.

Las juntas de dilatación deben ser incorporadas y formadas. Se ejecutarán mediante elementos auxiliares específicos.

Las partes saliente, como las cajas de persianas enrollables o los laterales de los pisos, deben cubrirse sin junta de panel. El exceso de material aislante se puede cortar de la parte posterior de los paneles de aislamiento a un espesor residual de al menos 30 mm. Sin embargo, la cobertura del material de aislamiento debe ser de al menos 1/3 del espesor original del panel de aislamiento.

Cuando el aislante de ventanas y puertas aparece, así como dinteles, los paneles aislantes en la superficie de la fachada deben extenderse más allá de la arista de estos paneles para que los paneles aislantes puedan ser presionados al ras contra estos bordes, después de que adhesivo haya endurecido. Solo entonces deben cortarse los paneles aislantes que sobresalen. Al aislar plafones, los paneles aislantes en la superficie de la fachada primero deben extenderse más allá del borde del cuerpo para que los paneles aislantes del plafón puedan fijarse en su lugar una vez que se haya fijado el adhesivo en los paneles aislantes de la fachada. Solo entonces se deben recortar los paneles aislantes que sobresalen.

Si, debido a retrasos en el progreso de las obras de construcción, las superficies ya aisladas quedan expuestas a la radiación UV durante un período de tiempo muy y largo sin protección, la superficie debe lijarse a fondo antes de la aplicación de la capa base.

Como se debe mantener un grosor uniforme de la capa base, se debe garantizar, mediante una colocación cuidadosa o un lijado posterior (por ejemplo, EPS), que la superficie de los paneles sea completamente pareja. De lo contrario, las irregularidades deben igualarse mediante la capa base (por ejemplo, MW), por lo que esta capa de alisado debe dejarse tiempo suficiente para secarse.

En paneles de EPS o XPS, las uniones desiguales deben ser lijadas; el polvo de lijado resultante debe eliminarse por completo. La superficie de los paneles se amarillea como resultado de la exposición a la radiación UV; la sustancia harinosa resultante (amarillo) debe eliminarse por completo antes de aplicar la capa de base reforzada. La capa de base reforzada se debe aplicar de acuerdo con la sección Capa de Base. Se deben cumplir los espesores máximos según fabricante.

En los paneles de MW, WF y ICB, las uniones irregulares deben nivelarse mediante una capa alisadora (mortero de capa base) y protegida de la humedad. La capa de base reforzada se debe aplicar de acuerdo con la sección Capa de Base. Se deben cumplir los espesores máximos según fabricante. Se recomienda siempre emplear el método del doble encolado

3.5.8. Capa de Base

Hay disponibles diferentes capas de base dependiendo de los requisitos del sistema y del material de los paneles de aislamiento (tipo de material y propiedades del material).

Si se ha instalado un sistema con paneles de aislamiento de lana mineral, a continuación, se debe cumplir el tiempo de secado entre la aplicación de la capa de alisado, que hemos comentado en el paso punto anterior, estipulado por el fabricante.

Las capas de base en polvo predosificadas se mezclan de acuerdo con las instrucciones del fabricante usando solamente agua limpia. Las capas de base sin cemento formadas en pasta deben removerse antes de su uso; se pueden agregar pequeñas cantidades de agua de mezcla para ajustar la consistencia (de acuerdo con las instrucciones del fabricante). Las capas de base formadas de pasta para las que el fabricante recomienda la adición de cemento se debe mezclar de acuerdo con sus instrucciones.

Debe aplicarse primero la capa base de mortero y luego sobre ella, la malla, fresco sobre fresco. Las sucesivas tiras de malla deberán superponerse al menos 10 cm. Deberá estar recubierta por al menos 1 mm. mortero de capa base.

El tiempo de secado para poder alisar el mortero dependerá de factores como temperatura ambiente, temperatura de la superficie a aplicar, viento y humedad atmosférica. En condiciones normales el alisado es inmediato, realizado al mismo tiempo que el embebido.

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 o raspar si es necesario. De no cumplirse la desviación se aplicará una segunda capa de nivelación.

En las esquinas de los huecos de ventanas y puertas, se necesitan refuerzos diagonales que deberán embeberse en la capa de base antes de aplicar el refuerzo de superficie y deben fijarse de modo que el borde de la banda se aplique directamente a la esquina en un ángulo de aproximadamente 45°. Las dimensiones de las tiras de refuerzo son generalmente de aprox. 200 x 300 mm. También están permitidos los elementos auxiliares prefabricados.

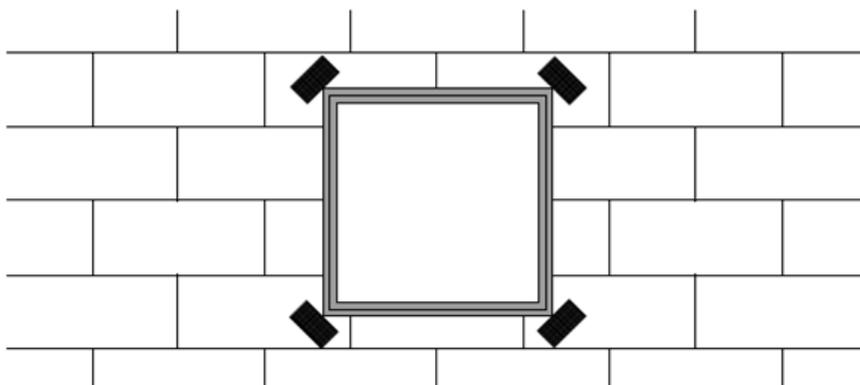


Figura 3-40. Esquema de refuerzo de esquina de huecos a 45°. Fuente: EAE.

La malla reforzada para zonas sujetas a cargas mecánicas particulares debe estar embebida en la capa de base, que se aplica en un grosor de aproximadamente 2 mm, unida a tope (sin superposición), antes de instalar los perfiles de protección de borde/ángulo de esquina y antes de aplicar el refuerzo de superficie estándar.

Si se utiliza una segunda capa de malla de fibra de vidrio, se debe asegurar que la primera capa de malla se aplique sin solaparse (unión a tope), pero la primera capa de la capa de base se haya endurecida y la segunda capa de malla se haya desplazado de manera que no se superpongan las uniones

Formación de Bordes, Esquinas y Rincones

Cuando se utilizan perfiles de protección de borde o ángulos de esquina con malla de fibra y o tela de fibra, la capa base debe ser aplicada en la anchura de la banda de malla de tal manera que el perfil de borde y la banda de malla se pueden embeber en ella. La conexión con la malla estándar de la superficie es para ser ejecutado con un solape de al menos 10 cm. Los rincones se ejecutan de forma análoga.

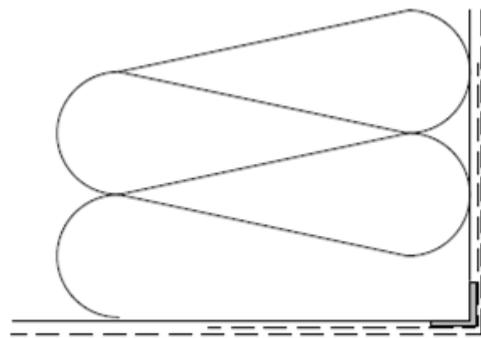


Figura 3-41. Esquema de esquina con solapes de refuerzo. Fuente: EAE.

La formación de bordes sin perfiles prefabricados se realiza durante la instalación de la malla estándar de superficie. Para este fin, las redes de malla de fibra de vidrio en un lado se envuelven alrededor del borde unos 20 cm y se embebe en la capa de base superponiéndose en al menos 10 cm. La formación de los bordes de goterón tiene lugar de manera análoga, como se muestra en la Figura 3-42.

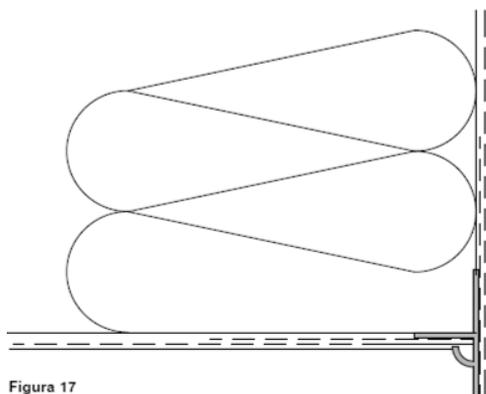


Figura 17

Figura 3-42. Esquema de goterón. Fuente: EAE.

3.5.9. Acabado

Después de permitir que la capa de base tenga tiempo suficiente para endurecer y después de la aplicación de la imprimación del sistema y si las condiciones meteorológicas adecuadas, se puede aplicar el revestimiento final. Si se aplica la capa de acabado demasiado pronto, existe el riesgo de que se marquen parches. Se pueden aplicar diferentes capas de acabado dependiendo del sistema instalado.

El espesor de capa mínimo es $\geq 1,5$ mm para un raspado y ≥ 2 mm para un estuco. Para lograr la textura superficial final, que requiere un tamaño de grano máximo de la capa de acabado de menos de 1,5 mm, es necesaria la aplicación en varias capas para lograr el espesor de capa mínimo requerido.

Las capas de acabado se fabrican principalmente con pigmentos y granulados naturales. Por lo tanto, no se pueden excluir ligeras variaciones en el tono y la estructura del color. Por lo tanto, se debe usar material del mismo lote para cada superficie de fachada.

En el caso de las capas de acabado en polvo, se recomienda que el mortero de cal-cemento mezclado se mezcle nuevamente en un recipiente grande y que se trabaje con esto. A medida que se consume el material, se puede añadir material fresco y agitarlo nuevamente.

El uso de personal suficiente para cada nivel de andamio evita las marcas de empalmes. Trabajar rápidamente, fresco sobre fresco, evita el posible riesgo de unas superficies de revoco distintas en términos de color y textura; por lo tanto, se deben evitar interrupciones al trabajar en superficies continuas. Para evitar marcas visibles entre los niveles del andamio, los recubrimientos deben ser compensados. Para lograr un acabado de color, las capas de acabado se pueden pintar con pinturas de fachada preparada para ello. Debe tenerse en cuenta el índice de refracción que comentaremos a continuación, así como los tiempos de secado para la capa de acabado recomendados por el fabricante del sistema.

Dado que las capas de acabado mineral se endurecen en gran medida químicamente, las condiciones climáticas (humedad atmosférica, temperatura) durante la fase de endurecimiento son de decisiva importancia para la calidad del tono del color.

Las desviaciones en el tono de color son por lo tanto posibles. Por lo tanto, los fabricantes del sistema recomiendan un recubrimiento de homogenización compatible con el sistema

Índice de Refracción

El índice de Refracción es una variable para medir el reflejo de la luz del día incidente (radiación) (blanco = HBW 100%; negro = HBW 0%). Los valores mínimos de HBW se definen para evitar un calentamiento térmico excesivo del ETICS. Estos varían a nivel nacional entre 20% y 30% (dependiendo de las condiciones climáticas).

Aplicación de la Imprimación del Sistema

Esto debe ser compatible con la capa de acabado. Si la capa de base y la capa de acabado tienen la misma base de agente aglutinante (a base de resina sintética o de cemento de cal mineral), la imprimación quizás pueda omitirse. Con los revocos con textura de estuco, se recomienda aplicar la imprimación en el tono de color correspondiente de la capa de acabado.

Aplicación de la Capa de Acabado

Se puede aplicar manualmente o con máquina. Que se aplique con pistola o con llana depende del tipo de acabado utilizado. Se puede lograr una amplia gama de efectos de superficie. Dependiendo del tipo de acabado y textura deseada, la superficie puede ser texturada usando la herramienta adecuada; se deben seguir las pautas de aplicación del fabricante. Se deben cumplir los espesores mínimos de capa requeridos y siempre desde arriba hacia abajo.

Capa de Acabado para la Base y Zócalo

Después de que la capa de base y la imprimación del sistema hayan endurecido lo suficiente, se debe aplicar un revestimiento de superficie adecuado y una capa de acabado adecuada. Para las capas de acabado mineral, se debe aplicar un recubrimiento hidrófugo adecuado en la base y el zócalo. En el zócalo, la capa de acabado debe protegerse contra la penetración de humedad a través del sellado apropiado.

3.5.10. Grandes Cargas

Algunas de las instalaciones de fachada, como toldos, contraventanas, tendederos, etc. Requieren ser reinstalados tras el SATE y también requieren de anclajes que soporten cierta carga.

Se pueden utilizar dos opciones para romper el puente térmico puntual lo mejor posible:

- Uso de anclajes específicos
- EPS de alta densidad (sobretudo pensado para actuaciones en alta eficiencia por coste).

Tratan de minimizar el puente térmico que quedaría al no retirar la instalación. Se trata de elementos que “alargan” el anclaje para no tener que reducir el espesor el aislamiento.

3.6. Principales Lesiones y Errores de Ejecución

Podemos encontrar el siguiente tipo de lesiones:

- Puentes Térmicos
- De Adherencia al Soporte
- Resistencia Mecánica
- Grietas
- Morteros y Revestimientos
- Humedades

En el Anexo G se detallan 24 fichas de las lesiones más comunes de cada una de estos problemas generales, sus causas, una pequeña observación y una propuesta de reparación.

3.7. Diferentes Soluciones de SATE Disponibles según sus Materiales

Como hemos comentado en el apartado 3.2, los SATE se clasifican según el tipo de anclaje, pero para el estudio que queremos realizar, realmente, esta clasificación aporta muy poco. De hecho consideramos que el estudio lo realizaremos sobre diferentes tipos de SATE pero con el mismo sistema de anclaje, adherido con fijaciones mecánicas complementarias.

Consideramos para este estudio una clasificación por tipo de aislante y por tipo de mortero de capa base y acabado.

Los tipos de aislantes también los hemos visto, pero estos tipos los podemos agrupar en dos grandes grupos, SATE Naturales Transpirables y SATE Sintéticos No Transpirables. En el Grupo de los SATE Naturales Transpirables encontraríamos MW, ICB, WF. Los paneles de WW los descartamos por no cumplir con ETAG 004 en cuanto a coeficiente de conductividad. En el Grupo de los SATE Sintéticos No Transpirables encontramos el EPS, XPS, PUR y CG.

Evidentemente para los SATE Transpirables utilizaremos morteros traspirables como son los morteros de cal y los acabados deberán de ser también traspirables de siloxano. Para los SATE No Transpirables utilizaremos morteros de cemento y acabados acrílicos.

España es el país que menos tiempo lleva haciendo SATE, quien menos metros ha instalado. Sin embargo, quien más marcas de SATE tiene. Se han sumado marcas de pintura, mortero, etc... Por eso es difícil elegir un solo fabricante como referencia para realizar el estudio. Sin embargo, como posteriormente se verá, trabajaremos con la base de datos del ITeC, BEDEC, y para facilitar la toma de datos y que sea lo más parecida a la realidad posible hemos buscado un fabricante de esta base que tenga introducida toda la información que barajaremos posteriormente. El fabricante Saint-Gobain Weber Cemarsa S.A. y sus sistemas de ETICS.

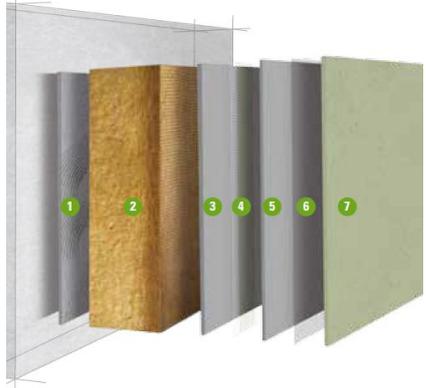
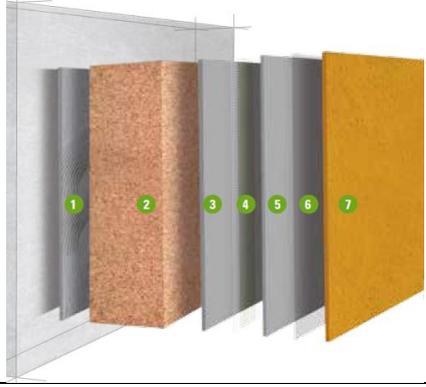
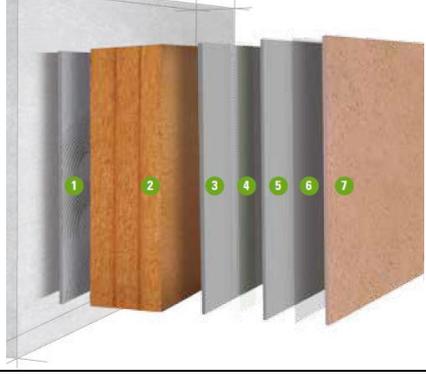
No obstante, esta empresa, no diferencia entre sistemas traspirables y no traspirables y trabaja con morteros de cemento y acabados acrílicos sobre aislantes traspirables. Para ser coherentes con el sistema los SATE traspirables tomaremos como fabricante de referencia la

empresa Kerakoll Spa, el cual si trabaja con morteros transpirables de cal y acabados transpirables de siloxano.

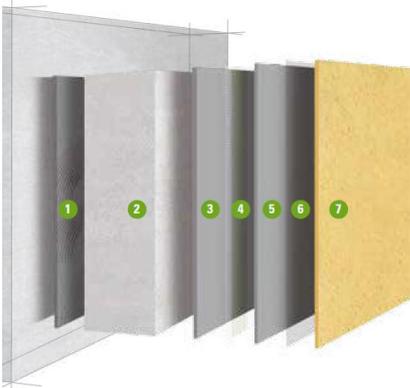
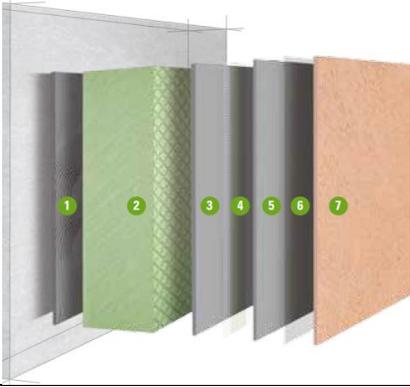
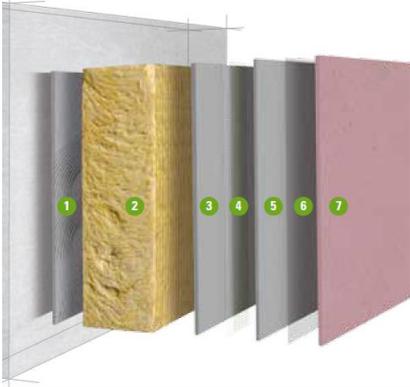
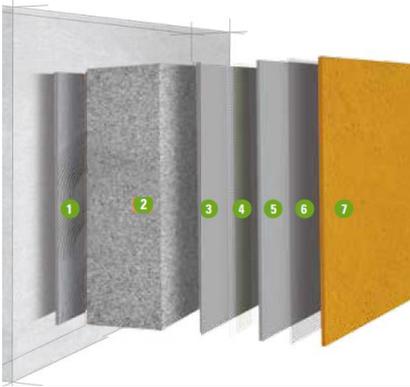
Para el sistema de CG, vidrio celular, tomaremos como empresa de referencia a Ibercal y el sistema Foamlime.

Por lo tanto los sistemas a estudiar serán siete. En la Tabla 3-14 y la Tabla 3-15 se detallan los sistemas y los productos concretos a emplear.

Tabla 3-14. SATE transpirables. Imágenes: Kerakoll

SISTEMAS SATE TRASPIRABLES	
SISTEMA 5: MW, Lana Mineral	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biocalce Cappotto 2. RockSATE Duo MW 3. Biocalce Cappotto 4. Rinforzo V50 5. Biocalce Cappotto 6. Kerakover Eco Silox Fondo 7. Kerakover Eco Silox 1.0
SISTEMA 6: ICB, Corcho Expandido	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biocalce Cappotto 2. Aglocork Térmico ICB 3. Biocalce Cappotto 4. Rinforzo V50 5. Biocalce Cappotto 6. Kerakover Eco Silox Fondo 7. Kerakover Eco Silox 1.0
SISTEMA 7: WF, Fibra de Madera	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biocalce Cappotto 2. Isonat Fiberwood Duoprotect WF 3. Biocalce Cappotto 4. Rinforzo V50 5. Biocalce Cappotto 6. Kerakover Eco Silox Fondo 7. Kerakover Eco Silox 1.0

3-15.SATE no transpirables. Imágenes: Kerakoll

SISTEMAS SATE NO TRANSPIRABLE	
SISTEMA 1: EPS, Poliéstireno Expandido	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Weber.therm Base 2. Weber.therm Placa EPS 3. Weber.therm Base 4. Weber.therm Malla 160 5. Weber.therm Base 6. Weber CS plus 7. Weber.tene Geos
SISTEMA 2: XPS, Poliéstireno Extrusionado	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Weber.therm Base 2. Weber.therm Placa XPS 3. Weber.therm Base 4. Weber.therm Malla 160 5. Weber.therm Base 6. Weber CS plus 7. Weber.tene Geos
SISTEMA 3: PUR, Poliuretano Conformado	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Weber.therm Base 2. Linitherm PGV PUR 3. Weber.therm Base 4. Weber.therm Malla 160 5. Weber.therm Base 6. Weber CS plus 7. Weber.tene Geos
SISTEMA 4: CG, Vidrio Celular	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Foamlime Adhesivo 2. FoamLime CG 3. Foamlime Base 4. Foamlime Malla 5. Foamlime Base 6. Foamlime Primer 7. Foamlime Silex K

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

Durante el desarrollo de este capítulo se pretende que el lector comprenda el plan establecido para llevar a cabo los diferentes objetivos marcados anteriormente.

Además se presentará el edificio objeto que se utilizará a lo largo del estudio para los diferentes estudios comparativos.

En su última parte se expondrá como llevar a cabo ese planteamiento, mostrando los métodos de evaluación empleados, así como las aplicaciones a utilizar.

4.1. Planteamiento Metodológico

En el Capítulo 3 ya se han definido los diferentes sistemas a estudiar. Los diferentes sistemas elegidos son 7, en función del aislante a utilizar, divididos en dos grupos, en función de si el revestimiento y acabado son transpirables o no.

Los materiales a utilizar y la justificación de estos se describe en el apartado 3.7 de ese capítulo y están recogidos en las Tablas 3-14 y 3-15.

Nos queda, por tanto, explicar el procedimiento a seguir para alcanzar los objetivos de este TFM que todavía no hemos visto. Si recordamos estos son los objetivos específicos a alcanzar.

- Contabilizar y comparar la energía embebida en los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas
- Contabilizar y comparar las emisiones de CO₂ de los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas
- Comprobar el impacto sobre la salud e las personas
- Comprobar el impacto sobre el medioambiente
- Estudiar la emisión de COV's de los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas
- Estudiar la transpirabilidad de los materiales de construcción de las diferentes soluciones planteadas y de los sistemas completos

Para alcanzar estos objetivos seguiremos los siguientes pasos:

1. Elección del Edificio de Referencia

2. Calcular el espesor equivalente de los diferentes sistemas.

Para poder trabajar en igualdad de eficiencia de los diferentes sistemas primero realizaremos el cálculo de cada uno de ellos para que la transmitancia sea igual en todos los casos. Esto lo realizamos para calcular la sostenibilidad de cada sistema a igualdad de eficiencia, y que esta eficiencia no sea una variable que condicione los parámetros de sostenibilidad.

3. Estudiaremos la sostenibilidad de los materiales empleados en los distintos sistemas constructivos evaluados

Para realizar este estudio evaluaremos seis conceptos diferentes:

- I. Energía embebida en los materiales de construcción
- II. Emisiones de CO₂
- III. Impacto sobre la Salud de las personas
- IV. Impacto sobre el Medio Ambiente
- V. Emisiones de COV's
- VI. Transpirabilidad

4. Adecuación a Código Técnico de Edificación

Ya se ha visto la adecuación de cada sistema a la ETAG 004, lo que se pretende en este punto es estudiar la adecuación de cada uno de estos sistemas a los DB del CTE, para poder corroborar la viabilidad de los SATE planteados. Sobre todo en aquello a lo que corresponde a los DB-HI y DB-HS (Seguridad en Caso de Incendio y Salubridad)

4.2. Elección del Edificio de Referencia

La elección de la edificación de referencia ha tratado de realizarse en base a una serie de prerrequisitos.

Para que el estudio goce de cierta entidad, se ha decidido en la elección de un edificio realizado antes de la aparición de la NBE-CT-79, ya que es el tipo de edificación que más demanda tiene de estos sistemas de aislamiento.

El edificio elegido es el que describimos en el apartado 3.4. El edificio se sitúa en Zaragoza y fue construido en los años 60. Según la clasificación climática del Apéndice B de la sección de Ahorro Energético perteneciente al DB-HE, la altura de referencia sobre el nivel del mar del Municipio de Zaragoza es 207 m, siendo la severidad climática de invierno considerada con la letra D y la severidad climática de verano determinada por el número 3.

Se trata de una construcción de planta baja y tres alturas, con dos portales y una distribución en cada uno de ellos de dos viviendas pasantes por planta. En total son 16 viviendas.

El bloque carece totalmente de aislamiento térmico y las instalaciones son antiguas, siendo en su mayor parte calderas individuales para ACS y calefacción o únicamente termos eléctricos para ACS y estufas eléctricas para calefacción.

4.3. Método Empleado para la Evaluación de la Eficiencia Energética

Para la homogenización de la eficiencia de cada uno de los 7 SATE propuestos utilizaremos la hoja de cálculo desarrollada por el Tutor del presente TFM D. Ángel Miguel Pitarch Roig, y que se utilizó en la asignatura MIH026 “Código Técnico de la Edificación”, del Máster.

4.4. Método Empleado para la Evaluación de la Sostenibilidad

Los métodos empleados para la evaluación de la sostenibilidad basada en datos objetivos se desarrollan en los 6 puntos siguientes:

4.4.1. Cálculo de la Energía Embebida en los Materiales de Construcción

Para conocer la energía embebida en los materiales que componen los distintos sistemas utilizaremos como fuente de datos el banco de datos BEDEC del ITEC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña). Es la base de datos más completa y geográficamente relacionada con la edificación a analizar. La información del banco de datos mencionada se obtiene mediante el ACV con el método Simapro 6.0. La base de datos BEDEC utilizado en este estudio incluye la energía incorporada (energía primaria basada en la eficiencia energética de la planta) y las emisiones de CO₂ asociadas a los materiales de construcción en la fase de producto, teniendo en cuenta las materias primas de alimentación, el transporte y la fabricación.

4.4.2. Cálculo de las Emisiones de CO₂

De la misma forma que en el apartado anterior, el cálculo de emisiones de CO₂ de los materiales que componen los diferentes sistemas, y por ende del cada sistema, lo realizaremos utilizando la misma base de datos del BEDEC, ya que como hemos dicho anteriormente, es la base de datos más completa y geográficamente relacionada con la edificación a analizar e incluye las emisiones de CO₂ asociadas a los materiales de construcción en la fase de producto, teniendo en cuenta las materias primas de alimentación, el transporte y la fabricación.

4.4.3. Impacto sobre la salud de las personas

Para evaluar y cuantificar el impacto sobre la salud de las personas emplearemos métodos de evaluación utilizados por el sistema Friendly Materials desarrollado por PMMT Arquitectura o el GreenBuilding Rating [30] desarrollado por Kerakoll Spa y certificado por SGS. La forma en que evalúan estos sistemas el impacto sobre la salud se basará en la toxicidad o no del producto, indicando la peligrosidad sanitaria, basándonos en el Reglamento CE 1907-2006 REACH. A través de las Fichas de Seguridad de cada producto se investigará si existen frases de riesgo sanitario previstas por la normativa vigente para materiales peligrosos.

Como productos de uso profesional se admiten la baja peligrosidad (irritante) y las de fácil gestión en obra (peligrosidad para la piel, uso de guantes/dispositivos de protección) o de improbable suceso (ingestión). Las frases que no pueden aparecer son:

Tabla 4-1. Frases de riesgo sanitario "prohibidas". Fuente: REACH.

CÓD.	FRASES DE PELIGROSIDAD SANITARIA
R20	Nocivo por inhalación
R23	Tóxico por inhalación
R24	Tóxico en contacto con la piel
R25	Tóxico por ingestión
R26	Muy tóxico por inhalación
R27	Muy tóxico en contacto con la piel
R28	Muy tóxico por ingestión
R39	Peligro de efectos irreversibles muy graves
R40	Posibilidad de efectos cancerígenos - pruebas insuficientes
R42	Posibilidad de sensibilización por inhalación
R45	Cancerígeno
R46	Puede causar alteraciones genéticas hereditaria
R48	Daños graves por exposición prolongada
R49	Puede causar cáncer por inhalación
R60	Peligros para el feto y la fertilidad
R61	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R62	Posible riesgo de perjudicar la fertilidad
R63	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R64	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna
R68	Posibilidad de efectos cancerígenos

4.4.4. Impacto sobre el Medio Ambiente

Al igual que en el punto anterior, utilizaremos el método propuesto por Kerakoll Spa, GreenBuilding Rating para evaluar el impacto sobre el medio ambiente. La forma de evaluar el impacto sobre el Medio Ambiente se basará en el respeto medioambiental o no del producto, con especial consideración al medio acuático, indicando la peligrosidad medioambiental del producto, basándonos en el Reglamento CE 1907-2006 REACH. A través de las Fichas de Seguridad de cada producto se investigará si existen frases de riesgo previstas por la normativa vigente para los materiales peligrosos.

Las frases que no pueden aparecer son:

Tabla 4-2. Frases de riesgo medioambiental "prohibidas". Fuente: REACH.

CÓD.	FRASE DE RIESGO MEDIOAMBIENTAL
R50	Muy tóxico para organismos acuáticos
R51	Tóxico para los organismos acuáticos
R52	Nocivo para los organismos acuáticos
R53	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R54	Tóxico para la flora
R55	Tóxico para la fauna
R56	Tóxico para los organismos del suelo
R57	Tóxico para las abejas
R58	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente
R59	Peligroso para la capa de ozono

4.4.5. Emisiones de COV's

Para medir los contaminantes en el interior del edificio que provocan mal olor, irritaciones y/o son perjudiciales para la salud y el bienestar de los aplicadores y de los ocupantes y de esta forma fomentar el uso responsable de materiales de construcción baja o muy baja emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles contaminantes del aire en el interior de los edificios y que son nocivos para la salud de las personas, controlaremos la emisión de estos al ambiente.

Se estudiará que los productos etiquetados estén o no probados y certificados de acuerdo a los métodos y los límites de la clasificación GEV Emicode. Todos los productos deben respetar los límites de emisiones de sustancias cancerígenas, tóxicas o mutagenas (CMR), así como lo previsto por el protocolo GEV.

El Reglamento establece tres clases: EC 1 Plus (muy bajo nivel de emisiones), EC 1 (bajo nivel de emisiones), EC 2 (bajo nivel de emisiones) e indican la clase de emisión relativa a los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs).

Tabla 4-3. Límites de emisión de COVs. Fuente: Reglamento GEV Eimcode versión 01/08/2010

	TODAS LAS CATEGORÍAS DE PRODUCTO			BARNICES PARA PARQUET
	Tras 3 días T VOC	Tras 28 días T VOC	Tras 28 días TS VOC	Tras 28 días T VOC + TS VOC
EC 1 Plus	≤ 750 µg/m³	≤ 60 µg/m³	≤ 40 µg/m³	-----
EC 1	≤ 1000 µg/m³	≤ 100 µg/m³	≤ 50 µg/m³	≤ 150 µg/m³
EC 2	≤ 3000 µg/m³	≤ 300 µg/m³	≤ 100 µg/m³	≤ 450 µg/m³

También se aceptarán para el presente estudio los certificados de BLAUER ENGEL, NORDIC ECOLABEL, GREENGUARD, CRI y GBC (para los QI créditos 4.1 y 4.2 – Emisiones COVs totales).

4.4.6. Transpirabilidad

Se valorará el conjunto de sistema y se puntuará como positivo el que todo el sistema, compuesto por las diferentes capas de materiales, sea transpirable.

Para medir la transpirabilidad nos basaremos en el dato de espesor de la capa de aire equivalente “Sd” calculado a partir del factor de resistencia a la difusión de vapor declarado en las correspondientes fichas técnicas y al espesor de aplicación resultante reflejado en el apartado 5.1 del próximo capítulo.

La formula a emplear es:

$$Sd = \mu \times d \text{ (m)}$$

Donde:

- Sd: Espesor de la capa de aire equivalente a la difusión del vapor (m)
- μ : factor de resistencia a la difusión de vapor de agua (adimensional)
- d: espesor del material expresado en metros

CAPÍTULO 5. DESARROLLO DEL ESTUDIO

En este capítulo, a través de la metodología plantada en el anterior, se desarrolla el estudio de la evaluación de sostenibilidad de los diferentes SATE planteados.

En primer lugar realizaremos el cálculo de espesores de materiales para homogeneizar la eficiencia de todos los sistemas.

Posteriormente abordaremos la sostenibilidad de las soluciones propuestas y las someteremos a los DB del CTE para confirmar la viabilidad de cada una de ellas.

Por último realizaremos una valoración económica de cada una de las soluciones.

5.1. Cálculo del Espesor Equivalente de los Diferentes Sistemas.

En el Anexo A se adjunta el cálculo realizado mediante la hoja de cálculo especificada en el Capítulo 4 “Metodología”. A modo de resumen se adjunta en la Tabla 5-1 los espesores de aislante resultantes, a igualdad de espesor del resto de capas del SATE, teniendo en cuenta la zona climatológica D3 para el edificio de referencia citado, donde la envolvente del mismo carece de aislamiento y los muros son de 1 pie de ladrillo macizo. La transmitancia máxima a conseguir es de 0,60 W/m²K

Tabla 5-1. Espesores de aislante según cálculo del Anexo A.

SISTEMA	ESPESOR DE AISLANTE EN MILIMETROS
SISTEMA 1 EPS	42
SISTEMA 2 XPS	39
SISTEMA 3 PUR	32
SISTEMA 4 CG	47
SISTEMA 5 MW	41
SISTEMA 6 ICB	45
SISTEMA 7 WF	50

Para que la comparativa de eficiencia sea lo más aproximada posible el valor del espesor obtenido no se redondea al espesor real disponible en mercado. El resto de cálculos se realizan con respecto a estos espesores aunque es cierto que en la realidad habría que ir al espesor disponible por el fabricante.

5.2. Estudio sobre la sostenibilidad de los materiales empleados en los distintos sistemas constructivos evaluados

A continuación vamos a evaluar la sostenibilidad de cada sistema empleando los métodos especificados en el Capítulo 4 “Metodología”.

5.2.1. Energía Embebida y Emisiones de CO₂.

Puesto que el cálculo de la energía embebida en los materiales de construcción y las emisiones de CO₂ se realiza utilizando la base de datos BEDEC del ITeC, incluiremos los resultados del cálculo en este único apartado.

Después de introducir los productos en la base de datos, uno por uno, de forma independiente, teniendo en cuenta los espesores de los materiales a igualdad de eficiencia, se suman los valores obtenidos de los materiales que componen los sistemas definidos en el apartado 3.7. En la Tabla 5-2 se recogen los resultados de cada aislante de forma independiente y en la Tabla 5-3 cada uno de estos sistemas, obtenidos del Anexo B.

Tabla 5-2. Energía embebida y emisiones de CO₂ por aislante según cálculo del Anexo B.

AISLANTE	ENERGÍA EMBEBIDA		EMISIONES de CO ₂ en KG
	MJ	KWH	
Weber.therm Placa EPS	73,40	20,00	10,40
Weber.therm Placa XPS	136,40	38,00	19,60
Linitherm PGV PUR	77,20	21,20	10,80
FoamLime CG	102,40	28,20	7,40
RockSATE Duo MW	130,20	35,90	8,20
Aglocork Térmico ICB	19,51	5,42	1,19
Isonat Fiberwood Duoprotect WF	113,60	29,46	2,80

Tabla 5-3. Energía embebida y emisiones de CO₂ por sistemas según cálculo del Anexo B.

SISTEMA	ENERGÍA EMBEBIDA		EMISIONES de CO ₂ en KG
	MJ	KWH	
SISTEMA 1	182,09	50,19	26,48
SISTEMA 2	245,09	68,19	35,68
SISTEMA 3	185,89	51,39	26,88
SISTEMA 4	232,00	64,22	26,10
SISTEMA 5	237,84	65,82	23,62
SISTEMA 6	127,15	35,34	16,61
SISTEMA 7	221,24	59,38	18,22

5.2.2. Impacto sobre la salud de las personas y el medio ambiente

Basándonos en los apartados 4.4.3 y 4.4.4, se realiza un estudio sobre las fichas de seguridad de cada producto de forma independiente, marcando con positivo el que no existe ninguna Frase R especificadas en estos apartados y con negativo si existe alguna de esas Frases R. En este apartado se recoge la suma los resultados de cada producto que componen cada uno de los sistemas. En la Tabla 5-4 se reflejan los resultados obtenidos en el Anexo C.

Tabla 5-4. Impacto sobre la salud de las personas y el medio ambiente según cálculo estudio del Anexo C.

SISTEMA	IMPACTO SOBRE LA SALUD	IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE
SISTEMA 1 EPS	✓✓✓✓✗✗	✓✓✗✗✗✗
SISTEMA 2 XPS	✓✓✓✓✗✗	✓✓✗✗✗✗
SISTEMA 3 PUR	✓✓✓✓✗✗	✓✓✓✓✗✗
SISTEMA 4 CG	✓✓✓✓✗✗	✓✓✓✓✗✗
SISTEMA 5 MW	✓✓✓✓✗✗	✓✓✓✓✗✗
SISTEMA 6 ICB	✓✓✓✓✗✗	✓✓✓✓✗✗
SISTEMA 7 WF	✓✓✓✓✗✗	✓✓✓✓✗✗

5.2.3. Emisión de COV's

Siguiendo la metodología del apartado 4.4.5 de forma independiente para cada producto se estudia la emisión de COV's de los materiales a los cuales se les es posible realizar el ensayo, se marca como positivo si tiene baja emisión y no se marca si la emisión es superior o no se especifica en la documentación. En este apartado y la Tabla 5-5 se recopila de los resultados obtenidos en el Anexo D para la suma de materiales de cada uno de los sistemas.

Tabla 5-5. Emisiones de COV's según estudio del Anexo D.

SISTEMA	EMISIONES COVs
SISTEMA 1 EPS	
SISTEMA 2 XPS	
SISTEMA 3 PUR	
SISTEMA 4 CG	☑
SISTEMA 5 MW	☑☑
SISTEMA 6 ICB	☑☑
SISTEMA 7 WF	☑☑

5.2.4. Transpirabilidad

La característica de la transpirabilidad de las soluciones constructivas es un asunto que ha ocupado muchos debates entre profesionales de la edificación, sin embargo a la hora de proyectar los edificios muy pocas veces se tiene en cuenta. Existe la corriente que opina que los edificios necesitan ser lo más estancos posibles para mejorar la eficiencia energética de estos utilizando, para ello, materiales también estancos.

Esta forma de construir ha generado durante muchos años edificios con muy baja calidad del aire interior donde este afecta gravemente a la salud de las personas que desarrollan su vida dentro de estos.

Si cierto es que la estanqueidad de los edificios mejora ampliamente la eficiencia de estos, como persigue el estándar Passivhaus a través del control riguroso de las infiltraciones, también es necesaria una renovación del aire interior de los edificios para conseguir una dilución de los principales contaminantes que podemos encontrar en estos ambientes.

Como hemos dicho las casas Passivhaus buscan la eficiencia energética a través del control de las infiltraciones, pero también busca máxima calidad del aire interior y en este punto es donde surgen discrepancia entre los especialistas del sector, ya que existe la vertiente que busca la transpirabilidad (no infiltraciones) del edificio de forma natural utilizando sistemas específicos, y la vertiente que necesita conseguir la calidad del aire a través de de sistemas mecanizados de ventilación con recuperadores de calor.

En mi modesta opinión, la opción de conseguir la calidad del aire de forma natural, aunque luego se pueda apoyar con los recuperadores de calor, debería ser la primera opción para cualquier profesional de la construcción. Sin embargo el erróneo concepto de que transpirabilidad de la envolvente es igual a pérdidas energéticas es muy extendido en el sector.

Llegados a este punto es necesario diferenciar entre infiltraciones y transpirabilidad. La infiltración de aire se produce intercambiando el aire de forma directa entre el aire interior y el exterior sin pasar por el interior de la masa de ningún material o elemento constructivo de forma que no existe intercambio de calor. A esto se le conoce como convección y es una de las formas de transferencia del calor por lo que este tipo de fugas a través de la envolvente genera pérdidas de energía en el edificio.

Por otro lado las transpirabilidad de los muros es la capacidad de permitir que el aire pueda atravesar la masa de los materiales que componen el elemento constructivo, pero al contrario que pasa en el caso anterior, este aire va intercambiando energía con los materiales de las diferentes capas que componen el cerramiento. De esta forma, en la época de invierno, las capas de los materiales que componen el cerramiento van acumulando energía, aumentando su inercia térmica, manteniendo un ambiente confortable ya que gracias a esta inercia térmica consigue mantener los niveles de confort durante mucho más tiempo. Esta característica es la que hace los SATE sean más eficientes que otros sistemas constructivos, sobre todo en zonas frías (Figura 5-1).

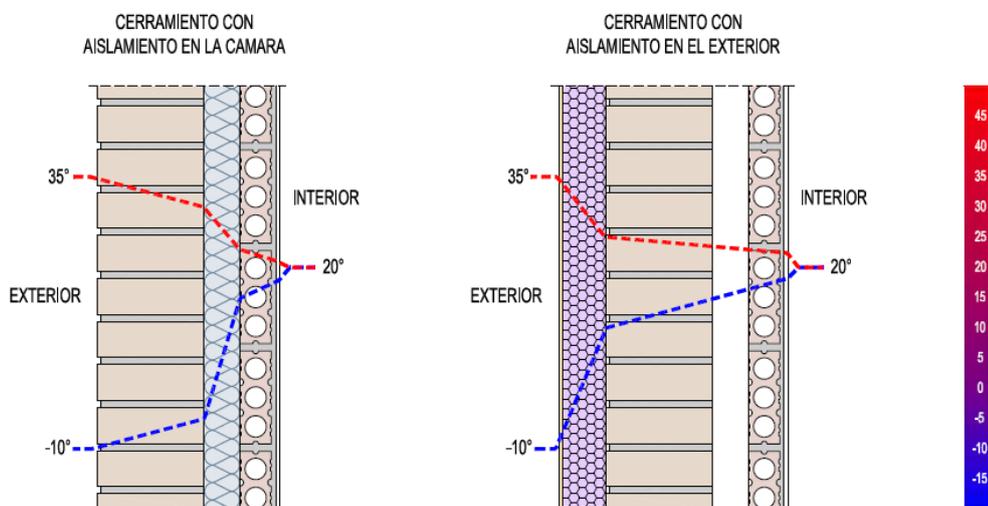
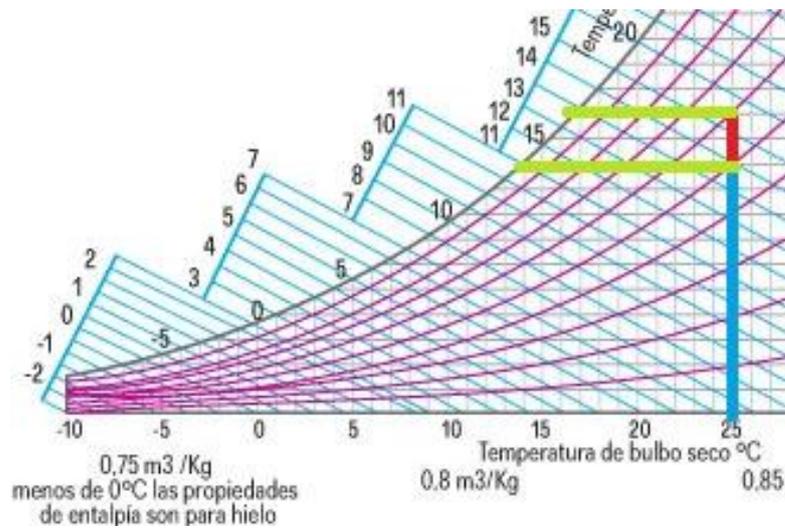


Figura 5-1. Comparación de gradientes térmicos en fachada tradicional y SATE. Fuente: ANFAPA

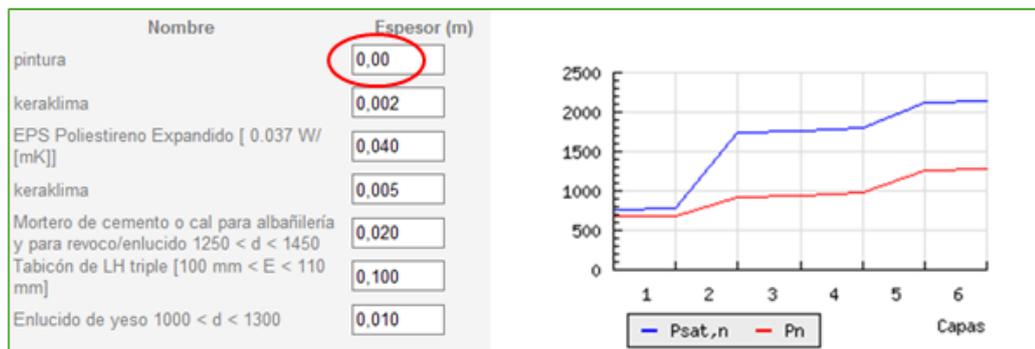
La transpirabilidad de los muros es muy importante para mejorar la calidad el aire interior, y por ende la calidad de vida de los usuarios del edificio, no solo gracias a la capacidad de diluir contaminantes internos sino que también gracias a la capacidad de reducir la concentración de vapor de agua en el interior.

Si tenemos en cuenta que todos los cálculos de eficiencia energética según el DB-HE se basan en una humedad relativa del ambiente del 55%, al no permitir una adecuada renovación del aire, en una vivienda habitual, estaremos aumentando también la humedad relativa dentro de la vivienda, por el simple hecho de vivir y realizar las tareas habituales ej.: vapor de cocción, vapor de ducha, respiración humana (la respiración humana puede generar entre 4 y 5 litros de vapor de agua). Es necesario comprender que los valores a tomar para hacer un cálculo de condensaciones, en estos casos, no debe ser el 55%, si no que la real de edificio ya que con un aumento de la humedad relativa aumenta también la temperatura del punto de rocío y generar condensaciones superficiales dentro de la vivienda (Figura 5-2).

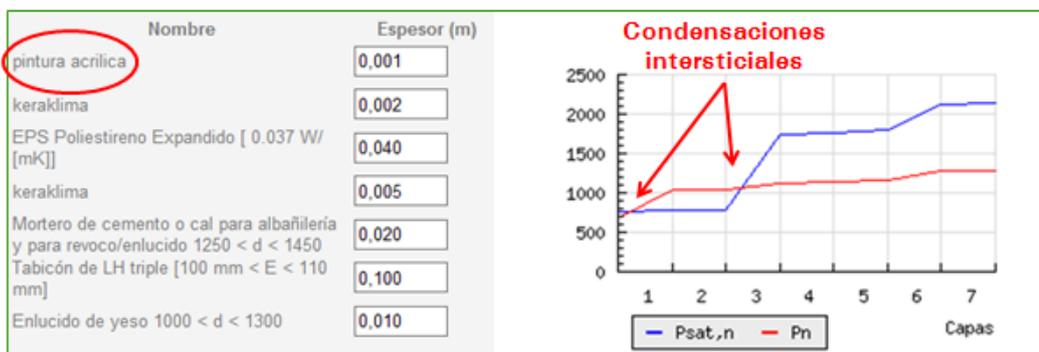


5-2 Impacto de aumento de la Hr% sobre la temperatura de rocío.

Las envolventes estancas a parte de generar problemas de condensación intersticial en el interior, también pueden generar problemas de condensación intersticial. Durante mi vida profesional he podido constatar que es bastante habitual el no considerar en el cálculo de eficiencia energética la pintura de acabado, ya que el impacto sobre el aislamiento es insignificante, sin embargo es impacto que puede tener una pintura no traspirable con respecto a las condensaciones puede ser alto. En las Figuras 5-3, 5-4 y 5-5 se puede observar como la inclusión de una pintura no traspirable en un SATE genera, en el cálculo, condensaciones intersticiales.



5-3. Cálculo de condensaciones en SATE EPS sin pintura. Fuente: Kerakoll



5-4. Cálculo de condensaciones en SATE EPS con pintura acrílica no transpirable. Fuente: Kerakoll

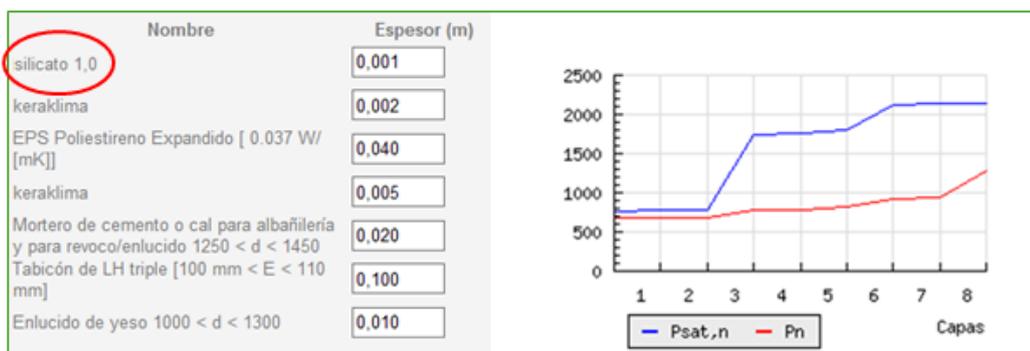


Figura 5-5. Cálculo de condensaciones en SATE EPS con pintura de silicato transpirable. Fuente: Kerakoll.

Por lo tanto, debido a la importancia de generar envolventes eficientes pero transpirables realizamos en el Anexo E el correspondiente cálculo del espesor equivalente de la resistencia al paso del vapor de agua para poder valorar que sistemas son más transpirables y que sistemas menos transpirables. En la Tabla 5-6 reflejamos el resultado obtenido.

Tabla 5-6. Espesor equivalente de resistencia al paso de vapor de agua según estudio del Anexo E.

SISTEMA	Sd
SISTEMA 1 EPS	3,32
SISTEMA 2 XPS	6,65
SISTEMA 3 PUR	3,68
SISTEMA 4 CG	188,96
SISTEMA 5 MW	0,26
SISTEMA 6 ICB	1,71
SISTEMA 7 WF	0,37

El cálculo de las condensaciones para cada sistema propuesto se refleja en el Anexo A y el resultado para las condiciones del Edificio de Referencia es óptimo en todos los casos para el espesor de aislante considerado.

5.3. Adecuación de los Diferentes Sistemas Definidos al Código Técnico de Edificación

En este apartado estudiaremos los diferentes SATE planteados para comprobar la adecuación de cada uno de ellos a los distintos Documentos Básicos del Código Técnico de Edificación.

El DB-HSUA “Seguridad de utilización y accesibilidad” no se estudiará ya que no existe en este DB ninguna indicación que implique específicamente a los SATE.

El DB-HE “Ahorro de energía” ya ha queda suficientemente justificado lo que compete al sistema SATE con los comentarios, exposiciones y cálculos realizados durante todo el estudio y en concreto en el Anexo A. Por lo tanto no lo trataremos en este punto.

5.3.1. DB-HS: Salubridad

DB-HS1. Protección frente a la humedad

Para comprobar la adecuación de este DB a las condiciones establecidas en el apartado 2.3 Fachadas, quizás lo más importante sería comprobar que los SATE son aptos para el Grado de impermeabilidad previsto en la norma más riguroso. Este sería el Grado de impermeabilidad 5.

Según la Tabla 2.7 del citado DB las características del SATE para cumplir con un Grado de Impermeabilidad 5 sería:

Tabla 5-7.Extracto de la tabla 2.7 del BD-HE1.

Tabla 2.7 Condiciones de las soluciones de fachada

		Con revestimiento exterior			Sin revestimiento exterior		
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾			C1 ⁽¹⁾ +J1+N1		
	≤2				B1+C1+J1+N1 C2+H1+J1+N1 C2+J2+N2 C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2		
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2	B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 ⁽¹⁾	B2+C2+H1+J1+N1	B2+C2+J2+N2	B2+C1+H1+J2+N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1	

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Según la definición de la característica “R”, Resistencia a la filtración del revestimiento exterior, el revestimiento de un SATE se podría considerar del tipo R3. Ya que cumpliría con las características de los revestimientos continuos que se consideran con una muy alta resistencia a la filtración. Estas características descritas son:

- **estanquidad** al agua suficiente para que el agua de filtración no entre en contacto con la hoja del cerramiento dispuesta inmediatamente por el interior del mismo;
- **adherencia al soporte** suficiente para garantizar su estabilidad;
- **permeabilidad al vapor** suficiente para evitar su deterioro como consecuencia de una acumulación de vapor entre él y la hoja principal;
- **adaptación a los movimientos** del soporte y comportamiento muy bueno frente a la fisuración, de forma que no se fisure debido a los esfuerzos mecánicos producidos por el movimiento de la estructura, por los esfuerzos térmicos relacionados con el clima y con la alternancia día-noche, ni por la retracción propia del material constituyente del mismo;
- **estabilidad frente a los ataques físicos, químicos y biológicos** que evite la degradación de su masa.

Los sistemas de SATE propuestos están diseñados para cumplir ampliamente casi todos los parámetros (existirían dudas sobre la permeabilidad al vapor de los SATE) especificados, pero como hemos podido observar en las fichas de patologías no siempre se cumplen, debido al uso de materiales de baja calidad que no son capaces de soportar los movimientos de dilatación y contracción del soporte, de la misma manera que no son resistentes los ataques físicos, químicos y biológicos de forma que se ensucian y degradan rápidamente.

El parámetro sobre el que surgen dudas es el de la permeabilidad al vapor del revestimiento, ya que como hemos visto, los Sistemas 1 a 4 no se consideran transpirables, la duda surge en identificar y valorar cual sería esa *permeabilidad al vapor suficiente*, la cual no se define en ningún apartado. De todas formas este punto no hace más sino que apoyar el argumento tratado anteriormente sobre el uso de sistemas transpirables.

Según la definición de la característica “B”, *Resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua*, el revestimiento de un SATE se podría considerar del tipo B2. Se considera una barrera de resistencia alta a la filtración puesto que están compuestos de *un aislante no hidrófilo dispuesto por el exterior de la hoja principal*. Donde un aislante no hidrófilo sería aquel que tiene una *succión* o *absorción* de agua a corto plazo por inmersión parcial menor que 1kg/m² según ensayo UNE EN 1609:1997 o una *absorción* de agua a largo plazo por inmersión total menor que el 5% según ensayo UNE EN 12087:1997. Conforme hemos dejado reflejado en la Tabla 3-1 del apartado 3.3.2 Producto Aislante del presente trabajo todos los aislantes estudiados cumplirían con esta característica.

Por lo tanto a falta de asegurar la permeabilidad al vapor *suficiente*, y de definir la *Composición de la hoja principal*, “C”, los SATE cumplirían con el Grado de impermeabilidad 5.

También sería importante para asegurar la protección frente a la humedad de los SATE prestar atención en los el diseño de los puntos singulares, algunos de los cuales hemos

tenido oportunidad de describir en el apartado 3.5 Correcta Ejecución de los SATE. Estos puntos singulares son:

- Juntas de dilatación
- Arranque de la fachada desde la cimentación
- Encuentros de la fachada con los forjados
- Encuentros de la cámara de aire ventilada con los forjados y los dinteles
- Encuentros de la fachada con la carpintería
- Antepechos y remates superiores de las fachadas
- Anclajes a la fachada
- Aleros y cornisas

DB-HS-AE. Seguridad estructural- Acciones en la edificación

En este apartado deberemos comprobar, según el Anejo D. *Acción del viento*, la resistencia del aislamiento a las acciones del viento, sobre todo al efecto de succión.

La acción del viento en un edificio se calcula mediante la expresión:

$$Q_e = Q_b \cdot C_e \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Donde:

q_b : es la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m².

c_e : el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

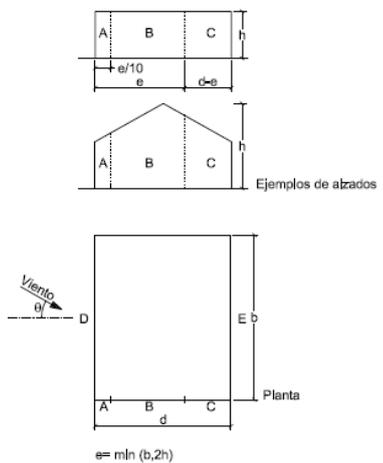
Tabla 5-8. Valores de coeficiente de exposición c_e . Fuente: DB-SE-AE.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

c_p : el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; el valor negativo indica succión. Este coeficiente se puede obtener de la siguiente tabla.

Tabla 5-9. Coeficiente de presión exterior para paramentos verticales. Fuente: Anejo D del DB-SE-AE.



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

$e = \min(b, 2h)$

Según la fórmula expresada anteriormente, para el caso más desfavorable en la zona A (la esquina) la presión de succión que debe soportar el SATE es de:

$$q_e = 0,5 \cdot 3,7 \cdot (-1,4)$$

$$q_e = - 2,59 \text{ KN/m}^2$$

Según la ETAG 004 la resistencia de adhesión que debe cumplir un SATE, tanto entre el adhesivo-soporte, adhesivo-aislante y el aislante-capa base, es de mínimo el 80 kN/m², lo que representa una resistencia muy superior a la que va a estar sometido, sin embargo es bueno recordar que en el caso de las zona A, las esquinas, se deben concentra más la distribución de las espigas para reforzar frente a la succión.

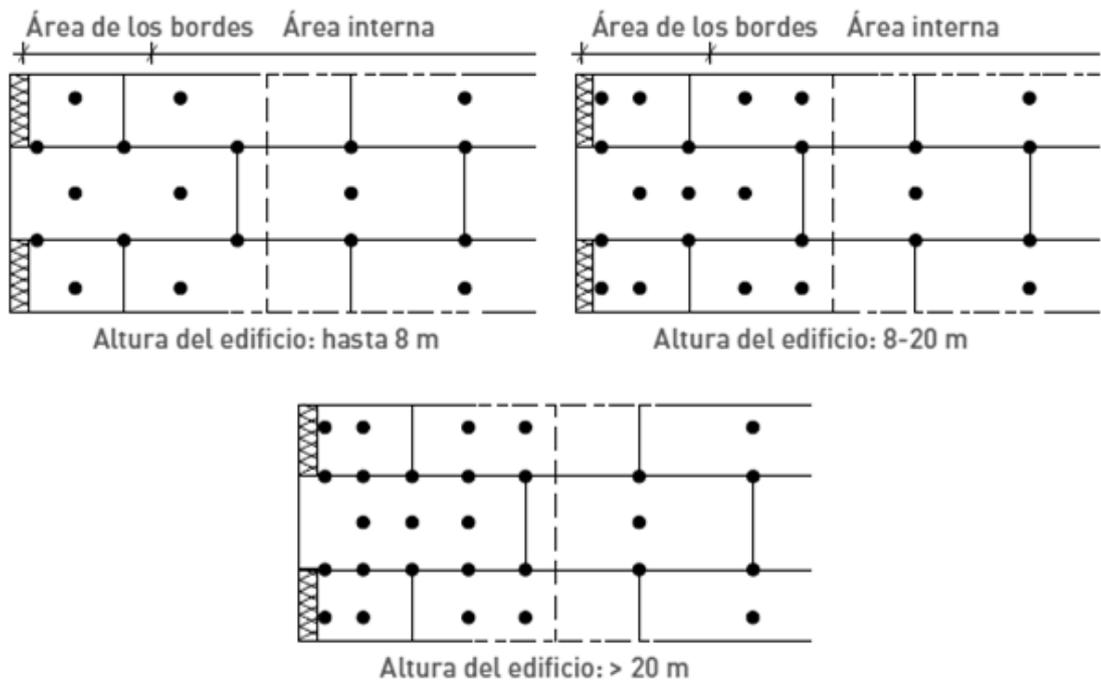


Figura 5-6. Distribución de espigas en esquinas, bordes y juntas. Fuente: IDAE.

DB-HR. Protección frente al ruido

Al plantear una rehabilitación energética de un edificio con un SATE, muchas veces, se pierde la oportunidad de mejorar el comportamiento acústico de ese edificio cuando en realidad el impacto económico sobre la elección de un tipo de aislante térmico que además sea también acústico es un porcentaje realmente bajo en el computo total de la obra.

Seguramente el que en la guía de aplicación del DB-HR [31] excluya del ámbito de aplicación a los edificios donde se realicen una rehabilitación salvo si esta rehabilitación es de carácter integral.

Pero seguidamente indica que el objetivo lógico de toda intervención en los edificios existentes debe ser la mejora progresiva de las condiciones de la edificación para adaptarla a estándares de calidad actuales. Y en el apartado siguiente menciona una serie de criterios cuyo objetivo es fomentar la adaptación progresiva de los edificios a las exigencias de aislamiento acústico de los edificios existentes, en función de las necesidades sociales. De tal manera que independientemente del objeto de la intervención, los técnicos dispongan de unas recomendaciones, ya que cualquier obra puede ser una oportunidad de mejora de las condiciones acústicas de los edificios.

Se recomienda aplicar el DB-HR a aquéllos elementos constructivos que se modifiquen, sustituyan o incorporen, siempre que la intervención consiga una mejora efectiva de las condiciones de protección frente al ruido, es decir, que se puedan alcanzar o aproximarse a los niveles exigidos.

De esta forma no obliga, pero invita a mejora el aislamiento acústico de los edificios reformados. En el documento Guía para la cumplimentación de la parte IV del IEE [32] se especifica en el apartado de medidas de mejora, como aplicando un aislante exterior se puede aproximar los valores de aislamiento a los exigidos por el DB-HR.

Tabla 5-10. Valoración del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos colindantes. Elementos de separación vertical. Fuente: Guía para el cumplimiento de la parte IV del IEE.

Valoración del estado inicial		Aislamiento acústico a ruido aéreo				
		Elementos de separación existentes				
Caracterización inicial de los elementos de separación (apartado IV.3)	$m^{(1)}$ (kg/m ²) $R_A^{(1)}$ (dBA) $D_{nT,A}$ (dBA)	≥ 284 50 II	150 42 III	127 40 IV	89 36 IV	130 44 III
LEYENDA PARTICIONES: LHD: Ladrillo hueco doble, 70 mm LHT: Ladrillo hueco triple, 115 mm LP: Ladrillo perforado						

(1) Valores mínimos del Catálogo de elementos Constructivos del Código Técnico de la Edificación

Tabla 5-11. Niveles de aislamiento acústico a ruido aéreo y valoración final de las prestaciones. Fuente: Guía para el cumplimiento de la parte IV del IEE.

Color / nivel	$D_{nT,A}$ (dBA)	Valoración final de las prestaciones (apartados IV.3 y IV.4.2)
I	≥ 50	BUENO
II	45 – 49	RAZONABLE
III	40-45	REGULAR
IV	< 40	DEFICIENTE

Tabla 5-12. Aislamiento acústico entre recintos colindantes horizontalmente según el tipo de intervención. Fuente: Guía para el cumplimiento de la parte IV del IEE.

Medidas de mejora. Recomendaciones (apartado IV.4.1)		Aislamiento acústico a ruido aéreo Elementos de separación existentes				
3.a Trasdosado directo o adherido		II	III	III	IV	---
3.b Trasdosado autoportante ²	Aplicado por un lado 	II	II	III	IV	III
	Aplicado por ambos lados 	I	II	II	III	II

Sin embargo esta mejoría no se consigue con cualquier tipo de aislante. En el apartado 2.2.3.4 *Consideraciones sobre los materiales* de la Guía de aplicación del DB-HR se indica claramente que los aislantes de célula cerrada (tipo EPS) no son absorbentes acústicos y que, por el contrario, los materiales como la lana mineral aumenta los niveles de aislamiento acústico. El aislamiento acústico tiene relación directa con la masa del elemento constructivo, y por este motivo es que los EPS no es buen absorbente. Es por este motivo que se va a estudiar la densidad de cada aislante y la masa total para el espesor calculado de cada uno de los SATE planteados. A continuación los resultados:

Tabla 5-13. Cálculo de la masa para cada sistema.

SISTEMA	ESPESOR AISLANTE MILIMETROS	DENSIDAD KG/M ³	MASA KG/M ²
SISTEMA 1 EPS	42	20	0,84
SISTEMA 2 XPS	39	35	1,37
SISTEMA 3 PUR	32	33	1,06
SISTEMA 4 CG	47	115	5,41
SISTEMA 5 MW	41	155	6,36
SISTEMA 6 ICB	45	120	5,40
SISTEMA 7 WF	50	180	9,00

DB-SI. Seguridad en caso de incendio.

En el DB-SI, se definen las exigencias para los revestimientos de fachada que para “los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3,d2 hasta una altura de 3,5m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público, desde la rasante exterior, o desde una cubierta y en toda la altura de la fachada cuando esta exceda de 18 m, con independencia de donde se encuentre su arranque”.

Es evidente que este nivel de exigencia, si lo aplicamos a soluciones SATE, es pobre comparado con las legislaciones de otros países con mayor tradición en este tipo de soluciones. A título indicativo y muy simplificado en la Tabla 5-14 se muestran algunos de los niveles de requerimientos en otros países. El estudio de la tabla adjunta pone de manifiesto que será preciso en la futura revisión del CTE-SI, actualizar algunos valores para ajustarlo a las necesidades de los usuarios.

Tabla 5-14. Niveles de requerimiento en Europa. Fuente: Directivos Construcción, nº 237.

País	Altura en m.	Clasificación	Método
Alemania	0-22 >22	B2-B1 A1	EN-13501.1 DIN-4102-1 ETAG-04
Polonia	0-25 >25	>E A1-A2-s1,d0	EN-13501.1
Rep. Checa	0-25 >25	>E A1-A2-s1,d0	EN-13501.1 ETAG-04
Eslovaquia	Rehab > 22.5 Nuevo >9/12	B-s1,d0 A2-s1,d0	EN-13501.1
Hungría	0-30* >30	>E A1-A2-s1,d0	EN-13501.1 +Procedimiento específico
Dinamarca	0-5.1 > 5.1	D-s2,d0 B-s2,d0	EN-13501.1 +Procedimiento local
Francia	Muy variable según tipología de edificio.		
Gran Bretaña	>18 aislamiento	B-s3,d0 A2-s3,d2	EN-13501.1 + BS 476 part 6

Como medida complementaria para evitar la propagación del incendio a través de la fachada, en algunos países se ha optado por insertar en las fachadas franjas de productos con una clasificación al fuego A1. Estas franjas se insertan a modo de cinturones de una altura variable de entre 1 y 2 metros, cada dos o tres pisos.

A esta medida, hay reglamentaciones que añaden franjas de 15 a 25 cm alrededor de las puertas y ventanas, para evitar que en caso de incendio en el interior se propague a través de las aberturas hacia la fachada. En otros casos la obligatoriedad de aplicar franjas A1 se extiende a los extremos de las fachadas donde se exige una zona de anchura variable para asegurar la no propagación del fuego.

En Europa existe una preocupación latente por dar respuesta a la diversidad de criterios a la hora de verificar la clasificación al fuego de los sistemas de fachada SATE. Los profesionales del sector ven la necesidad de una acción de armonización que permita a los fabricantes aplicar una normativa única para comercializar por Europa. A nivel español, nos encontramos con el hándicap de disponer de una norma muy poco estricta en el ámbito de la protección al fuego. De hecho algunos de los sistemas estudiados en este trabajo y que se están aplicando a día de hoy en la mayoría de las rehabilitaciones energéticas en nuestras fachadas, en otros países de la unión europea estarían prohibidos.

Estos sistemas que no cumplirían las normas de los otros países son precisamente las que tienen un aislante con un comportamiento al fuego extremadamente malo. Cabe recordar que la exigencia de B-S3,d0 es para todo el sistema de aislamiento térmico por el exterior empleado, pero una vez destruida la capa de revestimiento del aislante lo que queda a la vista es el aislante.

En el Fire Seminar Barcelona del 2014 se realizaron demostraciones prácticas de incendio sobre cuatro fachadas –entre otros elementos– empleando el procedimiento de ensayo de la norma británica BS 8414.

Las muestras eran de 8 metros de altura y 2,80 m de ancho, con un ala lateral de 1,50 m, y cumplían con las exigencias del CTE en cuanto a reacción al fuego y barreras cortafuego. Los resultados fueron dispares en función de la combustibilidad de los materiales de aislamiento empleados y de la tipología de fachada (véase la Figura 5-7, de izquierda a derecha: SATE con aislamiento EPS, SATE con aislamiento lana de roca, fachada ventilada con aislamiento PUR y fachada ventilada con aislamiento lana de roca).

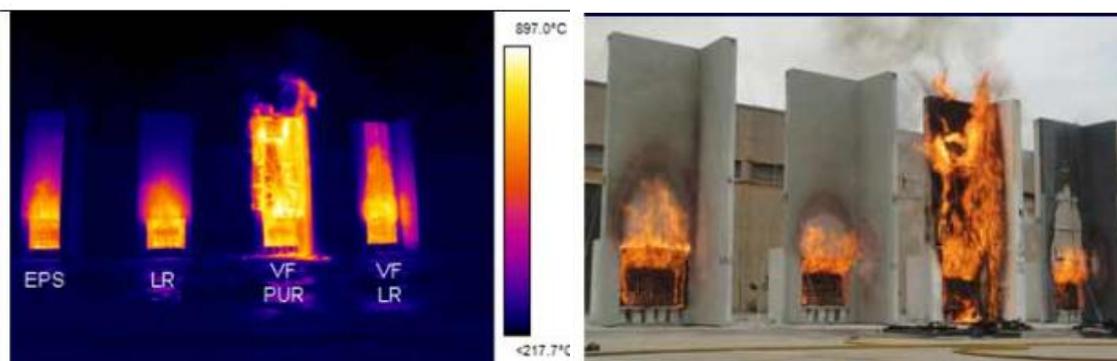


Figura 5-7. Imagen termográfica e imagen tras 15 minutos de la prueba. Fuente: ITEC.

Durante la prueba, el grupo GICITED de la Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona (EPSEB) y el grupo CERTEC de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB) llevaron a cabo la toma de datos sobre la evolución de las temperaturas. En los resultados se observó cómo los sistemas con aislamiento plástico alcanzaban mayores temperaturas en toda la altura de la fachada, contribuyendo al incendio con una notable aportación de energía, y quedando esta capa completamente consumida en el momento de la extinción a cargo de los bomberos, como se ve en la Figura 5-8.



Figura 5-8. SATE de EPS con cara interior de aislamiento consumida. Fuente: ITeC.

El aspecto de reacción al fuego del material aislante es muy importante, no solo desde el punto de vista de la propagación del fuego, sino también del punto de vista de la emisión de humo tóxico.

Un incendio en un bloque residencial en Dijon, Francia, el 14 de noviembre de 2010 resultó en siete víctimas mortales. El fuego empezó en un contenedor de basuras exterior, y continuó con una rápida propagación a través de la fachada. La fachada estaba rehabilitada con un SATE de EPS, y barreras de lana mineral según la normativa francesa. Según lo publicado en los medios de comunicación, la rehabilitación se había llevado a cabo hacía años y estaba en buen estado antes del incendio. Seis de los muertos en el incendio lo fueron por inhalación de humo tóxico. (Fuente: BBC, 14 Noviembre 2010).

Como caso han ocurrido muchos, aunque quizás no han tenido tanta repercusión. Por ejemplo el 30 de Octubre de 2016 tuvo lugar un incendio en un edificio de Sestao (Vizcaya). El fuego, que fue aparentemente intencionado, empezó en la base de un SATE que estaban ejecutando en un edificio en reformas. Por suerte, al ser una reforma integral, no había nadie dentro del edificio pero aún así, algunos vecinos de los edificios colindantes tuvieron que ser atendidos por intoxicación. A día de hoy el ayuntamiento ha tomado medias y solo emite licencia de obra para las rehabilitaciones energéticas con SATE si el edificio está desalojado durante la obra, y solo podrá volver a ser ocupado por sus propietarios una vez se haya desmontado el andamio.

Una vez visto como puede influir la reacción del aislante en la seguridad de las personas, en el presente estudio se ha analizado la reacción al fuego del aislante que compone cada uno de los sistemas propuestos. El resultado se refleja en la Tabla 5-15:

Tabla 5-15. Reacción al fuego de los diferentes aislantes.

SISTEMA	REACCIÓN AL FUEGO
SISTEMA 1 EPS	E
SISTEMA 2 XPS	E
SISTEMA 3 PUR	E
SISTEMA 4 CG	A1
SISTEMA 5 MW	A1
SISTEMA 6 ICB	E
SISTEMA 7 WF	E

5.4. Impacto Económico de las Diferentes Soluciones Definidas

A continuación se recoge una valoración de cada sistema colocado, utilizando para ello la base de datos del BEDEC.

SISTEMA	PRECIO €
SISTEMA 1 EPS	36,27
SISTEMA 2 XPS	36,80
SISTEMA 3 PUR	32,35
SISTEMA 4 CG	39,37
SISTEMA 5 MW	40,48
SISTEMA 6 ICB	38,63
SISTEMA 7 WF	35,56

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se recopilan todos los datos obtenidos en el capítulo anterior en una tabla resumen dando valores a cada característica para realizar una media valorada de la calidad del sistema estudiado.

Previamente se describe la metodología empleada para alcanzar esos resultados y se justifica la importancia de cada parámetro estudiado.

El objetivo final es conocer cuál de los sistemas planteados cumple mejor con los parámetros evaluados anteriormente.

6.1. Metodología de Evaluación Empleada

En el presente apartado nos disponemos a recopilar todos los resultados obtenidos en un cuadro resumen, pero para poder evaluar que sistema cumple mejor con todos o la mayoría de los parámetros estudiados realizaremos otro cuadro resumen homogeneizando los resultados obtenidos en valores entre 0 y 10. Puesto que entendemos que la eficiencia energética, el respeto al medio ambiente y el impacto de la salud tienen la misma importancia a la hora de construir, según el criterio tomado, todos los parámetros tendrán el mismo peso en la evaluación final del sistema.

Si recordamos los parámetros estudiados estos son:

1. Energía embebida
2. Emisiones de CO₂
3. Impacto sobre la salud
4. Impacto sobre el medio ambiente
5. Emisiones de COV's
6. Transpirabilidad
7. Resistencia al fuego
8. Aislamiento acústico

Puede ser tentador pensar que si un SATE está pensado para ejecutarlo por la parte exterior del edificio la emisión de COVs, en este caso, no sea importante. Sin embargo el criterio tomado considera la misma importancia ya que entendemos que la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles a la atmósfera debería ser una característica más (y con la misma importancia) que deberían cumplir los materiales a la hora de ser diseñarlos.

A continuación pasamos a describir el criterio empleado para pasar los valores obtenidos en los diferentes apartados a valores numéricos de una escala entre 0 y 10.

1. Energía embebida:

En este parámetro se establece como mejor valor el del sistema con menor energía embebida. Este valor se considera el 100% y a partir de aquí se obtendrá porcentualmente a este el valor del resto de sistemas. Posteriormente se reducirá este porcentaje a base 10.

2. Emisiones de CO₂.

En este parámetro se considera el mismo criterio y metodología que en el punto anterior.

3. Impacto sobre la salud

Si recordamos, este parámetro se evaluaba positivamente el que no tuviera ciertas frases del REACH en su Ficha de Seguridad y negativamente si aparecía alguna de ellas. Para homogeneizar el criterio, esos puntos le daremos el valor de la unidad en caso de ser positivo y se sumará el total. Seguidamente se restará por unidades las marcas negativas obtenidas.

De los valores que se obtengan se tomará el valor del sistema con mayor puntuación como referencia del 100% y se obtendrá el porcentaje del resto de valores con respecto a este. Seguidamente se reducirá el resultado a base 10.

4. Impacto sobre el medio ambiente

En este parámetro se empleará exactamente la misma metodología que en el punto 3.

5. Emisiones de COV's

En este parámetro se empleará la misma metodología que en el punto 3, con la salvedad de que en este parámetro no se consideraron puntos negativos y por lo tanto los valores serán obtenidos de la suma no deberán ser restados por ningún valor.

6. Transpirabilidad

En este parámetro se considera el mismo criterio y metodología que en el punto 1.

7. Aislamiento acústico

En este parámetro consideraremos el mayor valor de masa obtenido como referencia del 100% y se obtendrá el porcentaje del resto de valores con respecto a este. Seguidamente se reducirá el resultado a base 10.

8. Resistencia la fuego

En este parámetro utilizaremos la clasificación de reacción al fuego Euroclasses como escala de valores siendo:

EUROCLASE	VALOR
A1	10,00
A2	8,33
B	6,67
C	5,00
D	3,33
E	1,67
F	0

6.2. Cuadro Resumen de Valores Absolutos

SISTEMA		Energía Embebida (MJ)	Energía Embebida (kwh)	Emissiones de CO ₂ (kg)	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente	Emisión de COVs	Transpirabilidad (m)	Aislamiento Acustico (kg/m ²)	Resistencia al Fuego
SISTEMA 1	EPS	182,09	50,19	26,48	✓✓✓✓	✓✓✓✓		3,32	0,84	E
SISTEMA 2	XPS	245,09	68,19	35,68	✓✓✓✓	✓✓✓✓		6,65	1,37	E
SISTEMA 3	PUR	185,89	51,39	26,88	✓✓✓✓	✓✓✓✓		3,68	1,06	E
SISTEMA 4	CG	232,00	64,22	26,10	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓	188,96	5,41	A1
SISTEMA 5	MW	237,84	65,82	23,62	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓	0,26	6,36	A1
SISTEMA 6	ICB	127,15	35,34	16,61	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓	1,71	5,40	E
SISTEMA 7	WF	221,24	59,38	18,22	✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓✓	0,37	9,00	E

6.3. Cuadro Resumen de Valores Homogeneizados.

SISTEMA	Energía Embebida (kwh)	Emissiones de CO ₂ (kg)	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente	Emisión de COVs	Transpirabilidad (m)	Aislamiento Acustico (kg/m ²)	Resistencia al Fuego	Suma Ponderada	€
SISTEMA 1 EPS	6,27	6,27	3,33	-3,33	0,00	0,78	0,93	1,33	2,05	36,27
SISTEMA 2 XPS	4,66	4,66	3,33	-3,33	0,00	0,39	1,52	1,33	1,64	36,80
SISTEMA 3 PUR	6,18	6,18	3,33	3,33	0,00	0,71	1,18	1,33	2,87	32,35
SISTEMA 4 CG	6,36	6,36	10,00	10,00	5,00	0,01	6,01	10,00	6,61	39,37
SISTEMA 5 MW	7,03	7,03	3,33	3,33	10,00	10,00	7,07	10,00	7,02	40,48
SISTEMA 6 ICB	10,00	10,00	3,33	3,33	10,00	1,52	6,00	1,33	5,69	38,63
SISTEMA 7 WF	9,12	9,12	3,33	3,33	10,00	7,03	10,00	1,30	6,26	35,56

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

En este capítulo y según el análisis realizado en el anterior apartado, se mostrarán las conclusiones extraídas sobre los sistemas definidos.

Analizaremos los parámetros de forma individual y concluiremos sobre cuál sería el sistema más sostenible.

7.1. Conclusiones

Teniendo en cuenta el estudio realizado en el presente trabajo, podríamos asegurar que a día de hoy el sistema de aislamiento térmico por el exterior, que mejor responde a todos los parámetros de sostenibilidad y medio ambiente evaluados sería el Sistema 5, correspondiente a un sistema mineral, transpirable con placa aislante de lana mineral, en este caso lana de roca de la casa Rockwool identificada como RockSATE DUO.

Este sistema es el que presenta un mejor equilibrio entre todos los puntos estudiados.

Tabla 7-1. Puntuación Sistema 5 MW.

SISTEMA		Energía Embebida (kwh)	Emisiones de CO ₂ (kg)	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente	Emisión de COVs	Transpirabilidad (m)	Aislamiento Acustico (kg/m ²)	Resistencia al Fuego	Suma Ponderada	€
SISTEMA 1	EPS	6,27	6,27	3,33	-3,33	0,00	0,78	0,93	1,33	2,05	36,27
SISTEMA 2	XPS	4,66	4,66	3,33	-3,33	0,00	0,39	1,52	1,33	1,64	36,80
SISTEMA 3	PUR	6,18	6,18	3,33	3,33	0,00	0,71	1,18	1,33	2,87	32,35
SISTEMA 4	CG	6,36	6,36	10,00	10,00	5,00	0,01	6,01	10,00	6,61	39,37
SISTEMA 5	MW	7,03	7,03	3,33	3,33	10,00	10,00	7,07	10,00	7,02	40,48
SISTEMA 6	ICB	10,00	10,00	3,33	3,33	10,00	1,52	6,00	1,33	5,69	38,63
SISTEMA 7	WF	9,12	9,12	3,33	3,33	10,00	7,03	10,00	1,30	6,26	35,56

Existen dos parámetros donde el Sistema 5 de MW aparece perjudicado y son el “impacto sobre la salud de las personas” y el “impacto sobre el medio ambiente” sin embargo es importante darse cuenta que los valores tan bajos los está dando por culpa de otro sistema que saca mejor puntuación en estos parámetros, el Sistema 4 de vidrio celular, pero es importante recalcar que esta mejoría la obtiene exclusivamente por la diferencia de la pintura de acabado. En el sistema 4 se recomendaba un acabado en base silicato de potasio que ha obtenido una mejor valoración que la pintura de acabado recomendada por el fabricante para este sistema que es una pintura en base siloxano. Aunque ambas pinturas o revocos de acabado son transpirables y se consideran de base mineral, en el caso del siloxano se trata de un silicato modificado que empeora la valoración de salud y medioambiental.

Ahora bien, según el fabricante del Sistema 5 MW, recomienda utilizar un siloxano porque es capaz de absorber mejor las dilataciones y contracciones del soporte con respecto a un acabado de silicato, esto no quita que se pueda sustituir un acabado por otro, siendo totalmente compatibles ambos con el sistema transpirable. Al hacer este cambio mejoraría mucho la valoración obtenida pasando de un 7,02 a un 8,68.

Curiosamente este sistema es el que, según la base de precios del BEDEC, tiene un mayor coste de ejecución en el mercado (*en diners torrons*), sin embargo si se compara con su “competidor” directo que es el EPS, la diferencia entre un sistema y otro es de apenas 4 €/m², puesto que la única diferencia en el precio global se encuentra en el tipo de aislante, y la mano de obra, medios auxiliares y resto de componente tiene prácticamente el mismo coste con muy ligeras variaciones.

El segundo sistema que mejor puntuación obtendría sería el Sistema 4 CG de vidrio celular, aunque en este caso existe un parámetro que desequilibra el sistema, porque el valor es el más bajo de los 7 sistemas y porque es prácticamente imposible corregirlo. Se trata del parámetro que evalúa la transpirabilidad del sistema donde ha obtenido un valor de 0,01.

Tabla 7-2. Puntuación Sistema 4 CG.

SISTEMA		Energía Embebida (kwh)	Emisiones de CO2 (kg)	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente	Emisión de COVs	Transpirabilidad (m)	Aislamiento Acustico (kg/m2)	Resistencia al Fuego	Suma Ponderada	€
SISTEMA 1	EPS	6,27	6,27	3,33	-3,33	0,00	0,78	0,93	1,33	2,05	36,27
SISTEMA 2	XPS	4,66	4,66	3,33	-3,33	0,00	0,39	1,52	1,33	1,64	36,80
SISTEMA 3	PUR	6,18	6,18	3,33	3,33	0,00	0,71	1,18	1,33	2,87	32,35
SISTEMA 4	CG	6,36	6,36	10,00	10,00	5,00	0,01	6,01	10,00	6,61	39,37
SISTEMA 5	MW	7,03	7,03	3,33	3,33	10,00	10,00	7,07	10,00	7,02	40,48
SISTEMA 6	ICB	10,00	10,00	3,33	3,33	10,00	1,52	6,00	1,33	5,69	38,63
SISTEMA 7	WF	9,12	9,12	3,33	3,33	10,00	7,03	10,00	1,30	6,26	35,56

Como hemos comentado anteriormente al Sistema 5 MW se le podría cambiar el acabado pictórico y mejorar la puntuación obtenida. En el caso del sistema 6 y 7 también se podría realizar este cambio puesto que el fabricante lo permite de esa forma los valores que obtendrían los Sistemas 6 y 7, serían 7,36 y 7,90, de forma que conseguirían una mejor puntuación que el Sistema 4.

Realizando este simple cambio conseguiríamos muy buena puntuación, pero no se trataría de sistemas equilibrados puesto que obtienen una baja puntuación ambos, además de los ya mencionados impactos sobre la salud e impacto sobre medio ambiente, en su comportamiento al fuego.

Tabla 7-3. Puntuación Sistema 6 ICB y 7 WF

SISTEMA		Energía Embebida (kwh)	Emisiones de CO2 (kg)	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente	Emisión de COVs	Transpirabilidad (m)	Aislamiento Acustico (kg/m2)	Resistencia al Fuego	Suma Ponderada	€
SISTEMA 1	EPS	6,27	6,27	3,33	-3,33	0,00	0,78	0,93	1,33	2,05	36,27
SISTEMA 2	XPS	4,66	4,66	3,33	-3,33	0,00	0,39	1,52	1,33	1,64	36,80
SISTEMA 3	PUR	6,18	6,18	3,33	3,33	0,00	0,71	1,18	1,33	2,87	32,35
SISTEMA 4	CG	6,36	6,36	10,00	10,00	5,00	0,01	6,01	10,00	6,61	39,37
SISTEMA 5	MW	7,03	7,03	10,00	10,00	10,00	10,00	7,07	10,00	7,02	40,48
SISTEMA 6	ICB	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	1,52	6,00	1,33	5,69	38,63
SISTEMA 7	WF	9,12	9,12	10,00	10,00	10,00	7,03	10,00	1,30	6,26	35,56

En la Tabla 7-4 que adjuntamos en la página siguiente aparece la puntuación que obtendrían los Sistema 5 MW, 6 ICB y 7 WF, si en lugar de un revoco siloxano se aplicara un revoco de silicato.

Tabla 7-4. Impacto de la sustitución de la capa pictórica de siloxano por silicato.

SISTEMA		Energía Embebida (kwh)	Emisiones de CO ₂ (kg)	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente	Emisión de COVs	Transpirabilidad (m)	Aislamiento Acustico (kg/m ²)	Resistencia al Fuego	Suma Ponderada	€
SISTEMA 1	EPS	6,27	6,27	3,33	-3,33	0,00	0,78	0,93	1,33	2,05	36,27
SISTEMA 2	XPS	4,66	4,66	3,33	-3,33	0,00	0,39	1,52	1,33	1,64	36,80
SISTEMA 3	PUR	6,18	6,18	3,33	3,33	0,00	0,71	1,18	1,33	2,87	32,35
SISTEMA 4	CG	6,36	6,36	10,00	10,00	5,00	0,01	6,01	10,00	6,61	39,37
SISTEMA 5	MW	7,03	7,03	10,00	10,00	10,00	10,00	7,07	10,00	8,31	40,48
SISTEMA 6	ICB	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	1,52	6,00	1,33	7,65	38,63
SISTEMA 7	WF	9,12	9,12	10,00	10,00	10,00	7,03	10,00	1,30	7,68	35,56

Tratando ahora los sistemas que obtiene una muy baja puntuación empezariamos por el Sistema 3. En las tablas se observa como solo los valores de Energía Embebida y Emisión de CO₂, es capaz de superar el 5. Es curioso que siendo el que menor valor tiene en el mercado, y dentro de lo malo sería el menos malo, durante el desarrollo de mi profesión no me he encontrado nunca con ninguno, ni siquiera un presupuesto.

El Sistema 1 de EPS también supera el 5 en los mismos parámetros que el caso anterior, pero en el Sistema 1 EPS, al igual que en el Sistema 2 XPS, se obtiene incluso valores negativos con respecto al impacto al medio ambiente.

El Sistema 2 de XPS sería, según el criterio del estudio realizado, el peor tipo de SATE a ejecutar por detrás del EPS.

Como conclusión, desde un punto de vista sostenible y medio ambiental, realizando la sustitución del acabado pictórico reseñado el orden de mejor a peor sistema sería el siguiente.

SISTEMA	POSICIÓN
SISTEMA 5 MW	1º
SISTEMA 7 WF	2º
SISTEMA 6 ICB	3º
SISTEMA 4 CG	4º
SISTEMA 3 PUR	5º
SISTEMA 1 EPS	6º
SISTEMA 2 XPS	7º

Teniendo en cuenta este pequeño resumen consideramos que se han cumplido con todos los objetivos, tanto generales como específicos, plantados en el apartado 1.3 de este Trabajo Final de Máster.

BIBLIOGRAFÍA

En este capítulo se muestra las diferentes fuentes bibliográficas consultadas, organizadas por orden de aparición

1. Kurtz F., Monzón M., López-Mesa, B. (2015). *Obsolescencia de la envolvente térmica y acústica de la vivienda social de la postguerra española en áreas urbanas vulnerables. El caso de Zaragoza*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
2. Presidencia de Gobierno. (1979, 22 de octubre). *Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios*. *Boletín Oficial del Estado*, nº 253, pp. 24524-24550. España.
3. Ministerio de Vivienda. (2006, 28 de marzo). *Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. Código Técnico de la Edificación*. *Boletín Oficial del Estado*, nº74, pp. 11816-11831. España
4. Ministerio de Fomento. (2013, 10 de septiembre). *Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación*. *Boletín Oficial del Estado*, nº219, pp. 67137-67209. España
5. Instituto Nacional de Estadística. *¿Cómo es España? 25 mapas para descubrirla km2 a km2*. INE. Madrid
6. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2007). *A review on buildings energy consumption information*. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398. Universidad de Sevilla. Sevilla
7. Unión Europea. (2017). *EU energy in figures. Statistical Pocketbook*. Comisión Europea. EU, 268.
8. Instituto Tecnológico de la Construcción de Cataluña – ITeC. (Junio 2017). *Informe Euroconstruct*. Barcelona.
9. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2008). *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución*. IDEA. Madrid.
10. R. Parker, C. Franke. (2015). *The European ETICS market – facts & figures*. European Association for External Thermal Insulation Composite Systems. Milán-Italia.
11. IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs. Meadows, D. L., Meadows, D. H., & Randers, J. (1994). *Más allá de los límites del crecimiento*. Aguilar. Madrid. Edwards, B. (2008). *Guía básica de la sostenibilidad*. Gustavo Gil. Barcelona.
14. World Commission on Environment and Development. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común*. Documentos de Las Naciones Unidas, 416 págs.
15. United Nations. (2009). *Kyoto Protocol Status of Ratification*, 1-11.
16. International Energy Agency. (2017). *Key world energy statistics*. IEA. París. France.
17. International Energy Agency. (14 Septiembre 2017). *Internacional Energy Outlook 2017*. IEA. Washintong DC. EEUU.
18. Agencia Europea de Medio Ambiente. (2017). *La energía en Europa: situación actual*. AEMA. Dinamarca.
19. Instituto de la Diversificación y Ahorro de Energía. Departamento de Planificación y Estudios. (2017). *Informe Sintético de Indicadores de Eficiencia Energética en España. Año 2015*. IDAE. Madrid.
20. Gangolells, M., Casals, M., Forcada, N., Macarulla, M., & Cuerva, E. (2016). *Energy mapping of existing building stock in Spain*. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3895-3904.
21. Lengsfeld, K.: *Beurteilung der Langzeitbewahrung von ausgeführten Wärmedämmverbundsystemen*. (2015) *Assessing the long-term performance of applied ETICS*. Valley: Fraunhofer IBP, 2015. (IBP-Bericht HTB 06/2015).

22. Vázquez Espí, M. (2006). *A propósito del desarrollo sostenible y el alojamiento*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 10.
23. Cepeda Gutiérrez, I., & Mardaras Larrañaga, M. (2004). *Cuantificación energética de la construcción de edificios y el proceso de urbanización*. Comunicación Al Foro Arca 2. Madrid: CSCAE/COAM.
24. Berenguer Subils, M.J. (1991). *NTP 289: Síndrome del edificio enfermo. Factores de riesgo*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT, Madrid.
25. EOTA. (2013). ETAG 004. External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Rendering. EOTA, Bruselas. Bélgica.
26. Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (ANDIMAT). (2012). *Guía IDAE: Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
27. Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros Industriales y sistemas de aislamiento térmico por el exterior (SATE). (2017). *SATE: Sistema de Aislamiento Térmico Exterior*. ANFAPA. Barcelona.
28. Instituto de la Diversificación y Ahorro de Energía. Departamento de Planificación y Estudios. (2017). *Informe Sintético de Indicadores de Eficiencia Energética en España. Año 2015*. IDAE. Madrid.
29. Instituto de la Diversificación y Ahorro de Energía. (2012). *Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X*. IDEA. Madrid.
30. KERAKOLL Spa. (2012). *GreenBuilding Rating Manual*. KERAKOLL Spa. Sassuolo (MO). Italia.
31. Carrascar, M.T, Romero, A., Casla, M.B. & CSIC. (2016). *Guía de aplicación del DB HR protección contra el ruido*. CSIC. Madrid.
32. Carrascar, M.T, Romero, A., Casla, M.B. & CSIC. (2016). *Guía para la cumplimentación de la parte IV del IEE. Condiciones básicas de protección frente al ruido*. CSIC. Madrid.

ANEXOS

En este capítulo se muestra los cálculos de apoyo que han permitido realizar todo el estudio.

También se encuentran las fichas de lesiones y un listado de puntos de control para una correcta ejecución del SATE.

ANEXO A: ESPESOR EQUIVALENTE DE AISLAMIENTO.

Utilizando la hoja de cálculo CTE HE 0i1 2013_v16b, desarrollada por el tutor de del presente TFM y la cual se ha utilizado en la asignatura del Máster, calculamos el espesor de cada tipo de aislamiento para conseguir la misma transmitancia térmica del muro.

Primero introducimos las características del edificio.

Limitación de la demanda energética. Opción simplificada

angel.pitarch@uji.es

Datos previos

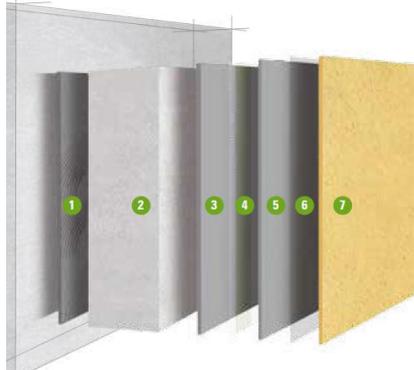
Zona Climática	Capital de provincia:	Zaragoza		D
	Capital provincia	D3	Localidad	D3
Altitud sobre el nivel del mar	hCapital	207	hLocalidad	207
			Δh(m)=	0
Temperatura media enero	Cap provincia	6,2°C		6,2°C
Humedad relativa media en enero	HR med enero Capital	76%	Psat=	948
	Pe= Hr · Psat	720	Psatloc=	948
			HR loc=	76%
Clasificación de los espacios 3.1.2				Baja carga interna
	Espacios en los que se disipa poco calor... edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de			
Clase higrométrica interior 3.1.2				3
Espacios en los que ...	no se prevea una alta producción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios			
Humedad relativa interior según G.1.2.2			HR int	55%
Temperatura interior según G.1.2.2			Tint	20,0°C
			Psat	2335
Factor de temperatura superficial mínimo Tabla 3,2			fRsmin	0,61
				ZONAS D

La zona climática obtenida es la D3, por lo que necesitaremos cumplir con una transmitancia máxima de $U_{max} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La parte ciega de los muros de fachada del edificio de referencia que compone la envolvente del mismo está formada por una hoja de ladrillo macizo de 1 pie, sin aislamiento térmico ni acústico, y revestido interiormente con un guarnecido de yeso de 1,5 cm.

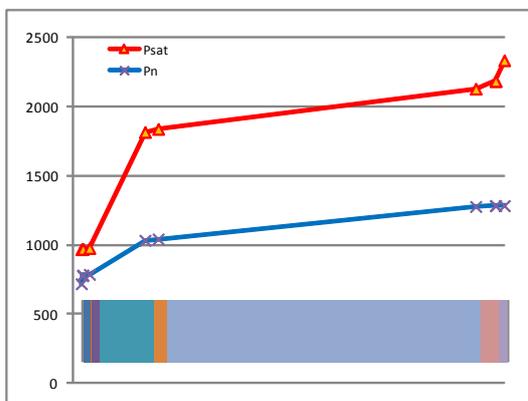
Con estos datos pasamos a realizar el cálculo de la transmitancia para cada uno de los sistemas definidos.

SISTEMA 1:

SISTEMA 1: EPS, Poliéstireno Expandido	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Weber.therm Base 2. Weber.therm Placa EPS 3. Weber.therm Base 4. Weber.therm Malla 160 5. Weber.therm Base 6. Weber CS plus 7. Weber.tene Geos

Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior y comprobación condensaciones intersticiales CTE-HE Anejo E y G

Muros				Comprobación condensaciones			
SISTEMA 1				Comprobación condensaciones			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Intersticiales			
Paramento vertical / Flujo horizontal				H Relativa ext 76%			
e lamda R R				T ^a Psat μ Sdn Pn			
metros W/mK m2KW m2KW				6,2 947 719,6			
Rse				6,5 969 719,6			
Weber.tene Geos				6,6 971 590 0,59 777,3			
Weber CS Plus				6,6 971 590 0,06 783,0			
Weber.therm Base				6,7 978 10 0,05 787,9			
Weber.therm Placa EPS				16,0 1817 60 2,52 1034,1			
Weber.therm Base				16,2 1838 10 0,10 1043,9			
Ladrillo macizo LM				18,5 2129 10 2,40 1278,4			
Enlucido de yeso				18,9 2185 4 0,06 1284,3			
--				18,9 2185 0 0,00 1284,3			
Rsi				20,0 2335 1284,3			
Resistencia térmica Rt = Suma Ri				20,0 2335 6 1284,3			
0,3131 m2KW 1,677							
Transmitancia U = 1 / Rt				W/m2K 0,596			
CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA				Clase Higrotérmica 3			
CUMPLE TRANSMITANCIA LÍMITE Edif. Ref.				U max 0,60			
NO CUMPLE TRANSMITANCIA CARACTERÍSTICA				U lim 0,66			
				U carac 0,27			
Espacio interior				H Relativa int 55%			
no se prevea una altaproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios c							
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE			
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin				SUPERFICIALES CUMPLE			
0,85 ≥ 0,610							
Mejoras				Lamda aislamiento adicional 0,05 W/mK ΔR			
Aislamiento necesario para transmitancia máxima -0,001				-0,010 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia límite -0,008				-0,162 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia característi 0,101				2,027 Es necesario añadir 11cm de aislamiento			



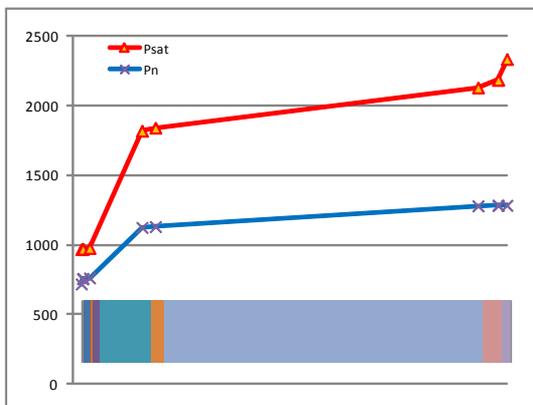
Procedimientos de cálculo según: www.codigotecnico.org
 DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
 DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

SISTEMA 2:

SISTEMA 2: XPS, Poliéstireno Extrusionado	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Weber.therm Base 2. Weber.therm Placa XPS 3. Weber.therm Base 4. Weber.therm Malla 160 5. Weber.therm Base 6. Weber CS plus 7. Weber.tene Geos

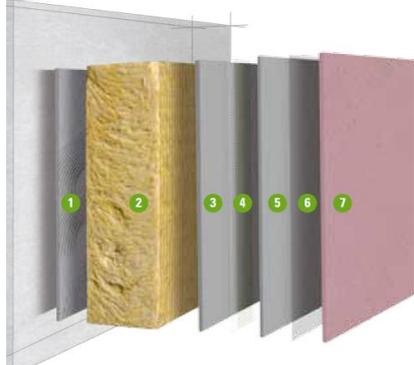
Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior y comprobación condensaciones intersticiales CTE-HE Anejo E y G

Muros				Comprobación condensaciones			
SISTEMA 2				Comprobación condensaciones			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Intersticiales			
Paramento vertical / Flujo horizontal				H Relativa ext 76%			
e lamda R R				T ^a Psat μ Sdn Pn			
metros W/mK m2KW m2KW				6,2 947 719,6			
Rse				6,5 968 719,6			
Weber.tene Geos				6,6 971 590 0,59 756,2			
Weber CS Plus				6,6 971 590 0,06 759,9			
Weber.therm Base				6,7 977 10 0,05 763,0			
Weber.therm Placa XPS				16,0 1820 150 5,85 1125,6			
Weber.therm Base				16,2 1842 10 0,10 1131,8			
Ladrillo macizo LM				18,5 2131 10 2,40 1280,6			
Enlucido de yeso				18,9 2186 4 0,06 1284,3			
-				18,9 2186 0 0,00 1284,3			
Rsi				20,0 2335 1284,3			
Resistencia térmica Rt = Suma Ri				20,0 2335 9 1284,3			
Transmitancia U = 1 / Rt				Clase Higrotérmica 3			
CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA				U max 0,60			
CUMPLE TRANSMITANCIA LÍMITE Edif. Ref.				U lim 0,66			
NO CUMPLE TRANSMITANCIA CARACTERÍSTICA				U carac 0,27			
Espacio interior				H Relativa int 55%			
no se prevea una altaproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios							
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE			
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin				0,85 ≥ 0,610 SUPERFICIALES CUMPLE			
Mejoras				Lamda aislamiento adicional 0,05 W/mK ΔR			
Aislamiento necesario para transmitancia máxima				-0,001 -0,022 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia límite				-0,009 -0,173 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia característi				0,101 2,015 Es necesario añadir 11cm de aislamiento			



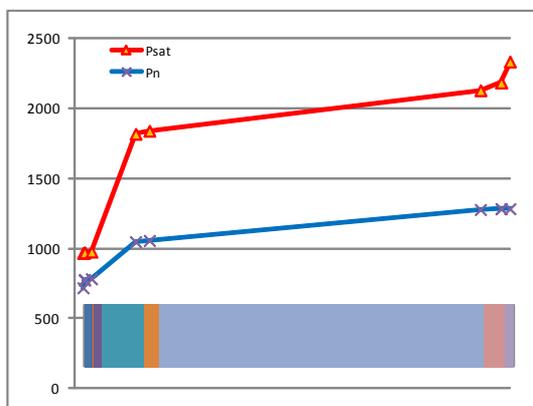
Procedimientos de cálculo según: www.codigotecnico.org
 DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
 DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

SISTEMA 3:

SISTEMA 3: PUR, Poliuretano Conformado	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Weber.therm Base 2. Linitherm PGV PUR 3. Weber.therm Base 4. Weber.therm Malla 160 5. Weber.therm Base 6. Weber CS plus 7. Weber.tene Geos

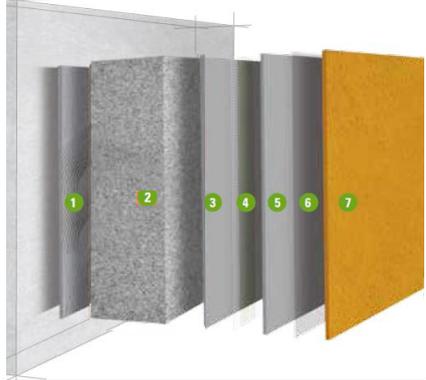
Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior y comprobación condensaciones intersticiales CTE-HE Anejo E y G

Muros				Comprobación condensaciones			
SISTEMA 3				Comprobación condensaciones			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Intersticiales			
Paramento vertical / Flujo horizontal				H Relativa ext 76%			
e lamda R R				T ^a Psat μ Sdn Pn			
metros W/mK m2KW m2KW				6,2 947 719,6			
Rse				6,5 969 719,6			
Weber.tene Geos 153 0,001 0,2 0,005				6,6 971 590 0,59 773,9			
Weber CS Plus 156 0,000 1 0,000				6,6 971 590 0,06 779,3			
Weber.therm Base 154 0,005 0,44 0,011				6,7 978 10 0,05 783,9			
Panel PUR 158 0,032 0,028 1,143				16,0 1819 90 2,88 1048,8			
Weber.therm Base 154 0,010 0,44 0,023				16,2 1841 10 0,10 1058,0			
Ladrillo macizo LM 81 0,240 0,85 0,282				18,5 2130 10 2,40 1278,8			
Enlucido de yeso 137 0,015 0,3 0,050				18,9 2185 4 0,06 1284,3			
-- 1 0,000				18,9 2185 0 0,00 1284,3			
Rsi				20,0 2335 1284,3			
Resistencia térmica Rt = Suma Ri 0,3031 m2KW				1,684 20,0 2335 6 1284,3			
Transmitancia U = 1 / Rt W/m2K				0,594			
CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA				U max 0,60 Clase Higrotérmica 3			
CUMPLE TRANSMITANCIA LÍMITE Edif. Ref.				U lim 0,66			
NO CUMPLE TRANSMITANCIA CARACTERÍSTICA				U carac 0,27			
Espacio interior no se prevea una altproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios d				H Relativa int 55%			
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE			
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin 0,85 ≥ 0,610				SUPERFICIALES CUMPLE			
Mejoras Lamda aislamiento adicional 0,05 W/mK ΔR				-0,018 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia máxima -0,001				-0,169 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia límite -0,008				2,019 Es necesario añadir 11cm de aislamiento			
Aislamiento necesario para transmitancia característi 0,101							



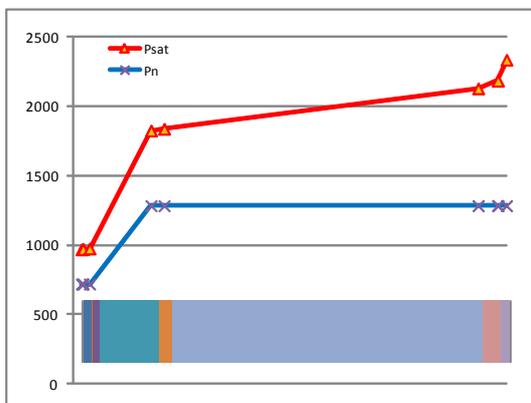
Procedimientos de cálculo según: www.codigotecnico.org
 DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
 DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

SISTEMA 4:

<p>SISTEMA 4: CG, Vidrio Celular</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Foamlime Adhesivo 2. FoamLime CG 3. Foamlime Base 4. Foamlime Malla 5. Foamlime Base 6. Foamlime Primer 7. Foamlime Silex K
---	--

Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior y comprobación condensaciones intersticiales CTE-HE Anejo E y G

Muros				Comprobación condensaciones									
SISTEMA 4													
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Paramento vertical / Flujo horizontal		Intersticiales			H Relativa ext	76%			
				e	lamda	R	R	Tª	Psat	µ	Sdn	Pn	
				metros	W/mK	m2K/W	m2K/W						
Rse						1	0,040	6,2	947			719,6	
FoamLime Rev Silicato				163	0,001	0,2	0,005	6,5	969			719,6	
FoamLime Primer				162	0,000	1	0,000	6,6	972	600	0,60	719,7	
FoamLime Base				161	0,005	0,8	0,006	6,6	975	10	0,05	719,7	
FoamLime CG				160	0,047	0,041	1,146	16,1	1825	100000	4700,00	1284,0	
FoamLime Adhesivo				159	0,010	0,8	0,013	16,2	1837	10	0,10	1284,0	
Ladrillo macizo LM				81	0,240	0,85	0,282	18,5	2129	10	2,40	1284,3	
Enlucido de yeso				137	0,015	0,3	0,050	18,9	2184	4	0,06	1284,3	
--				1			0,000	18,9	2184	0	0,00	1284,3	
Rsi						1	0,130	20,0	2335			1284,3	
Resistencia térmica Rt = Suma Ri						0,3181	m2K/W	20,0	2335		4703	1284,3	
Transmitancia U = 1 / Rt							W/m2K						
							0,598						
							U max					Clase Higrotérmica 3	
							U lim						
							U carac						
							0,27						
Espacio interior				no se prevea una altaproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios c				H Relativa int		55%			
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn								INTERSTICIALES CUMPLE					
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin						0,85	≥	0,610	SUPERFICIALES CUMPLE				
Mejoras				Lamda aislamiento adicional		0,05	W/mK	ΔR					
				Aislamiento necesario para transmitancia máxima		0,000		-0,006	Cumple la transmitancia máxima				
				Aislamiento necesario para transmitancia límite		-0,008		-0,157	Cumple la transmitancia máxima				
				Aislamiento necesario para transmitancia característic		0,102		2,031	Es necesario añadir 11cm de aislamiento				



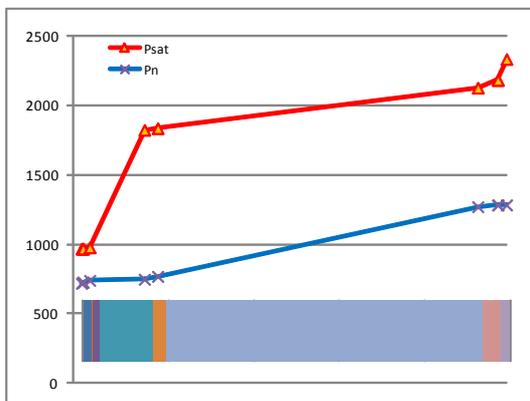
Procedimientos de cálculo según: www.codigotecnico.org
 DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
 DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

SISTEMA 5:

SISTEMA 5: MW, Lana Mineral	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biocalce Cappotto 2. RockSATE Duo MW 3. Biocalce Cappotto 4. Refuerzo V50 5. Biocalce Cappotto 6. Kerakover Eco Silox Fondo 7. Kerakover Eco Silox 1.0

Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior y comprobación condensaciones intersticiales CTE-HE Anejo E y G

Muros				Comprobación condensaciones			
SISTEMA 5							
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Intersticiales			
Paramento vertical / Flujo horizontal				H Relativa ext 76%			
e lamda R R				Tª Psat μ Sdn Pn			
metros W/mK m2KW m2KW				6,2 947 719,6			
Rse				6,5 969 719,6			
Kerakover Eco Silox 1.0				0,001 6,5 969 36 0,04 727,1			
Kerakover Eco Silox Fondo				0,000 6,5 969 40 0,00 728,0			
Biocalce Cappotto				0,016 6,7 978 12 0,06 740,5			
RookSATE Duo MW				1,139 16,1 1825 1 0,04 749,1			
FoamLine Base				0,013 16,2 1837 10 0,10 770,0			
Ladrillo macizo LM				0,282 18,5 2129 10 2,40 1271,7			
Enlucido de yeso				0,050 18,9 2184 4 0,06 1284,3			
--				0,000 18,9 2184 0 0,00 1284,3			
Rsi				20,0 2335 1284,3			
Resistencia térmica Rt = Suma Ri				0,3121 m2KW 1,671 20,0 2335 3 1284,3			
Transmitancia U = 1 / Rt				W/m2K 0,599			
CUMPLE TRANSMITANCIA MÁXIMA				U max 0,60 Clase Higrotérmica 3			
CUMPLE TRANSMITANCIA LÍMITE Edif. Ref.				U lim 0,66			
NO CUMPLE TRANSMITANCIA CARACTERÍSTICA				U carac 0,27			
Espacio interior				no se prevea una altaproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios d			
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE			
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin				0,85 ≥ 0,610 SUPERFICIALES CUMPLE			
Mejoras				Lamda aislamiento adicional 0,05 W/mK ΔR			
Aislamiento necesario para transmitancia máxima				0,000 -0,004 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia límite				-0,008 -0,156 Cumple la transmitancia máxima			
Aislamiento necesario para transmitancia característi				0,102 2,033 Es necesario añadir 11cm de aislamiento			



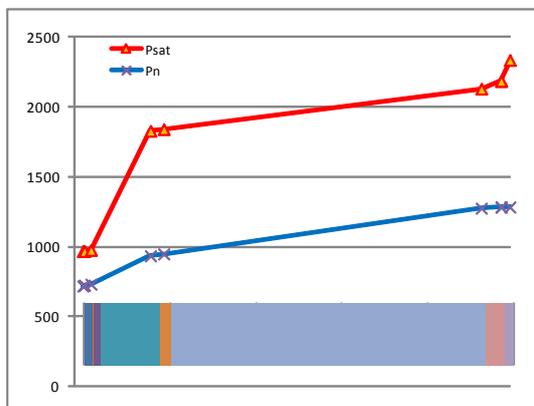
Procedimientos de cálculo según: www.codigotecnico.org
 DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
 DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

SISTEMA 6:

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biocalce Cappotto 2. Aglocork Térmico ICB 3. Biocalce Cappotto 4. Refuerzo V50 5. Biocalce Cappotto 6. Kerakover Eco Silox Fondo 7. Kerakover Eco Silox 1.0
--	--

Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior y comprobación condensaciones intersticiales CTE-HE Anejo E y G

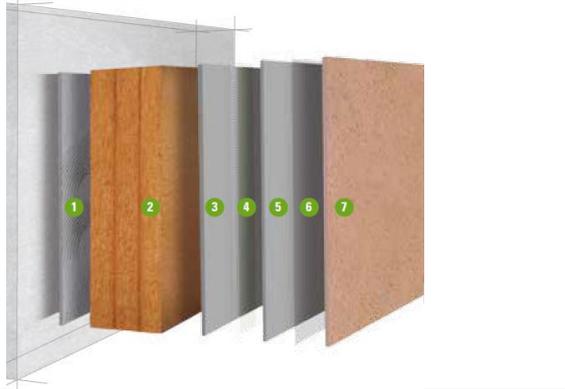
Muros				Comprobación condensaciones			
SISTEMA 6				SISTEMA 6			
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Intersticiales			
Paramento vertical / Flujo horizontal				H Relativa ext 76%			
e lamda R R				Tª Psat μ Sdn Pn			
metros W/mK m2K/W m2K/W							
Rse							
Kerakover Eco Silox 1.0				6,2	947		719,6
Kerakover Eco Silox Fondo				6,5	969		719,6
Biocalce Cappotto				6,5	969	36	0,04 724,5
Aglocork Térmico ICB				6,7	978	40	0,00 725,1
FoamLime Base				6,7	978	12	0,06 733,2
Ladrillo macizo LM				16,1	1829	33	1,49 935,5
Enlucido de yeso				16,2	1841	10	0,10 949,2
--				18,5	2130	10	2,40 1276,1
Rsi				18,9	2186	4	0,06 1284,3
Rt = Suma Ri				18,9	2186	0	0,00 1284,3
Resistencia térmica				20,0	2335		1284,3
Transmitancia				20,0	2335	4	1284,3
U = 1 / Rt				Clase Higrotérmica 3			
U max 0,593							
U lim 0,66							
U carac 0,27							
Espacio interior				H Relativa int 55%			
no se prevea una altaproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios c							
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE			
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin				SUPERFICIALES CUMPLE			
0,85 ≥ 0,610							
Mejoras							
Lamda aislamiento adicional				0,05	W/mK	ΔR	
Aislamiento necesario para transmitancia máxima				-0,001		-0,019	Cumple la transmitancia máxima
Aislamiento necesario para transmitancia límite				-0,009		-0,170	Cumple la transmitancia máxima
Aislamiento necesario para transmitancia característi				0,101		2,018	Es necesario añadir 11cm de aislamiento



Procedimientos de cálculo según: www.codigotecnico.org
 DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
 DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

SISTEMA 7:

SISTEMA 7: WF, Fibra de Madera

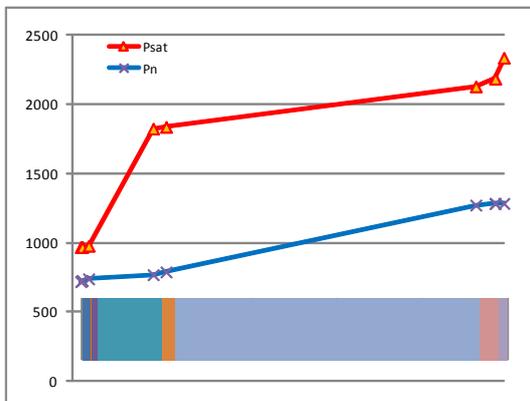


1. Biocalce Cappotto
2. Isonat Fiberwood Duoprotect WF
3. Biocalce Cappotto
4. Refuerzo V50
5. Biocalce Cappotto
6. Kerakover Eco Silox Fondo
7. Kerakover Eco Silox 1.0

Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior y comprobación condensaciones intersticiales CTE-HE Anejo E y G

Muros

SISTEMA 7				Comprobación condensaciones					
Posición del cerramiento y sentido del flujo del calor				Intersticiales					
Paramento vertical / Flujo horizontal				H Relativa ext	76%				
e	lamda	R	R	Tª	Psat	µ	Sdn	Pn	
metros	W/mK	m2K/W	m2K/W						
Rse				6,2	947			719,6	
				6,5	969			719,6	
Kerakover Eco Silox 1.0	165	0,001	0,83	6,5	969	36	0,04	726,9	
Kerakover Eco Silox Fondo	166	0,000	0,83	6,5	969	40	0,00	727,7	
Biocalce Cappotto	164	0,005	0,32	6,7	978	12	0,06	739,7	
Isonat Fiberwood Duoprotect FW	169	0,050	0,044	1,136	16,1	1824	3	0,15	769,9
FoamLime Base	161	0,010	0,8	0,013	16,2	1836	10	0,10	790,0
Ladrillo macizo LM	81	0,240	0,85	0,282	18,5	2128	10	2,40	1272,2
Enlucido de yeso	137	0,015	0,3	0,050	18,9	2184	4	0,06	1284,3
--	1			0,000	18,9	2184	0	0,00	1284,3
Rsi				20,0	2335			1284,3	
Rt = Suma Ri				0,3211	m2K/W	1,668		3	1284,3
Transmitancia U = 1 / Rt					W/m2K	0,599		Clase Higrotérmica 3	
					U max	0,60			
					U lim	0,66			
					U carac	0,27			
Espacio interior				no se prevea una altaproducción de humedad. Se incluyen en esta categoría todos los espacios				H Relativa int	55%
Condensaciones intersticiales Psat ≥ Pn				INTERSTICIALES CUMPLE					
Condensaciones superficiales fRsi = 1-U·0,25 ≥ fRsimin				0,85	≥	0,610	SUPERFICIALES CUMPLE		
Mejoras				Lamda aislamiento adicional	0,05	W/mK	ΔR		
				Aislamiento necesario para transmitancia máxima	0,000		-0,002	Cumple la transmitancia máxima	
				Aislamiento necesario para transmitancia límite	-0,008		-0,153	Cumple la transmitancia máxima	
				Aislamiento necesario para transmitancia característica	0,102		2,036	Es necesario añadir 11cm de aislamiento	



Procedimientos de cálculo según: www.codigotecnico.org
 DA DB-HE / 1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente
 DA DB-HE / 2 Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos

ANEXO B: ENERGÍA EMBEBIDA Y EMISIONES DE CO₂

Para realizar el cálculo de la energía embebida y las emisiones de CO₂ utilizaremos la base de datos BEDEC. Algunos materiales de la base datos son exactamente los mismos que los que se proponen en los diferentes SATE, otros, sin embargo, los tomaremos por asimilación de su naturaleza y características.

El cálculo lo realizaremos por m² de sistema, por lo que de algunos datos que vienen dados en toneladas, kilogramos o litros deberemos pasarlos, según el rendimiento de las fichas técnicas, a m².

Los datos de los aislantes, al no ser medida estándar, los interpolaremos entre el aislante de mayor y menor espesor inmediatos.

Empezaremos estudiando los aislantes.

AISLANTES

1. Weber.therm Placa EPS (42 mm)

B7C25400	m2	Plancha de poliestireno expandido (EPS), de 40 mm de espesor, de 60 kPa de tensión a la compresión, de 1,05 m2.K/W de resistencia térmica, con una cara lisa y borde recto	
Consum			
		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	Kg
Components constitutius		70,20	10,36

B7C25500	m2	Plancha de poliestireno expandido (EPS), de 50 mm de espesor, de 60 kPa de tensión a la compresión, de 1,3 m2.K/W de resistencia térmica, con una cara lisa y borde recto	
Consum			
		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	Kg
Components constitutius		87,75	12,95

Interpolando para un espesor de 42 mm el resultado es:

	Coste energético	Emisión CO2
	MJ	kg
Weber.therm Placa EPS 42 mm	73,40	10,40

2. Weber.therm Placa XPS (39 mm)

B7C2EL50	m2	Plancha de poliestireno extruido (XPS), de 35 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica entre 1,029 y 0,94595 m2.K/W, con la superficie lisa y borde recto	
Consum			
		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	Kg
Components constitutius		122,85	18,13

B7C2E450	m2	Plancha de poliestireno extruido (XPS), de 40 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa, resistencia térmica entre 1,176 y 1,081 m2.K/W, con la superficie lisa y borde recto	
Consum			
		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	Kg
Components constitutius		140,40	20,72

Interpolando para un espesor de 39 mm el resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Weber.therm Placa XPS 39 mm	136,40	38,00	19,60

3. Linitherm PGV PUR (32 mm)

B7C33300L89U	m2	Placa rígida de espuma de poliuretano de 32kg/m3 de densidad, 30 mm de espesor, 0,028 W/m·K de conductividad térmica, 1,05 m2·K/W de resistencia térmica y 175 kPa de resistencia a la compresión mínima, con recubrimiento multicapa kraft - aluminio en ambas caras., ref. PUR AL 30mm de la serie Planchas revestidas de POLIURETANOS		
Consum		Cost energètic		Emissió CO2
		MJ	kwh	Kg
Components constitutius		72,92	20,25	10,25

B7C34L00	m2	Placa de espuma de poliuretano (PUR) para aislamientos, de densidad 35 kg/m3, de 35 mm de espesor, autoextinguible y con borde recto		
Consum		Cost energètic		Emissió CO2
		MJ	kwh	Kg
Components constitutius		85,75	23,82	12,66

Interpolando para un espesor de 32 mm el resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Linitherm PGV PUR 32 mm	77,20	21,20	10,80

4. FoamLime CG (47 mm)

B7C6A300	m2	Placa de vidrio celular de densidad 157 kg/m3 de 30 mm de espesor		
Consum		Cost energètic		Emissió CO2
		MJ	kwh	Kg
Components constitutius		65,47	18,19	4,90

B7C6A400	m2	Placa de vidrio celular de densidad 157 kg/m3 de 40 mm de espesor		
Consum		Cost energètic		Emissió CO2
		MJ	kwh	Kg
Components constitutius		87,29	24,25	6,53

Interpolando para un espesor de 47 mm el resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
FoamLime CG 47 mm	102,40	28,20	7,40

5. RockSATE Duo MW (41 mm)

B7C9G6L0KV9Q	m2	Panel rígido de lana mineral de roca de doble densidad para aislamiento para sistemas compuestos de aislamiento térmico por el exterior (SATE) en fachadas, según UNE-EN 13162, no revestido, de 120x60x5 cm, con una conductividad térmica de 0,036 W/mK y una resistencia térmica de 1,40 m2K/W, reacción al fuego A1 y densidad nominal 150-95 kg/m3, ref. 126774 de la serie RED de ROCKWOOL	
Consum		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	kwh
Components constitutius		159,46	44,29
			Kg
			10,11

B7C9G8L0KV9R	m2	Panel rígido de lana mineral de roca de doble densidad para aislamiento para sistemas compuestos de aislamiento térmico por el exterior (SATE) en fachadas, según UNE-EN 13162, no revestido, de 120x60x6 cm, con una conductividad térmica de 0,036 W/mK y una resistencia térmica de 1,65 m2K/W, reacción al fuego A1 y densidad nominal 150-95 kg/m3, ref. 139655 de la serie RED de ROCKWOOL	
Consum		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	kwh
Components constitutius		191,35	53,15
			Kg
			12,13

Interpolando para un espesor de 41 mm el resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
RockSATE DUO MW 41 mm	130,20	35,90	8,20

6. Aglocork Térmico ICB (45 mm)

B7C51400	m2	Placa de corcho aglomerado (ICB) para aislamientos, de densidad 110 kg/m3, de 40 mm de espesor y con borde recto	
Consum		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	kwh
Components constitutius		17,34	4,82
			Kg
			1,06

B7C51500	m2	Placa de corcho aglomerado (ICB) para aislamientos, de densidad 110 kg/m3, de 50 mm de espesor y con borde recto	
Consum		Cost energètic	Emissió CO2
		MJ	kwh
Components constitutius		21,67	6,02
			Kg
			1,32

Interpolando para un espesor de 45 mm el resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Aglocork Térmico ICB 45 mm	19,51	5,42	1,19

7. Isonat Fiberwood Duoprotect WF (50 mm)

En el caso de este tipo de panel no existen datos específicos en el BEDEC, por asimilación tomamos los de los tableros de fibras de madera por proceso seco, similar al de los paneles WF.

B0CU24H5	m2	Tablero de fibras de madera y resinas sintéticas fabricado por proceso seco MDF, de 19 mm de espesor y ≥ 800 kg/m ³ de densidad, para ambiente seco según UNE-EN 622-5, reacción al fuego B-s2, d0, acabado no revestido, cortado a medida			
Consumo			Coste energético		Emisión CO2
			MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos			228,00	63,33	20,52

B0CU2AD5	m2	Tablero de fibras de madera y resinas sintéticas fabricado por proceso seco MDF, de 25 mm de espesor y > 650 kg/m ³ de densidad, para ambiente seco según UNE-EN 622-5, reacción al fuego D-s2, d0, acabado no revestido, cortado a medida			
Consumo			Coste energético		Emisión CO2
			MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos			243,75	67,71	21,94

Homogeneizamos los datos anteriores para espesores de 25 mm. Posteriormente interpolamos para una densidad de 160 kg/m³, y tras esto multiplicamos por 2 para obtener los resultados para 50 mm de espesor. Estos son los resultados:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Isonat Fiberwood Duoprotect 50 mm	113,60	29,46	2,80

MORTEROS

1. Weber.therm Base

B8111G90	t	Mortero de cemento para uso corriente (GP), de designación CSIII-W2, según UNE-EN 998-1, en sacos			
Consum			Coste energètic		Emissió CO2
			MJ	kwh	Kg
Components constitutius			1.342,70	372,97	255,20

El dato es por tonelada, según las ficha técnica del producto el rendimiento es de 7 kg/m² como adhesivo, se considera que además la capa base al menos la mitad de espesor, y por tanto un consumo de otros 3,5 kg/m².

El resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Weber.therm Base 10,5 kg/m ²	14,10	3,92	2,68

2. FoamLime Adhesivo y Base

B071S500	kg	Mortero de cal de resistencia a compresión de 5 a 9 N/mm2	
Consumo	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos	1,32	0,37	0,21

El dato es por kg, según las ficha técnica del producto el rendimiento es de 5 kg/m² como adhesivo, se considera que además la capa base al menos la mitad de espesor, y por tanto un consumo de otros 2,5 kg/m².

El resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
FoamLime Adhesivo y Base 7,5 kg/m ²	9,90	2,78	1,58

3. Biocalce Cappotto

B071S200	kg	Mortero de cal de resistencia a compresión de 2 a 4 N/mm2	
Consum	Cost energético		Emisió CO2
	MJ	kwh	Kg
Components constitutius	0,99	0,28	0,16

El dato es por kg, según las ficha técnica del producto el rendimiento es de 4 kg/m² como adhesivo, se considera que además la capa base al menos la mitad de espesor, y por tanto un consumo de otros 2 kg/m².

El resultado es:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Biocalce Cappotto 6 kg/m ²	5,94	1,68	0,96

MALLAS

1. Weber.therm Malla 160, Foamlime Malla, Refuerzo V50

En este caso al ser las tres mallas de 160 g/m² de densidad, según el BEDEC los datos de Energía Embebida y Emisiones de CO2 son los mismos para las tres mallas y esos datos son los siguientes:

B8Z101AE	m2	Malla de fibra de vidrio revestida de PVC, de dimensiones 10x10 mm, con un peso mínimo de 145 g/m2	
Consumo	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos	8,14	2,26	0,66

IMPRIMACIONES Y FONDOS

1. Weber CS Plus

B89ZR020	kg	Pintura acrílica, en fase acuosa		
Consumo		Coste energético		Emisión CO2
		MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos		24,70	6,86	3,64

El dato es por kg, según ficha técnica el rendimiento es de 0,5 kg/m², por lo tanto:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Weber CS Plus 0,5 kg/m ²	12,35	3,43	1,82

2. FoamLime Primer

B8ZA2000	kg	Imprimación silicato		
Consumo		Coste energético		Emisión CO2
		MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos		90,00	25,00	13,29

El dato es por kg, según ficha técnica el rendimiento es de 0,2 kg/m², por lo tanto:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
FoamLime Primer 0,2 kg/m ²	18,00	5,00	2,66

3. Kerakover Eco Silox Fondo

B89Z6000	kg	Pintura de siloxanos		
Consumo		Coste energético		Emisión CO2
		MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos		46,78	12,99	6,90

El dato es por kg, según ficha técnica el rendimiento es de 0,2 kg/m², por lo tanto:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Kerakover Eco Silox Fondo 0,2 kg/m ²	9,36	2,60	1,38

REVOCOS DE ACABADO

1. Weber.tene Geos

B89ZR020	kg	Pintura acrílica, en fase acuosa		
Consumo		Coste energético		Emisión CO2
		MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos		24,70	6,86	3,64

El dato es por kg, según ficha técnica el rendimiento es de 3 kg/m², por lo tanto:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Weber CS Plus 3 kg/m ²	74,10	20,58	10,92

2. FoamLime Silex K

B89Z6000	kg	Pintura de siloxanos		
Consumo		Coste energético		Emisión CO2
		MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos		46,78	12,99	6,90

El dato es por kg, según ficha técnica el rendimiento es de 2 kg/m², por lo tanto:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
FoamLime Primer 0,2 kg/m ²	93,56	25,98	13,80

3. Kerakover Eco Silox 1.0

B89Z6000	kg	Pintura de siloxanos		
Consumo		Coste energético		Emisión CO2
		MJ	kwh	Kg
Componentes constitutivos		46,78	12,99	6,90

El dato es por kg, según ficha técnica el rendimiento es de 1,8 kg/m², por lo tanto:

	Coste energético		Emisión CO2
	MJ	Kwh	kg
Kerakover Eco Silox Fondo 1,8 kg/m ²	84,20	23,38	12,42

RESULTADO POR SISTEMAS

SISTEMA 1 EPS	EE MJ	EE Kwh	Kg CO ₂
Weber.therm Base	14,10	3,92	2,68
Weber.therm Placa EPS	73,40	20,00	10,40
Weber.therm Malla	8,14	2,26	0,66
Weber CS Plus	12,35	3,43	1,82
Weber.tene Geos	74,10	20,58	10,92
TOTAL	182,09	50,19	26,48

SISTEMA 2 XPS	EE MJ	EE Kwh	Kg CO ₂
Weber.therm Base	14,10	3,92	2,68
Weber.therm Placa XPS	136,40	38,00	19,60
Weber.therm Malla	8,14	2,26	0,66
Weber CS Plus	12,35	3,43	1,82
Weber.tene Geos	74,10	20,58	10,92
TOTAL	245,09	68,19	35,68

SISTEMA 3 PUR	EE MJ	EE Kwh	Kg CO ₂
Weber.therm Base	14,10	3,92	2,68
Linitherm PGV PUR	77,20	21,20	10,80
Weber.therm Malla	8,14	2,26	0,66
Weber CS Plus	12,35	3,43	1,82
Weber.tene Geos	74,10	20,58	10,92
TOTAL	185,89	51,39	26,88

SISTEMA 4 CG	EE MJ	EE Kwh	Kg CO ₂
FoamLime Adhesivo+Base	9,90	2,78	1,58
FoamLime CG	102,40	28,20	7,40
FoamLime Malla	8,14	2,26	0,66
FoamLime Primer	18,00	5,00	2,66
FoamLime Silex K	93,56	25,98	13,80
TOTAL	232,00	64,22	26,10

SISTEMA 5 MW	EE MJ	EE Kwh	Kg CO ₂
Biocalce Cappotto	5,94	1,68	0,96
RockSATE Duo MW	130,20	35,90	8,20
Rinforzo V50	8,14	2,26	0,66
Kerakover Eco Silox Fondo	9,36	2,60	1,38
Kerakover Eco Silox 1.0	84,20	23,38	12,42
TOTAL	237,84	65,82	23,62

SISTEMA 6 ICB	EE MJ	EE Kwh	Kg CO ₂
Biocalce Cappotto	5,94	1,68	0,96
Aglocork Térmico ICB	19,51	5,42	1,19
Rinforzo V50	8,14	2,26	0,66
Kerakover Eco Silox Fondo	9,36	2,60	1,38
Kerakover Eco Silox 1.0	84,20	23,38	12,42
TOTAL	127,15	35,34	16,61

SISTEMA 7 WF	EE MJ	EE Kwh	Kg CO ₂
Biocalce Cappotto	5,94	1,68	0,96
Isonat Fiberwood Duoprotect WF	113,60	29,46	2,80
Rinforzo V50	8,14	2,26	0,66
Kerakover Eco Silox Fondo	9,36	2,60	1,38
Kerakover Eco Silox 1.0	84,20	23,38	12,42
TOTAL	221,24	59,38	18,22

ANEXO C: IMPACTO SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Utilizando la metodología de los apartados 4.4.3 y 4.4.4 se estudian las Fichas de Seguridad de cada material.

AISLANTES

1. Weber.therm Placa EPS

3.- COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES						
Composición:						
NOMBRE: Poliestireno expandido						
SINÓNIMOS: EPS, poli (feniletano)						
Número de cas para el componente polimérico (>=97% en peso) = 9003-53-6 (poliestireno).						
Componentes Peligrosos	Número CAS	Rango de contenido	nº EC	Riesgo EC	Frases R	
Pentano	109-66-0	< 2 % en peso		F	R11	
Hexabromociclododecano	25637-99-4 ó 3194-55-6	0,5 -1,0 % (w/w)	247-148-4 ó 221-695-9	N	R50/53	

En el extracto de la ficha de seguridad aparecen las frases R11, R50 y R53, por lo tanto:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Weber.therm Placa EPS	☑	☒

2. Weber.therm Placa XPS

3. COMPOSICION / INFORMACIONES DE LOS INGREDIENTES	
Naturaleza Química	: Poliestireno extruido que contiene un retardante de llama halogenado.
EINECS-Numero	: n.d.
CAS- Numero	: n.d.
EC- Numero	: n.d.
UN- Numero	: n.d.
Ingredientes peligrosos	: Hexabromociclododecano
Content	: > 0,1 %
CAS Numero	: 3194-55-6
EC- Numero	: 221-695-9
Frase de Riesgo	: N, R50/53
Notas adicionales	: -

En el extracto de la ficha de seguridad (por asimilación, URSA XPS) aparecen las frases R50 y R53, por lo tanto:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Weber.therm Placa XPS	☑	☒

3. Linitherm PGV PUR

No se requiere una Ficha de Seguridad siguiendo la Regulación CE 1907/2006, el Artículo 31 no es necesario para comercializar el producto en el mercado, para transportarlo o para usarlo.

Este producto es un artículo normalizado por la Regulación (EC) No 1907/2006 (REACH). El artículo no contiene sustancias que pretendan ser emitidas durante su uso bajo condiciones normales o previsibles. Por ello, no hay requerimientos de registro para las sustancias en los artículos que estén recogidos en el Artículo 7.1 de la Regulación.

Al no ser necesaria no se localiza ningún fabricante que europeo que emita la Ficha de Seguridad, mostramos el extracto de un fabricante Americano.

2. Hazards Identification	
GHS Signal Word:	None
GHS Hazard Phrases:	No phrases apply.
GHS Precaution Phrases:	No phrases apply.
GHS Response Phrases:	No phrases apply.
GHS Storage and Disposal Phrases:	No phrases apply.
Potential Health Effects (Acute and Chronic):	Fine dust can be irritating due to mechanical action in the eye. Dust masks can be worn if fine dust irritated throat.
Inhalation:	Dust may cause irritation to upper respiratory tract. Dust or fumes from cutting, sanding or grinding operations may be irritating to upper respiratory tract and lungs.
Skin Contact:	Unlikely due to form.
Eye Contact:	Dust may be irritation to eye due to mechanical action.
Ingestion:	Not likely due to form.

En el extracto de la ficha de seguridad (Last-A-Foam FR-Series) no aparecen las frases especificadas:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Weber.therm Placa XPS	✔	✔

4. FoamLime CG

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes			
3.1. Sustancias			
No aplicable			
3.2. Mezclas			
Nombre del componente	Identificador del producto	%	Clasificación según la directiva 67/548/CEE
Vidrio, óxido, productos químicos	(CAS Nº) 65967-17-3 (EC.No.) 295-049-0	> 99	No clasificado
Nombre del componente	Identificador del producto	%	Clasificación según reglamento (UE) No. 1272/2008 [CLP]
Vidrio, óxido, productos químicos	(CAS Nº) 65967-17-3 (EC.No.) 295-049-0	> 99	No clasificado
El texto completo de las frases H, R mencionadas en esta Sección, se indica en la Sección 16.			
Identificación de la mezcla : Este producto no contiene sustancias conocidas que sean perjudiciales para la salud.			

En el extracto de la ficha de seguridad declara no tener frases R:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
FoamLime CG	✔	✔

5. RockSATE Duo MW

ROCKWOOL

Building product disclosure and optimization - material ingredients

Option 2: Material ingredient optimization, via REACH optimization

- Productor: ROCKWOOL INTERNATIONAL® A/S
- Creado vía: Autodeclaración
- Fecha de publicación: 2017-05-30
- Fecha de caducidad: 2020-05-30

La lana de roca ROCKWOOL® producida en Europa está registrada y cumple con REACH: Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH)

Dossier disponible en: <http://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/15509>

La lana de roca ROCKWOOL® (fibras+ligante+aceite) no contiene sustancias extremadamente preocupantes (SVHC), ni sustancias carcinógenas, mutagénicas, o reprotoxicas (CMR), ni tóxicos persistentes o bio-acumulativos (PBT) en cantidades mayores que 100ppm. No contiene sustancias (en cantidades > 100ppm) de la lista de "Autorización" (sustancias que sólo se pueden usar con autorización especial), ni de la "Lista de Sustancias Candidatas" o de "Restricción" (sustancias candidatas a la Lista de Sustancias Candidatas).

Según la auto-declaración no existen sustancias dañinas ni para la salud de las personas y para el medio ambiente.

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
RockSATE DUO MW	✔	✔

6. Aglocork Térmico ICB

No se requiere una Ficha de Seguridad siguiendo la Regulación CE 1907/2006, el Artículo 31 no es necesario para comercializar el producto en el mercado, para transportarlo o para usarlo.

Este producto es un artículo normalizado por la Regulación (EC) No 1907/2006 (REACH). El artículo no contiene sustancias que pretendan ser emitidas durante su uso bajo condiciones normales o previsibles. Por ello, no hay requerimientos de registro para las sustancias en los artículos que estén recogidos en el Artículo 7.1 de la Regulación.

Al no ser necesaria no se localiza ningún fabricante que europeo que emita la Ficha de Seguridad, mostramos el extracto de un fabricante Americano.

2 COMPOSITION / DATA ON COMPONENTS
Composition: Granulated cork: 90,3 % of total weight; Polyurethane cork binder: 9,7 % of total weigh; Dangerous components of ready product: None
3 HAZARDS IDENTIFICATION
Hazard designation: None for product as sold. Solid material, manual or mechanical machining can result in the generation of cork dust. Cork dust can cause nasal dryness, irritation and obstruction.

En el extracto de la ficha de seguridad (APC cork) no aparecen las frases especificadas:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Aglocork Térmico ICB	✔	✔

7. Isonat Fiberwood Duoprotect WF

2. IDENTIFICATION DES DANGERS	
Classification de la substance ou du mélange:	/
N° CE:	Non applicable.
Éléments d'étiquetage :	
-Symbole(s) :	Aucun selon le règlement (CE) n°1907/2006 et modifications.
-Phrase(s) R :	Aucune selon le règlement (CE) n°1907/2006 et modifications.
-Phrase(s) S :	Aucune selon le règlement (CE) n°1907/2006 et modifications.
Dangers principaux:	Aucun risque pour la santé n'est connu, ni prévisible dans les conditions normales d'utilisation.
Autres dangers:	Non déterminé

Según la Ficha de Seguridad no existen frases R que indiquen riesgo para la salud de las personas o para el medio ambiente.

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Isonat Fiberwood Duoprotect WF	✔	✔

MORTEROS

1. Weber.therm Base

16.- OTRAS INFORMACIONES
Indicaciones de peligro H mencionadas en la sección 3.
H318: Provoca lesiones oculares graves. H335: Puede irritar las vías respiratorias. H315: Provoca irritación cutánea. H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

Según la Ficha de Seguridad no existen frases R que indiquen riesgo para la salud de las personas o para el medio ambiente.

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Weber.therm Base	✓	✓

2. FoamLime Adhesivo y Base

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD (de acuerdo con el Reglamento (UE) 2015/830) FA-FOAMLIME ADHESIVO	
Versión: 1 Fecha de revisión: 05/07/2016	Página 8 de 8 Fecha de impresión: 05/07/2016
Frases R: R41 Riesgo de lesiones oculares graves. R37/38 Irrita las vías respiratorias y la piel.	

Según la Ficha de Seguridad no existen frases R que indiquen riesgo para la salud de las personas o para el medio ambiente.

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
FoamLime Adhesivo y Base	✓	✓

3. Biocalce Cappotto

SECCIÓN 16: Otra Información
- Frases relevantes H315 Provoca irritación cutánea. H318 Provoca lesiones oculares graves. H335 Puede irritar las vías respiratorias.

Según la Ficha de Seguridad no existen frases R que indiquen riesgo para la salud de las personas o para el medio ambiente.

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Biocalce Cappotto	✓	✓

:

MALLAS

1. Weber.therm Malla 160, Foamlime Malla, Refuerzo V50

En el caso de las mallas, se trata de la misma materia prima, por lo tanto solo estudiaremos una que aremos extensivo para todas.

2.- IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Estos artículos se componen de fibra de vidrio de más de 3 µm de diámetro por lo que no se consideran respirables y no están clasificados como peligrosos según la Directiva Europea 67/548/EEC y sus siguientes actualizaciones. El polvo generado durante la manipulación pueden producir irritaciones (picores) y en raras ocasiones alergias.

3.- COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Las fibras de vidrio continuas son consideradas como artículos en el sentido del Reglamento REACH (1907/2006/CE).

Estos artículos son mezclas de:

- Vidrio tipo E o vidrio tipo C en forma de fibras de vidrio continuas. el vidrio tipo E es un vidrio con un contenido muy bajo en sustancias alcalinas. el vidrio tipo C es un vidrio con un contenido muy alto en sustancias alcalinas y un contenido bajo en óxido de aluminio. El número CAS de las fibras de vidrio es 65997-17-3 (correspondiente a los óxidos utilizados para su fabricación).
- Mezcla de sustancias químicas aplicadas a las fibras de vidrio en la cantidad máxima de un 3% – generalmente, dentro del rango de un 1 a un 1,5% por ciento en peso (p/p). La mayor parte de parte de la mezcla está compuesta básicamente por polímeros de alto peso molecular no reactivos, habitualmente compuestos naturales (almidón) o polímeros con sitios reactivos o monómeros reactivos. El segundo tipo de componentes (algunas veces presentes también en casi todas las mezclas) pertenece a la familia del organo-silano. A pesar de estar considerado este compuesto como peligroso los fabricantes del mismo consideran que el riesgo es insignificante. La concentración de este compuesto es siempre muy baja y se polimeriza durante la fabricación de la fibra de vidrio. Se pueden añadir otros productos a la mezcla que actúan como lubricantes.
- El recubrimiento se compone de una dispersión acuosa de recubrimientos de estireno-butadieno.

El artículo no contiene sustancias SVHC (sustancias altamente preocupantes).

Según la Ficha de Seguridad no existen frases R que indiquen riesgo para la salud de las personas o para el medio ambiente.

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Weber.therm Malla 160	☑	☑
FoamLime Malla	☑	☑
Refuerzo V50	☑	☑

IMPRIMACIONES Y FONDOS

1. Weber CS Plus

16.- OTRAS INFORMACIONES

Códigos H mencionados en la sección 3:

H302 Nocivo en caso de ingestión.

H311 Tóxico en contacto con la piel.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H319 Provoca irritación ocular grave.

H330 Mortal en caso de inhalación.

H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos.

H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

En el extracto de la ficha de seguridad aparecen las frases R24, R26 y R50/R53, por lo tanto:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Weber CS Plus	(X)	(X)

2. FoamLime Primer

Por asilimación a otros productos de la mismas características y base química se considera que existena las frases R23, R24, R25 y R50/R53, por lo tanto:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
FoamLime Primer	(X)	(X)

3. Kerakover Eco Silox Fondo

SECCIÓN 16: Otra información

Frases relevantes

H301 Tóxico en caso de ingestión.

H311 Tóxico en contacto con la piel.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H331 Tóxico en caso de inhalación.

H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos.

H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

En el extracto de la ficha de seguridad aparecen las frases R23, R24, R25 y R50/R53, por lo tanto:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Kerakover Eco Silox Fondo	(X)	(X)

REVOCOS DE ACABADO

1. Weber.tene Geos

2-Octyl-2H-isothiazol-3-on	
Concentración:	< 0,05 %
Nº CAS :	26530-20-1
Nº EINECS :	247-761-7
Clasificación según 67/548/CEE o 1999/45/CE	
Símbolos de peligro:	T, Xn, C, N
Frases R :	22 23/24 34 36 43 50/53
Clasificación según Reglamento (UE) nº 1272/2008	
Clase y categoría de peligro:	Toxicidad aguda 2, Toxicidad aguda 3, Toxicidad aguda 4, Corrosivo cutáneo 1B, Irritación ocular 2, Sensibilización cutánea 1, Acuático agudo 1, Acuático crónico 1
Indicación de peligro:	H330 H311 H302 H314 H319 H317 H400 H410

En el extracto de la ficha de seguridad aparecen las frases R23, R24, R26 y R50/R53, por lo tanto:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Weber.tene Geos	(X)	(X)

2. FoamLime Silex K

PINTURA SILEX K	
Versión: 3	Página 7 de 7
Fecha de revisión: 19/05/2017	Fecha de impresión: 19/05/2017
H290	Puede ser corrosivo para los metales.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H335	Puede irritar las vías respiratorias.

Según la Ficha de Seguridad no existen frases R que indiquen riesgo para la salud de las personas o para el medio ambiente.

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
FoamLime Silex K	(✓)	(✓)

3. Kerakover Eco Silox 1.0

SECCIÓN 16: Otra información	
- Frases relevantes	
H301 Tóxico en caso de ingestión.	
H302 Nocivo en caso de ingestión.	
H311 Tóxico en contacto con la piel.	
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.	
H315 Provoca irritación cutánea.	
H317 Puede provocar una reacción alérgica en la piel.	
H318 Provoca lesiones oculares graves.	
H331 Tóxico en caso de inhalación.	
H400 Muy tóxico para los organismos acuáticos.	
H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.	

En el extracto de la ficha de seguridad aparecen las frases R23, R24, R25, y R50/R53, por lo tanto:

	Impacto sobre la Salud	Impacto sobre el Medio Ambiente
Kerakover Eco Silox 1.0	(X)	(X)

RESULTADO POR SISTEMAS

SISTEMA 1 EPS	Salud	Medio Ambiente
Weber.therm Base	✔	✔
Weber.therm Placa EPS	✔	✘
Weber.therm Malla	✔	✔
Weber CS Plus	✘	✘
Weber.tene Geos	✘	✘
TOTAL	✔✔✔✘✘	✔✔✘✘✘

SISTEMA 2 XPS	Salud	Medio Ambiente
Weber.therm Base	✔	✔
Weber.therm Placa XPS	✔	✘
Weber.therm Malla	✔	✔
Weber CS Plus	✘	✘
Weber.tene Geos	✘	✘
TOTAL	✔✔✔✘✘	✔✔✘✘✘

SISTEMA 3 PUR	Salud	Medio Ambiente
Weber.therm Base	✔	✔
Linitherm PGV PUR	✔	✔
Weber.therm Malla	✔	✔
Weber CS Plus	✘	✘
Weber.tene Geos	✘	✘
TOTAL	✔✔✔✘✘	✔✔✔✘✘

SISTEMA 4 CG	Salud	Medio Ambiente
FoamLime Adhesivo+Base	✔	✔
FoamLime CG	✔	✔
FoamLime Malla	✔	✔
FoamLime Primer	✘	✘
FoamLime Silex K	✔	✔
TOTAL	✔✔✔✔✘	✔✔✔✔✘

SISTEMA 5 MW	Salud	Medio Ambiente
Biocalce Cappotto	✔	✔
RockSATE Duo MW	✔	✔
Rinforzo V50	✔	✔
Kerakover Eco Silox Fondo	✘	✘
Kerakover Eco Silox 1.0	✘	✘
TOTAL	✔✔✔✘✘	✔✔✔✘✘

SISTEMA 6 ICB	Salud	Medio Ambiente
Biocalce Cappotto	✔	✔
Aglocork Térmico ICB	✔	✔
Rinforzo V50	✔	✔
Kerakover Eco Silox Fondo	✘	✘
Kerakover Eco Silox 1.0	✘	✘
TOTAL	✔✔✔✘✘	✔✔✔✘✘

SISTEMA 7 WF	Salud	Medio Ambiente
Biocalce Cappotto	✔	✔
Isonat Fiberwood Duoprotect WF	✔	✔
Rinforzo V50	✔	✔
Kerakover Eco Silox Fondo	✘	✘
Kerakover Eco Silox 1.0	✘	✘
TOTAL	✔✔✔✘✘	✔✔✔✘✘

ANEXO D: EMISIONES DE COVs

Utilizando la metodología del apartado 4.4.5 se estudian los certificados de cada material.

AISLANTES

1. Weber.therm Placa EPS

No dispone de certificado.

2. Weber.therm Placa XPS

No dispone de certificado.

3. Linitherm PGV PUR

Según la documentación del producto sobre COVs: *“Das Produkt unterstützt die Erfüllung des Kriteriums nicht oder es liegen keine entsprechenden Nachweise vor”*, (el producto no admite el cumplimiento del criterio o no hay evidencia correspondiente)

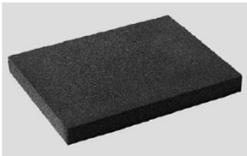
4. FoamLime CG

Ficha técnica del producto

FoamLime[™]

Actualizado: 20.12.2011

VIDRIO CELULAR



Entrega (contenido por embalaje)

		600 x 450							
longitud x anchura [mm]		30	40	50	60	70	80	90	100
grosor [mm]		5	4	4	4	3	3	3	3
unidades		32*	12	10	8	7	6	6	5
metro cuadrado [m²]		4.32	3.24	2.70	2.16	1.89	1.62	1.62	1.35

		600 x 450							
longitud x anchura [mm]		110	120	130	140	150	160	170	180
grosor [mm]		5	4	4	4	3	3	3	3
unidades		1.35	1.08	1.08	1.08	0.81	0.81	0.81	0.81
metro cuadrado [m²]		1.35	1.08	1.08	1.08	0.81	0.81	0.81	0.81

* Medio panel (300 x 450 mm).
* Dimensiones y grosores diferentes disponibles bajo demanda.

1. Características generales del Vidrio Celular

Descripción:

El vidrio celular está fabricado a partir de vidrio reciclado especialmente tratado (> 66%) y materias primas naturales disponibles con abundancia (arena, dolomita, cal...). El aislamiento es totalmente inorgánico, no contiene propulsores que agoten la capa de ozono (CFC, HCFC, etc.), ni aditivos o ligantes que resistan a las llamas. Exento de COV u otras sustancias volátiles.

En la ficha técnica se especifica, “Exento de COV u otras sustancias volátiles”, se certifica mediante Certificado Renewall, declaración nº EPD-PCE-2013256-IAA1-DE.

7. Nachweise

FOAMGLAS®-Eluattest
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA
Untersuchungsbericht Eluattest für FOAMGLAS® Nr. 123544A
Ergebnis:
Auf der Baustelle anfallende FOAMGLAS®-Reste sowie solche aus Abbruch können, sofern die oben genannten Recyclingmöglichkeiten nicht praktikabel sind, aufgrund ihrer nicht auslaugenden mineralischen Inhaltsstoffe ohne Vorbehandlung problemlos auf Deponien der Deponieklasse I abgelagert werden.

FOAMGLAS® Emissionstest
Verfahren: Prüfung der Produktmissionen nach der AgBB/DIBt-Methode (DIN EN ISO 16000-6/9). (Prüfbericht Bremer Umweltinstitut H3989 FM Teil 1 vom März 2011 sowie Laboratoire EXCELL Nr. 2010-10-050-1 vom Mai 2011)

Ergebnisse:
Nach offiziellen Emissionsmessungen für Innenraumluft ist FOAMGLAS® ein Dämmmaterial, bei dem nach dem AgBB Schema weder VOC (flüchtige organische Verbindungen) noch krebserzeugende Emissionen nach 3 und 28 Tagen nachweisbar sind.

VOC Emissionen		
Bezeichnung	Wert	Einheit
AgBB-Ergebnisüberblick (28 Tage)	-	µg/m³
TVOC (C6 - C16)	-	µg/m³
Summe SVOC (C16 - C22)	-	µg/m³
R (dimensionslos)	-	-
VOC ohne NIK	-	µg/m³
Kanzerogene	-	µg/m³

Por lo tanto:

5. RockSATE Duo MW

Existe certificado del Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU),
declaración nº: EPD-DRW-20120113-IBC2-EN.

7.4 Formaldehyde and VOC emissions	
Measuring agency / Date: Eurofins Product Testing A/S	
Smedeskovvej 38, DK-8464 Galten, Denmark; ongoing tests	
Process: Testing the product emissions by the AgBB/DIBt method	
Results:	
Carcinogens were not detected after 3 and 28 days.	
Total VOC ("TVOC") after 3 days were below the assessment limit of 10 mg/m ³ .	
Total VOC ("TVOC") after 28 days were below the assessment limit of 1 mg/m ³ .	
Total SVOC after 28 days were below the assessment limit of 0.1 mg/m ³ .	
A rating value of R below the limit of 1 was achieved for the VOC individual substances with more than 5 µg/m ³ determined after 28 days.	
The total of VOC individual substances without LCI (NIK) value after 28 days was below the assessment limit of 0.1 mg/m ³ .	
The formaldehyde concentration after 28 days was below the assessment limit of 120 µg/m ³ .	

Por lo tanto: ✓

6. Aglocork Térmico ICB

Dispone de certificado LQAI, con nº LQAI.MC.26/11

Composto	CAS	LCI (µg/m ³)	Factor de emissão (µg/(m ³ h))	
			3 dias	28 dias
Acetato de etilo	141-78-6	5000	8.79	4.43
Butanol	71-36-3	1000	3.28	2.26
Tolueno	108-88-3	1000	n.d.	15.2
Acetato de butilo	123-86-4	7000	53.3	9.94
Etilbenzeno	100-41-4	1000	15.0	4.95
m-p-xileno	108-38-3/106-42-3	1000	66.2	19.1
o-xileno	95-47-6	1000	29.7	6.36
α-piréno	80-56-8	1000	4.98	8.43
Formaldeído	50-00-0	10	n.a.	n.d.
COVT			188	92.7
Parâmetros em avaliação		Condição de aceitabilidade	Taxa de ventilação específica q_v (m³ h⁻¹ m⁻²)	
COVs carcinogênicos (3 d) (µg/m ³)			0,625	1,25
COVT (3 d) (µg/m ³)		< 5000	301	151
COVT (28 d) (µg/m ³)		< 200	148	74.1
R = Σ (C _i /LCI _i)		< 1	0.09	0.05
Σ C _n (µg/m ³)		< 20	0	0

Por lo tanto: ✓

7. Isonat Fiberwood Duoprotect WF

Existe certificado del Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU),
declaración nº: EPD-STE-20150327-IBD1-DE.

7. Nachweise																			
<p>7.1 Formaldehyd STEICO Holzfaserdämmstoffe sowohl im Nassverfahren als auch im Trockenverfahren werden ohne formaldehydhaltige Klebstoffe produziert. Prüfungsnachweis für STEICO^{therm}: Ermittelte Formaldehydkonzentration nach /DIN EN 717-1/ nach 28 Tagen: 0,02 mg/m³. Erteilt durch EPH GmbH, Zellenscher Weg 24, 01217 Dresden, PB-Nr. Ha/Br-50, Erstelltdatum 21.05.2105</p> <p>7.1 MDI Zur Produktion von STEICO Holzfaserdämmstoffen im Nassverfahren, sowie zur Produktion von STEICOflex werden keine isocyanathaltigen Bindemittel verwendet.</p> <p>7.3 Prüfung auf Vorbehandlung der Einsatzstoffe Zur Produktion von STEICO Holzfaserdämmstoffen wird kein Altholz herangezogen. Es handelt sich um unbehandeltes Frischholz (Nadelholz).</p> <p>7.4 VOC Prüfnachweis durch STEICOunderfloor, PB-Nr. 32708-002, 22.11.2011, eco-Institut, Sachsenring 89, D-50677 Köln, D</p>	<p>fermer Prüfnachweis IBR GmbH, Münchener Straße 18, 83022 Rosenheim, PB-Nr.: 3013-632, Erstelltdatum 21.01.2014</p> <p>AgBB Ergebnisüberblick (28 Tage)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bezeichnung</th> <th>Wert</th> <th>Einheit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TVOC (C6 - C16)</td> <td>80</td> <td>µg/m³</td> </tr> <tr> <td>Summe SVOC (C16 - C22)</td> <td>0</td> <td>µg/m³</td> </tr> <tr> <td>R (dimensionslos)</td> <td>0,17</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>VOC ohne NIK</td> <td>1</td> <td>µg/m³</td> </tr> <tr> <td>Karzinogene</td> <td>0</td> <td>µg/m³</td> </tr> </tbody> </table> <p>Zitat Prüfbericht IBR Seite 10: „Nach 7 Tagen wurde die Prüfung abgebrochen, da die [...] Abbruchkriterien erfüllt waren. [...] Eine Belastung durch die geprüften Substanzen ist nicht zu erwarten.“</p> <p>Damit entspricht das gesamte Prüfmateriale den Maßgaben des /AgBB-Schemas/ sowie der /DIBt-Zulassungsgrundsätze/</p>	Bezeichnung	Wert	Einheit	TVOC (C6 - C16)	80	µg/m ³	Summe SVOC (C16 - C22)	0	µg/m ³	R (dimensionslos)	0,17	-	VOC ohne NIK	1	µg/m ³	Karzinogene	0	µg/m ³
Bezeichnung	Wert	Einheit																	
TVOC (C6 - C16)	80	µg/m ³																	
Summe SVOC (C16 - C22)	0	µg/m ³																	
R (dimensionslos)	0,17	-																	
VOC ohne NIK	1	µg/m ³																	
Karzinogene	0	µg/m ³																	

Por lo tanto: ✓

MORTEROS

1. Weber.therm Base

No dispone de certificado.

2. FoamLime Adhesivo y Base

No dispone de certificado.

3. Biocalce Cappotto

Dispone de Certificado EC 1-R plus GEV-Emicode, nº 2380/11.01.02

PRESTACIONES		
CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (IAQ) COVS - EMISIONES COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES		
Conformidad	EC 1-R plus GEV-Emicode	Cert. GEV 2380/11.01.02

Por lo tanto:

MALLAS

1. Weber.therm Malla 160

No dispone de certificado.

2. Foamlime Malla

No dispone de certificado.

3. Refuerzo V50

No dispone de certificado.

IMPRIMACIONES Y FONDOS

1. Weber CS Plus

No dispone de certificado

2. FoamLime Primer

No dispone de certificado

3. Kerakover Eco Silox Fondo

No dispone de certificado

REVOCOS DE ACABADO

1. Weber.tene Geos

No dispone de certificado.

2. FoamLime Silex K

No dispone de certificado.

3. Kerakover Eco Silox 1.0

No dispone de certificado.

RESULTADO POR SISTEMAS

SISTEMA 1 EPS	Emisiones COVs
Weber.therm Base	
Weber.therm Placa EPS	
Weber.therm Malla	
Weber CS Plus	
Weber.tene Geos	
TOTAL	

SISTEMA 2 XPS	Emisiones COVs
Weber.therm Base	
Weber.therm Placa XPS	
Weber.therm Malla	
Weber CS Plus	
Weber.tene Geos	
TOTAL	

SISTEMA 3 PUR	Emisiones COVs
Weber.therm Base	
Linitherm PGV PUR	
Weber.therm Malla	
Weber CS Plus	
Weber.tene Geos	
TOTAL	

SISTEMA 4 CG	Emisiones COVs
FoamLime Adhesivo+Base	
FoamLime CG	☑
FoamLime Malla	
FoamLime Primer	
FoamLime Silex K	
TOTAL	☑

SISTEMA 5 MW	Emisiones COVs
Biocalce Cappotto	☑
RockSATE Duo MW	☑
Rinforzo V50	
Kerakover Eco Silox Fondo	
Kerakover Eco Silox 1.0	
TOTAL	☑☑

SISTEMA 6 ICB	Emisiones COVs
Biocalce Cappotto	☑
Aglocork Térmico ICB	☑
Rinforzo V50	
Kerakover Eco Silox Fondo	
Kerakover Eco Silox 1.0	
TOTAL	☑☑

SISTEMA 7 WF	Emisiones COVs
Biocalce Cappotto	☑
Isonat Fiberwood Duoprotect WF	☑
Rinforzo V50	
Kerakover Eco Silox Fondo	
Kerakover Eco Silox 1.0	
TOTAL	☑☑

ANEXO E: TRANSPIRABILIDAD

Utilizando la metodología del apartado 4.4.6 se estudian la transpirabilidad de cada material.

	μ	e (m)	Sd (m)
AISLANTES			
Weber.therm Placa EPS	60	0,042	2,52
Weber.therm Placa XPS	150	0,039	5,85
Linitherm PGV PUR	90	0,032	2,88
FoamLime CG	4000	0,047	188
RockSATE Duo MW	1	0,041	0,041
Aglocork Térmico ICB	33	0,045	1,485
Isonat Fiberwood Duoprotect WF	3	0,05	0,15
MORTEROS			
Weber.therm Base	10	0,015	0,15
FoamLime Adhesivo y Base	20	0,015	0,3
Biocalce Cappotto	12	0,015	0,18
IMPRIMACIONES Y FONDOS			
Weber CS Plus	590	0,0001	0,059
FoamLime Primer	600	0,0001	0,06
Kerakover Eco Silox Fondo	40	0,0001	0,004
REVOCOS DE ACABADO			
Weber.tene Geos	590	0,001	0,59
FoamLime Silex K	600	0,001	0,6
Kerakover Eco Silox 1.0	36	0,001	0,036

RESULTADO POR SISTEMAS

SISTEMA 1 EPS		Sd	SISTEMA 2 XPS		Sd
Weber.therm Base		0,15	Weber.therm Base		0,15
Weber.therm Placa EPS		2,52	Weber.therm Placa XPS		5,85
Weber CS Plus		0,059	Weber CS Plus		0,059
Weber.tene Geos		0,59	Weber.tene Geos		0,59
TOTAL		3,319	TOTAL		6,649
SISTEMA 3 PUR		Sd	SISTEMA 4 CG		Sd
Weber.therm Base		0,15	FoamLime Adhesivo+Base		0,3
Linitherm PGV PUR		2,88	FoamLime CG		188
Weber CS Plus		0,059	FoamLime Primer		0,06
Weber.tene Geos		0,59	FoamLime Silex K		0,6
TOTAL		3,679	TOTAL		188,96
SISTEMA 5 MW		Sd	SISTEMA 6 ICB		Sd
Biocalce Cappotto		0,18	Biocalce Cappotto		0,18
RockSATE Duo MW		0,041	Aglocork Térmico ICB		1,485
Kerakover Eco Silox Fondo		0,004	Kerakover Eco Silox Fondo		0,004
Kerakover Eco Silox 1.0		0,036	Kerakover Eco Silox 1.0		0,036
TOTAL		0,261	TOTAL		1,705
SISTEMA 7 WF		Sd			
Biocalce Cappotto		0,18			
Isonat Fiberwood Duoprotect WF		0,15			
Kerakover Eco Silox Fondo		0,004			
Kerakover Eco Silox 1.0		0,036			
TOTAL		0,37			

ANEXO F: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA Y MEJORAS EN EDIFICIO DE REFERENCIA

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Zaragoza, Bloque de viviendas		
Dirección	C/ Don Quijote de la Mancha nº 14-16		
Municipio	Zaragoza	Código Postal	50002
Provincia	Zaragoza	Comunidad Autónoma	Aragón
Zona climática	D3	Año construcción	1980
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastrales	xxx		

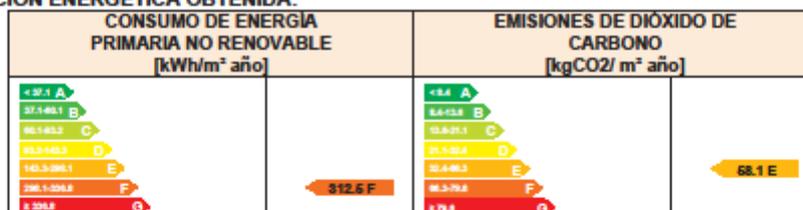
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual	<input type="radio"/> Terciario <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	CENER - EFINOVATIC	NIF(NIE)	-
Razón social	CENER - EFINOVATIC	NIF	-
Domicilio	-		
Municipio	Pamplona	Código Postal	-
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	-		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 26/07/2012

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha
Ref. Catastral

30/10/2017
xxx

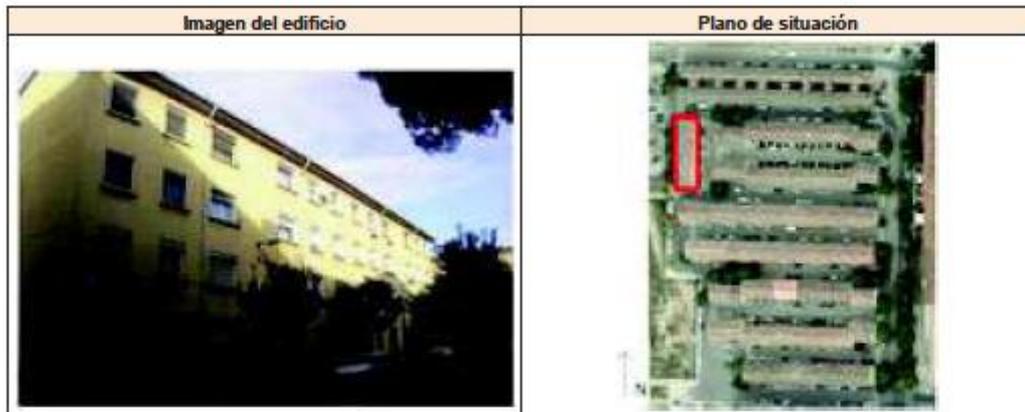
Página 1 de 7

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	1293.44
--	---------



2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Este-principal	Fachada	290.72	1.69	Estimadas
Fachada Oeste	Fachada	278.24	1.69	Estimadas
Fachada Sur	Fachada	86.0	1.69	Estimadas
Suelo con terreno	Suelo	323.36	0.66	Estimadas
Cubierta inclinada con cámara	Cubierta	323.36	1.26	Conocidas
Fachada Norte	Fachada	86.0	1.69	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
O-Dormitorio Cocina	Hueco	49.92	3.54	0.68	Estimado	Estimado
O-Galería	Hueco	47.84	3.78	0.62	Estimado	Estimado
E-Salones	Hueco	35.36	3.54	0.68	Estimado	Estimado
E-Dormitorios	Hueco	49.92	3.54	0.68	Estimado	Estimado

Fecha
Ref. Catastral

30/10/2017
xxx

Página 2 de 7

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo calefacción(80%)/ estufas eléctricas	Efecto Joule		100.0	Electricidad	Estimado
Calefacción y ACS (40%)/ Gas	Caldera Estándar	24.0	56.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	1612.8
---	---------------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo ACS (80%) /Termoeléctrico	Efecto Joule		100.0	Electricidad	Estimado
Calefacción y ACS (40%)/ Gas	Caldera Estándar	24.0	56.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	58.1 E			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>	E	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>	G
	42.11		12.98	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>	C	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>	-
	3.04		-	
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>				

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	32.14	41566.91
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	26.00	33626.74

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	312.5 F			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>	E	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>	G
	225.13		69.39	
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>	D	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>	-
	17.96		-	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i>				

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
112.0 E	18.4 D
<i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i>	<i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i>

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Fecha
Ref. Catastral

30/10/2017
xxx

Página 4 de 7

ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Aislamiento cámara interior

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]
253.4 E	47.2 E

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m ² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m ² año]
85.7 E	12.0 C

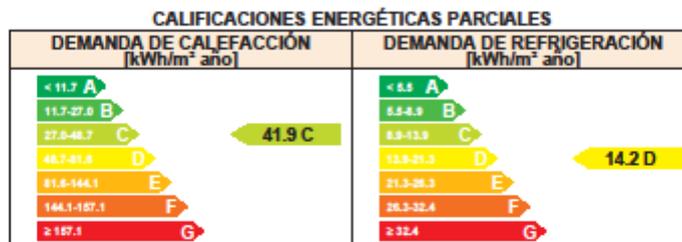
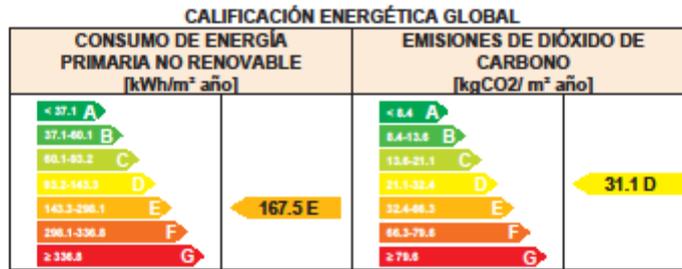
ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	111.79	23.5%	5.99	34.8%	45.01	0.0%	-	-%	162.80	18.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	172.3 2	E 23.5%	11.71 C	34.8%	69.39 G	0.0%	-	-	253.4 2	E 18.9%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año]	32.23	E 23.5%	1.98 B	34.8%	12.98 G	0.0%	-	-	47.20	E 18.8%
Demanda [kWh/m ² año]	85.71	E 23.5%	11.99 C	34.8%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Aislamiento interior manteniendo los puentes térmicos, sustitución de ventanas
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés Se considera un EPS de 8 cm. de alta eficiencia con un aconductividad térmica de 0,031 W/(m.k)

Fachada SATE



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	54.64	62.6%	7.09	22.8%	45.01	0.0%	-	-%	106.75	46.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	84.22	D 62.6%	13.86	C 22.8%	69.39	G 0.0%	-	-%	167.47	E 46.4%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m² año]	15.75	C 62.6%	2.35	C 22.8%	12.98	G 0.0%	-	-%	31.08	D 46.5%
Demanda [kWh/m² año]	41.89	C 62.6%	14.19	D 22.8%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Aislamiento de fachada mejorando los puentes térmicos, sustitución de ventanas
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés Se considera un EPS de alta eficiencia con un aconductividad térmica de 0,031 W/(m.k)

**ANEXO IV
PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL
TÉCNICO CERTIFICADOR**

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	15/07/2012
--	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR
Se plantean cinco medidas de mejora combinadas en tres paquetes de medida para analizar los diferentes ahorros energéticos.

DOCUMENTACION ADJUNTA
<ul style="list-style-type: none"> - Planos del edificio existente - Proyecto de rehabilitación - Proyecto de la instalación centralizada y la instalación solar - Estimación de costes de las medidas de mejora de la eficiencia energética

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	xxx	Versión Informe asociado	26/07/2012
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	30/10/2017

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Aislamiento cámara interior

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Aislamiento interior manteniendo los puentes térmicos, sustitución de ventanas
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés Se considera un EPS de 8 cm. de alta eficiencia con un aconductividad térmica de 0,031 W/(m.k)



	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	xxx	Versión Informe asociado	26/07/2012
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	30/10/2017

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	111.79	23.5%	5.99	34.8%	45.01	0.0%	-	-%	162.80	18.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	172.32	E 23.5%	11.71	C 34.8%	69.39	G 0.0%	-	-%	253.42	E 18.9%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m ² año]	32.23	E 23.5%	1.98	B 34.8%	12.98	G 0.0%	-	-%	47.20	E 18.8%
Demanda [kWh/m ² año]	85.71	E 23.5%	11.99	C 34.8%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia post mejora [W/m ² K]
Fachada Este-principal	Fachada	290.72	1.69	290.72	0.40
Fachada Oeste	Fachada	278.24	1.69	278.24	0.40
Fachada Sur	Fachada	86.00	1.69	86.00	0.40
Suelo con terreno	Suelo	323.36	0.66	323.36	0.66
Cubierta inclinada con cámara	Cubierta	323.36	1.26	323.36	1.26
Fachada Norte	Fachada	86.00	1.69	86.00	0.40

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual del hueco [W/m ² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia post mejora [W/m ² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m ² K]
O-Dormitorio Cocina	Hueco	49.92	3.54	3.30	49.92	1.74	1.80
O-Galería	Hueco	47.84	3.78	3.30	47.84	1.74	1.80
E-Salones	Hueco	35.36	3.54	3.30	35.36	1.74	1.80
E-Dormitorios	Hueco	49.92	3.54	3.30	49.92	1.74	1.80

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	xxx	Versión Informe asociado	26/07/2012
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	30/10/2017

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo calefacción(50%)e stufas eléctricas	Efecto Joule		100.0%	-	Efecto Joule		100.0%	-	-
Calefacción y ACS (40%) Gas	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo ACS (50%) /Termoeléctrico	Efecto Joule		100.0%	-	Efecto Joule		100.0%	-	-
Calefacción y ACS (40%) Gas	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

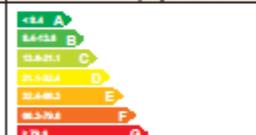
	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	xxx	Versión Informe asociado	26/07/2012
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	30/10/2017

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Fachada SATE

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Aislamiento de fachada mejorando los puentes térmicos, sustitución de ventanas
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés Se considera un EPS de alta eficiencia con un aconductividad térmica de 0,031 W/(m.k)

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]	
	167.47 E		31.88 D

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m ² año]		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m ² año]	
	41.88 C		14.18 D

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	xxx	Versión Informe asociado	26/07/2012
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	30/10/2017

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	54.64	62.6%	7.09	22.8%	45.01	0.0%	-	-%	106.75	46.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	84.22	D 62.6%	13.86	C 22.8%	69.39	G 0.0%	-	-%	167.47	E 46.4%
Emissiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año]	15.75	C 62.6%	2.35	C 22.8%	12.98	G 0.0%	-	-%	31.08	D 46.5%
Demanda [kWh/m ² año]	41.89	C 62.6%	14.19	D 22.8%						

ENVOLVENTE TÉRMICA**Cerramientos opacos**

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia post mejora [W/m ² K]
Fachada Este-principal	Fachada	290.72	1.69	290.72	0.40
Fachada Oeste	Fachada	278.24	1.69	278.24	0.40
Fachada Sur	Fachada	86.00	1.69	86.00	0.40
Suelo con terreno	Suelo	323.36	0.66	323.36	0.66
Cubierta inclinada con cámara	Cubierta	323.36	1.26	323.36	1.26
Fachada Norte	Fachada	86.00	1.69	86.00	0.40

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual del hueco [W/m ² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia post mejora [W/m ² K]	Transmitancia post mejora del vidrio [W/m ² K]
O-Dormitorio Cocina	Hueco	49.92	3.54	3.30	49.92	1.74	1.80
O-Galería	Hueco	47.84	3.78	3.30	47.84	1.74	1.80
E-Salones	Hueco	35.36	3.54	3.30	35.36	1.74	1.80
E-Dormitorios	Hueco	49.92	3.54	3.30	49.92	1.74	1.80

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	xxx	Versión Informe asociado	26/07/2012
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	30/10/2017

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo calefacción(50%)e stufas eléctricas	Efecto Joule		100.0%	-	Efecto Joule		100.0%	-	-
Calefacción y ACS (40%)/ Gas	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
TOTALES		-		-		-		-	-

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo ACS (50%) /Termoeléctrico	Efecto Joule		100.0%	-	Efecto Joule		100.0%	-	-
Calefacción y ACS (40%)/ Gas	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	Caldera Estándar	24.0	56.8%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

ANEXO G: FICHAS DE LESIONES Y ERRORES

FICHA	PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR
1.1	PUENTES TÉRMICOS EN FACHADA SATE

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Patología de puente térmico con correspondiente fallo de eficiencia energética y posibilidad de condensaciones

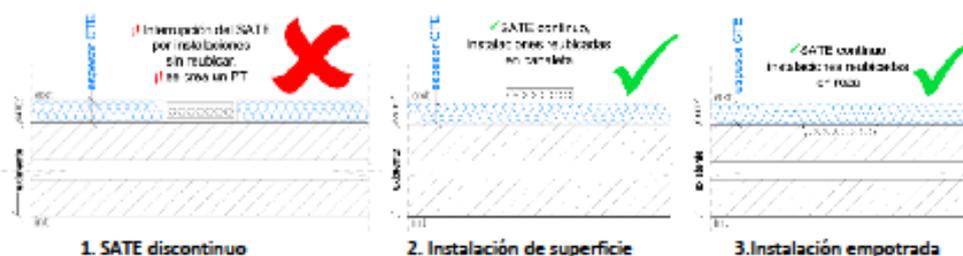
CAUSAS

El puente térmico lo causa la falta de reubicación de las instalaciones que discurren por la fachada.

OBSERVACIONES

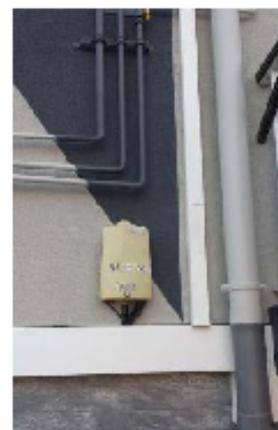
En un SATE es necesario conseguir la continuidad del aislamiento y para ello es necesario reubicar las instalaciones que discurren por la fachada. Si no se hace así se crea un puente térmico.

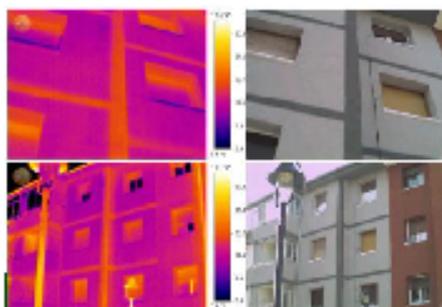
Para que no ocurra las instalaciones tienen que o bien empotrarse o bien superponer en superficie.



ACTUACIONES POSIBLES

- 1. Superficie**
 - Desmontaje de las instalaciones existentes.
 - Remate de la zona a reparar con aislante adecuado ejecutado según Guía ETAG.
 - Instalación de canaletas y cajas de superficie.
 - Ubicación de las antiguas instalaciones en la instalación de superficie preparada.
- 2. Empotrado**
 - Desmontaje de las instalaciones existentes.
 - Crear el hueco (roza) en el muro que albergará las instalaciones.
 - Introducir las instalaciones
 - Remate de la zona a reparar con aislante adecuado ejecutado según Guía ETAG



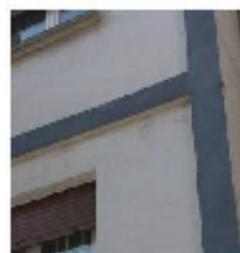
FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR
1.2 PUENTES TÉRMICOS EN FACHADA SATE
DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA


Patología de puente térmico con correspondiente fallo de eficiencia energética y posibilidad de condensaciones.

CAUSAS

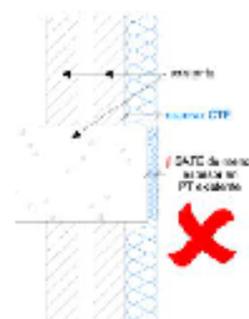
El puente térmico lo causa el cambio de espesor de la placa de aislante que mantiene el plomo en la cara exterior pero en el paso de los forjados y pilares reduce su sección y reduce así su eficiencia.

En la imagen se observan los relieves del forjado y pilares antes de la intervención.


OBSERVACIONES

En el caso de fachadas con cambio de plano como el de la imagen superior es necesario utilizar en la reducción de sección un aislante de menor coeficiente de térmico de forma que la transmitancia en el forjado y en ladrillo sea la misma. Si no fuera posible se debe de respetar el espesor del aislamiento creando en este caso las irregularidades que ya existían.

No de ser así se crea un puente térmico en esa zona.


ACTUACIONES POSIBLES
1. Superficie

- Colocar el aislante necesario y sus correspondientes capas según ETAG 004, sobre el SATE existente en la zona de forjados.
- Atención con el plano horizontal que se crea que debe de llevar un perfil con goterón

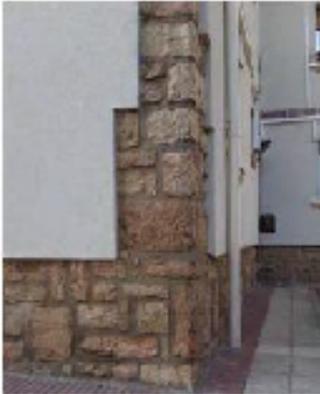
2. Sustitución

- Eliminación de la plaqueta de aislamiento del forjado y pilares.
- Sustitución por un aislante de mayor eficiencia, menor conductividad.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

1.3 PUENTES TÉRMICOS EN FACHADA SATE

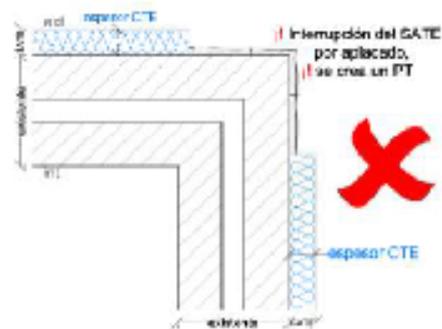
DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Patología de puente térmico con correspondiente fallo de eficiencia energética y posibilidad de condensaciones

CAUSAS

El puente térmico lo causa la interrupción del aislamiento para mantener o realizar un aplacado en esquina.



OBSERVACIONES

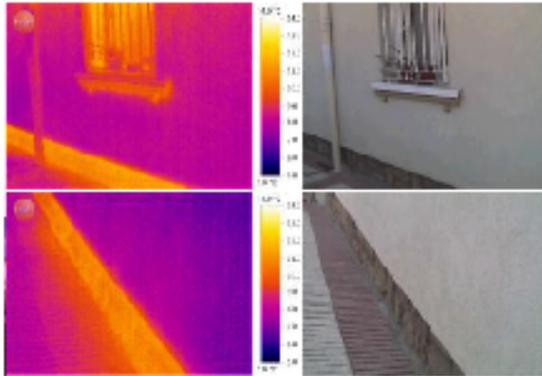
En el caso de fachadas donde se quiera mantener el aplacado original la solución de SATE no es la más adecuada. Se debería realizar un aislamiento por el interior.

Si lo que se quiere es mantener la estética se puede realizar un aislamiento mediante fachada ventilada donde se pueda realizar un nuevo aplacado.

Si no importa la estética se deberá realizar el aislamiento continuo.

ACTUACIONES POSIBLES

1. Aislar por el interior
2. Aislar por el exterior
 - Realizar un sistema de aislamiento que permita el aplacado encima.
 - Aplacar encima.
3. Realizar el SATE continuo según ETAG 004

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR**1.4 PUENTES TÉRMICOS EN FACHADA SATE****DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA**

Patología de puente térmico con correspondiente fallo de eficiencia energética y posibilidad de condensaciones.

CAUSAS

El puente térmico lo causa la interrupción del aislamiento por falta de ejecución de SATE de Base o SATE de Zócalo.

OBSERVACIONES

En contacto con el terreno se deberá de realizar un SATE de Base o Zócalo con material aislante adecuado para estar en contacto con el agua de las salpicaduras y deberá de estar reforzado con malla de refuerzo. Los aislantes más indicados son XPS o ICB.

ACTUACIONES POSIBLES**1. Realizar SATE de Base.**

- Preparar la superficie según ETAG 004.
- Aplicar el aislante adecuado según ETAG 004.
- Realizar el refuerzo y revestimiento según ETAG 004, según la obra es posible que sea necesario retirar 20 cm del SATE superior para realizar el sistema de forma adecuada.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

2.1 ADHERENCIA AL SOPORTE

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Desprendimiento generalizado del sistema de aislamiento por fallo de adhesión del adhesivo. No existe anclaje mecánico.

CAUSAS

En este caso el fallo del adhesivo puede ser por varias causas a determinar tras estudio del accidente. Entre ellas las más posibles son:

- Por baja cohesión del soporte (necesidad de anclajes mecánicos)
- Por altura del edificio (necesidad de anclajes mecánicos)
- Características del edificio (necesidad de anclajes mecánicos)
- Por baja adhesión del adhesivo sobre el revestimiento antiguo (necesidad de anclajes)
- Necesidad de aplicar adhesivo en superficie completa del aislante
- Falta de preparación y limpieza del soporte
- Aplicación del adhesivo sin seguir las indicaciones del fabricante

OBSERVACIONES

Antes de empezar la ejecución del SATE es necesario realizar una evaluación previa del soporte y de la idoneidad del sistema elegido a través de varias muestras y test de arranque. En edificios de más de 18 metros es necesario complementar la ejecución con anclajes mecánicos.

ACTUACIONES POSIBLES

1. Retira todo el SATE

- Realizar un estudio del edificio y proponer el sistema adecuado a las características del mismo
- Evaluar y preparar el soporte.
- Ejecutar el SATE nuevo según ETAG 004

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

2.2 ADHERENCIA AL SOPORTE

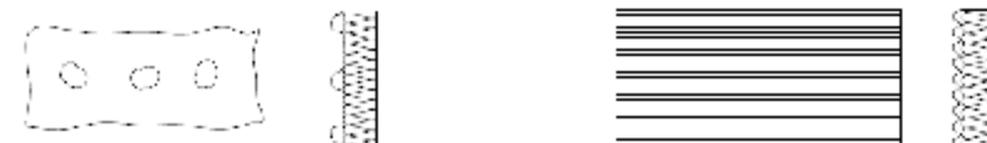
DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



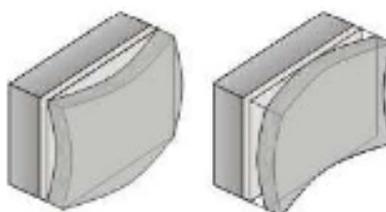
Desprendimiento generalizado del sistema de aislamiento por fallo de adhesión del adhesivo. Existe anclaje mecánico.

CAUSAS

La causa principal del desprendimiento es el error de ejecución de aplicación del adhesivo. Este no tiene cordón perimetral y por tanto no limita las dilataciones y contracciones del aislante que lo somete a una tensión excesiva. En este caso existe anclaje mecánico pero no ha sido suficiente.


OBSERVACIONES

Para una colocación segura sobre un soporte regular se debe realizar dentro de lo posible una colocación cubriendo el 100% de la superficie del aislante. En su defecto se puede realizar una cobertura del 40% mediante cordón perimetral y tres puntos. Estas formas de colocación pretenden restringir las contracciones y dilataciones de los paneles de aislamiento.


ACTUACIONES POSIBLES

1. Retirar todo el SATE

- Realizar un estudio del edificio y proponer el sistema adecuado a las características del mismo
- Evaluar y preparar el soporte.
- Ejecutar el SATE nuevo según ETAG 004

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

3.1 RESISTENCIAS MECÁNICAS

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Deficiente resistencia mecánica del sistema de anclajes.

CAUSAS

En la imagen se observa un número de espigas insuficientes así como un patrón y una distribución inadecuada.

OBSERVACIONES

El número de espigas por m^2 , su patrón y distribución influye de forma directa en la capacidad mecánica de sistema de aislamiento.

ACTUACIONES POSIBLES

1. Completar el número de espigas

- Se deberán retirar las espigas mal colocadas y mal adheridas.
- Se rellenará el eventual hueco dejado por la espiga con material adecuado.
- Se realizarán nuevos anclajes en los lugares pertinentes según número mínimo de espigas y se programará la distribución adecuada siguiendo el patrón elegido para el sistema.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

3.2 RESISTENCIAS MECÁNICAS

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Espigas de distinta características utilizadas en el mismo sistema. Por lo tanto uno de esos tipos no es adecuado para el sistema que se pretende instalar y puede causar defectos en la capacidad mecánica del sistema de anclaje.

CAUSAS

Las causas pueden ser:

- Error de ejecución
- Falta de definición en proyecto
- Mano de obra sin experiencia ni formación

OBSERVACIONES

Cada tipo de espiga tiene una función diferente, así las azules que se ven en la imagen son adecuadas para paneles de lana por el mayor diámetro de la arandela de la cabeza, sin embargo las de menor diámetro no son capaces de distribuir adecuadamente las tensiones del panel.

ACTUACIONES POSIBLES

1. Sustitución de espigas

- Se deberán retirar las espigas del tipo no adecuado
- Se colocará la espiga adecuada al soporte y tipo de aislante del sistema..

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

3.3 RESISTENCIAS MECÁNICAS

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Punzonamiento de la plancha de aislamiento por utilización de espigas inadecuadas al tipo de aislante. Esto provoca falta de resistencia mecánica del sistema y existe riesgo de colapso del aislamiento.

CAUSAS

Las causas pueden ser:

- Mala elección de la espiga a utilizar
- Falta de definición en proyecto
- Mano de obra inexperta y sin formación

OBSERVACIONES

Para el aislante de MW se deben utilizar espigas con un diámetro de arandela de la cabeza grande de 140 mm., para repartir mejor las tensiones y evitar el punzonamiento.

ACTUACIONES POSIBLES

1. Sustitución de placas de aislamiento

- Se deberán retirar las placas de aislamiento afectas y se reciclarán para otros usos.
- Se volverá a colocar el aislante siguiendo la ETAG 004 y con una espiga con diámetro de arandela adecuado.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR**4.1 GRIETAS****DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA**

Grietas en el encuentro con los perfiles de arranque o base.

CAUSAS

Las causas pueden ser:

- Mala instalación del perfil
- Uso de perfil inadecuado
- Error de ejecución al embeber la malla

OBSERVACIONES

A la hora de realizar el arranque del sistema deberá de colocar el perfil de arranque pertinente. El perfil como el de la imagen deberá de incluir goterón y al menos 10 cm. de malla de fibra de vidrio para minimizar el riesgo de fisuras o grietas.

**ACTUACIONES POSIBLES****1. Reparación de la grieta**

- Se retirará el perfil de arranque
- Se sustituirá por uno adecuado
- Se embeberá la malla del perfil de arranque en la capa base del revestimiento
- Se acabará el SATE según ETAG 004

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR**4.2****GRIETAS****DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA**

Grietas en la capa base y de revestimiento de acabado.

CAUSAS

Las causas pueden ser:

- Elevada dilatación de los paneles por elección de un color con bajo índice de refracción.
- Malla inadecuada.
- Bajo espesor del revoco.
- Sujeción ineficaz de los paneles.
- Rigidez de la capa pictórica.

OBSERVACIONES

Para la elección del color de la fachada se debe tener en cuenta el índice de refracción del color. Este deberá estar por encima de 20%, si no es así las dilataciones que puede sufrir el SATE puede ser que no sean capaces de ser absorbidas por los elementos del sistema.

La capa base deberá tener un espesor adecuado y la malla se deberá de colocar sobre el moreto, fresco sobr efresco. Hay que prestar especial atención en los empalmes de malla que se debn realizar cuando el mortero todavía esté fresco.

La sujeción de las placas se debe adecuar a la Guía Etag 004.

La capa pictórica deberá tener una elasticidad capaz de absorber pequeñas fisuras de la capa base.

ACTUACIONES POSIBLES

En esta situación las actuaciones posibles van, en función de la causa, desde un refuerzo con nuevas espigas y posterior acabado según ETAG, pasando por una nueva aplicación de capa base y acabado, hasta la aplicación de una nueva capa de acabado elástica.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR**4.3** GRIETAS**DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA**

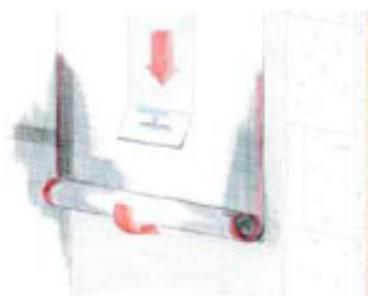
Grietas en la capa base y la malla.

CAUSAS

La causa más posible es la colocación del empalme de la malla de forma inadecuada.

OBSERVACIONES

La capa base deberá tener un espesor adecuado y la malla se deberá de colocar sobre el moreno, fresco sobre fresco. Hay que prestar especial atención en los empalmes de malla que se debn realizar cuando el mortero todavía esté fresco.

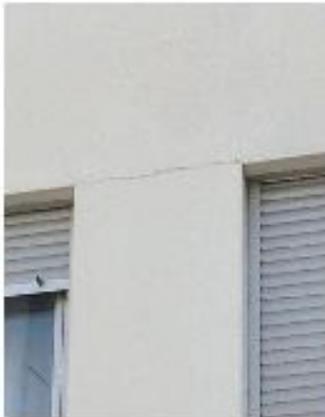
**ACTUACIONES POSIBLES****Reparación de la capa base**

- Se retirará la capa base.
- Se ejecutará de nuevo siguiendo la ETAG 004.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

4.4 GRIETAS

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Grietas en la capa base en aristas en esquinas de huecos de fachada.

CAUSAS

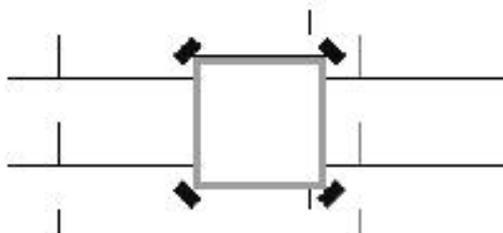
Las causas posibles son:

- Ausencia de doble malla de armadura de refuerzo.
- Empleo de mallas no idóneas.
- Placas de aislamiento coincidiendo juntas con borde de ventana

OBSERVACIONES

En las esquinas de los huecos de fachada se debe embeber un refuerzo a 45º.

Las placas de aislante se colocarán de forma que las junta de la placa no coincida con el borde del hueco.



ACTUACIONES POSIBLES

Reparación de la capa base

- Se procederá a abrir la grieta con un ancho mínimo que permita la introducción del refuerzo.
- Se aplicará la capa base y el refuerzo según ETAG 004
- Se aplicará capa de acabado

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

4.5 GRIETAS

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Posible grieta futura por error en la colocación del perfil de esquina

CAUSAS

La grieta se podrá genera a causa de que no existe un buen anclaje de la malla con el soporte. La malla no se encuentre en la masa de la capa base reforzando el mortero, más bien todo lo contrario. Se ha instalado la cantonera con insuficiente mortero.

OBSERVACIONES

Las mallas estandar, de refuerzo o la de los perfiles se deben aplicar sobre mortero fresco de forma que est ase quede embebida en la mitad o en el tercio exterior del mortero aplicado.

ACTUACIONES POSIBLES

Reparación de la esquina

- En esta situación de obra será suficiente con la aplicación adecuada del mortero de capa base bajo la malla de esquina.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

5.1 MORTERO Y REVESTIMIENTO

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



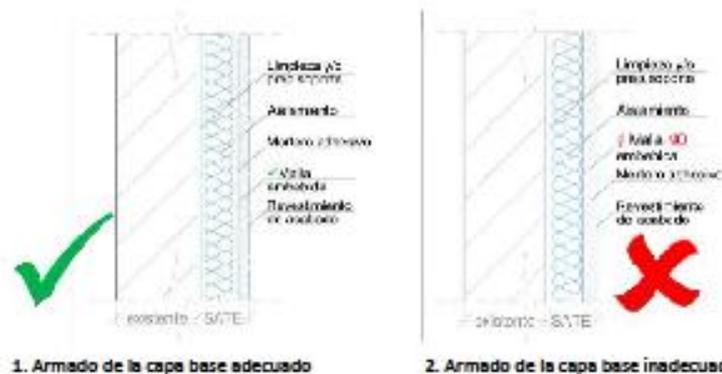
Desprendimiento del mortero de capa base y revestimiento de acabado.

CAUSAS

La causa principal es la mala ejecución de la capa base. En lugar de embeber la malla en el mortero, esta se ha colocado antes de aplicar el mortero. Lo que causa que no exista un anclaje adecuado de la capa base.

OBSERVACIONES

Para la ejecución de la capa base se debe de aplicar una primera mano de mortero, a ser posible con llana dentada de 10 mm., e insertar la malla sobre el mortero fresco, retirando el exceso de material y alisando a la vez. De esta forma se asegura que la malla queda posicionada en el centro o el tercio exterior del espesor del mortero de capa base, armandolo adecuadamente.



ACTUACIONES POSIBLES

Reparación de la capa base

- Se procederá al retiro de la capa base
- Se volverá a ejecutar las capas de acabado según ETAG 004

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR**5.2 MORTERO Y REVESTIMIENTO****DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA**

Desprendimiento del mortero de capa base y revoco de acabado.

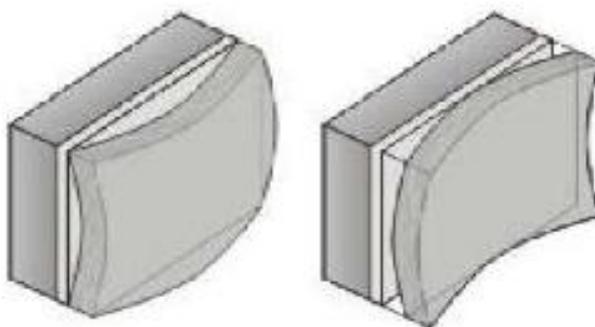
CAUSAS

Causas posibles:

- Baja tenacidad del adhesivo
- Bajo número de espigas de fijación
- Espigas de fijación inadecuadas
- Malla no apta o mal colocada

OBSERVACIONES

Debido a los movimientos de contracción y dilatación de las placas de aislamiento se generan esfuerzos internos dentro del sistema que deben ser contrarrestados. Si alguno de los elementos que componen el sistema no funciona de forma adecuada es cuando aparece la patología descrita.

**ACTUACIONES POSIBLES**

Será necesario llegar al origen que causa la patología, y dependiendo de este se propondrá un sistema de reparación adecuado a ETAG 004.

FICHA	PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR
5.3	MORTERO Y REVESTIMIENTO

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Contracción y desprendimiento del revoco



CAUSAS

La causa es el fallo de la cohesión del asilante, seguramente por dejarlo demasiado tiempo sin revestir expuesto a las inclemencias del tiempo.

OBSERVACIONES

En el caso de que por motivos de la obra se tenga que dejar mucho tiempo sin revestir el EPS expuesto a la climatología, es necesario lijar las placas, superficialmente, para eliminar la "costra" amarillenta que se puede haber creado ya que esta tiene poca cohesión.



Trasdos de la capa base que ha adherido a la "costra" de EPS

ACTUACIONES POSIBLES

Ejecución de la capa de base y de acabado.

- Retirada completa de las capas de revestimiento.
- Lijado de las placas
- Aplicación de las capas de revestimiento según ETAG 004

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

5.4 MORTERO Y REVESTIMIENTO

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Desprendimiento del revoco de acabado

CAUSAS

Causas posibles

- Ingreso de agua.
- Errores en la ejecución del acabado.
- Escasa traspirabilidad del revoco de acabado
- Material de acabado de baja calidad

OBSERVACIONES

Es muy importante que una vez ejecutado correctamente nuestro SATE aseguremos la estanqueidad de este para que el agua no pueda dañar el sistema.

También hay que tener muy en cuenta que al aplicar un revestimiento acrílico, posiblemente se estén penalizando las prestaciones de traspirabilidad de la fachada original y el vapor que está intentando salir del edificio al encontrarse con una barrera de vapor, como puede ser el acabado, como no tiene nada que impida su abombamiento, genera una burbuja que acaba rompiendo el acabado.

ACTUACIONES POSIBLES

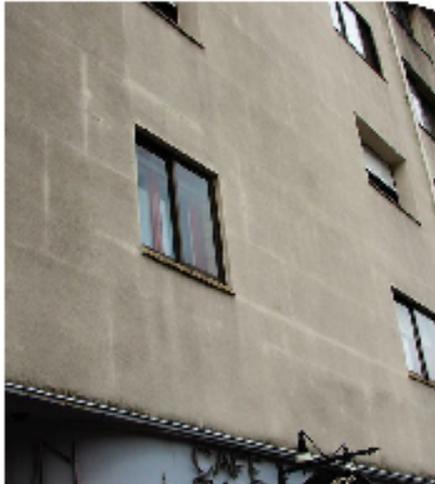
Reparar el acabado

- Antes de reparar es necesario eliminar la causa que ha generado la patología
- Posteriormente se deberá volver a aplicar las capas pictóricas, una vez secado

FICHA **PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR**

5.5**MORTERO Y REVESTIMIENTO**

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Manchas de moho y microorganismos .

CAUSAS

La causa más probable es que se haya elegido un producto de acabado no adecuado y de baja calidad, absorbente y no resistente al moho.

OBSERVACIONES

El revestimiento de acabado tiene la función de proteger el sistema, sobretodo con aquello que tiene que ver con el Requisito Esencial ER3 sobre Higiene , Salud y Medioambiente. Por lo tanto debe de ser no absorbente y resistente al moho.

ACTUACIONES POSIBLES

Aplicación de acabado

- Limpieza mediante productos y métodos adecuados
- Aplicar ciclo de acabado pictórico resistente al moho y no absorbente

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

5.6MORTERO Y REVESTIMIENTO

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Destonificaciones de la capa de acabado

CAUSAS

- Baja resistencia a los agentes atmosféricos.
- Baja resistencia a la contaminación
- Baja resistencia a los rayos ultravioletas.
- Permeabilidad al agua de lluvia.
- No aplicación de la imprimación de fondo
- Error en la aplicación

OBSERVACIONES

Es muy recomendable utilizar siempre una imprimación de fondo para evitar posibles destonificaciones. También es necesario proteger la capa pictórica adecuadamente de la climatología al menos hasta que la capa de acabado haya endurecido adecuadamente, entre 2 y 3 días.

ACTUACIONES POSIBLES

Aplicación de acabado

- Limpieza mediante productos y métodos adecuados
- Aplicar ciclo de acabado pictórico resistente al moho y no absorbente

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

5.7 MORTERO Y REVESTIMIENTO

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Destonificaciones de la capa de acabado



CAUSAS

La causa principal es el espesor excesivo de la capa base en la cabeza de las espigas avellanadas y no rellenas con aislante. Esto también genera pequeños puentes térmicos. Las destonificaciones se podrían haber evitado con una imprimación de fondo específica. También se generan las manchas por ser un revestimiento absorbente.



OBSERVACIONES

Las espigas se deberán dejar enrasadas con el aislante, en el caso de dejarlas avellanadas se tendrán que rellenar con tapones del mismo aislante.



ACTUACIONES POSIBLES

Frente a los puentes térmicos habría que retirar aislante y rellenar las espigas con tapones

Frente a las manchas se podría aplicar una imprimación un revestimiento no absorbente.

FICHA	PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR
5.8	MORTERO Y REVESTIMIENTO

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



Destonificaciones de la capa de acabado

CAUSAS

La causa es la existencia de adhesivo en las juntas de los paneles.



OBSERVACIONES

Cuando se coloquen las placas de aislante estas deben ir puestas de forma que se evite la entrada de adhesivo en las juntas. No se debe colocar adhesivo en las esquinas ni en los bordes de la superficie del panel para evitar este error.



ACTUACIONES POSIBLES

Aplicación de acabado

- Limpieza mediante productos y métodos adecuados
- Aplicar ciclo de acabado pictórico, previa imprimación, resistente al moho y no absorbente

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

6.1 HUMEDADES

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



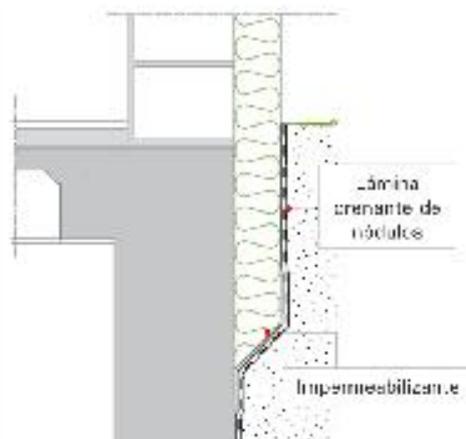
Humedad de remonte.

CAUSAS

La causa principal es la de haber colocado directamente sobre el terreno el aislante sin protegerlo de la humedad mediante sistemas concretos.

OBSERVACIONES

La base o zócalo del SATE puede ser realizado con XPS para evitar el remonte. Al ser un azona de salpicaduras, el acabado tiene que ser hidrorrepelente. Si se introduce en el terreno debe protegerse con lámina impermeable.



ACTUACIONES POSIBLES

Realizar un corte a 20 cm. del suelo y actual según ETAG 004

FICHA	PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR
6.2	HUMEDADES

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

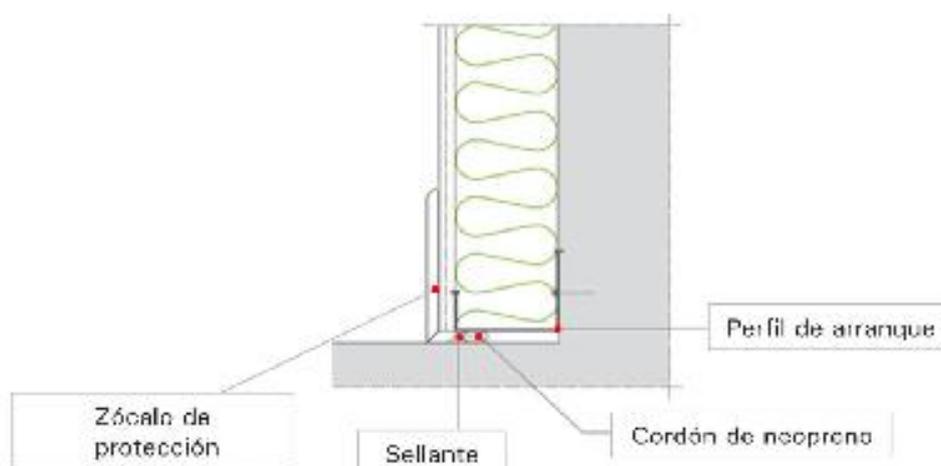
Humedad de micro-remonte.

**CAUSAS**

La causa principal es la estar el SATE descansando sobre una superficie horizontal donde suerme el agua y permite una micro-capilaridad.

OBSERVACIONES

Para encuentros en horizontal donde pueda dormir el agua hay que independizar el SATE de dicha superficie mediante sellantes y neopreno.

**ACTUACIONES POSIBLES**

Realizar la solución del detalle superior.

FICHA PATOLOGÍA EN SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERIOR

6.3 HUMEDADES

DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA



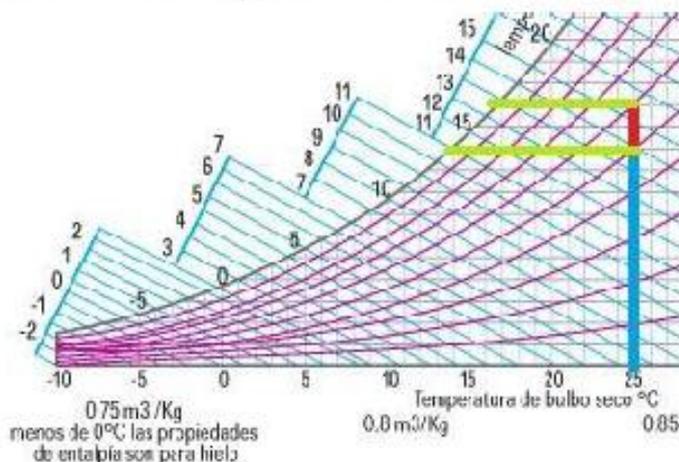
Humedad de condensación superficial en el interior después de la ejecución de un SATE.

CAUSAS

En este caso, al contrario de lo que cabría pensar, la causa de la condensación es la ejecución del un SATE no transpirable y la deficiente ventilación existente.

OBSERVACIONES

Al instalar un SATE se aumenta la temperatura de superficie interior pero se puede producir un efecto colateral, un aumento de la hermeticidad de la vivienda. Es decir, al hacer un SATE el la cantidad de vapor de agua en el aire interior de la vivienda deja de ser el que era y aumenta, cuyo punto de rocío es superior al que teníamos antes. El punto de rocío es una propiedad específica de cada aire, por lo que en el momento en que cambia el aire, con él cambia también el punto de rocío. P. ej.: una vivienda donde la temperatura superficial es de 10° y el punto de rocío está en 14°. Al hacer un SATE amentamos la t mperatura a 15° pero es posible que el punto de rocío aumente a 16° y por lo tanto no se ha solucionado el problema.



ACTUACIONES POSIBLES

Regenerar el aire interior creando una ventilación con recuperadores de calor

ANEXO H: CHECK LIST, PUNTOS DE INSPECCIÓN

Este listado es para ser utilizado durante la preparación de la obra de construcción y las etapas de trabajos asociados.

Cada listado se debe trabajar antes de llevar a cabo la etapa de trabajo de la que trate.

1. FÁBRICA – NUEVOS EDIFICIOS/EDIFICIOS ANTIGUOS (CONDICIONES EXISTENTES)

1.1. Calidad del soporte

- Suciedad
- Naturaleza de la pared (hormigón, ladrillo,...)
- Fábrica mixta
- Juntas de mortero abiertas a lo largo
- Irregularidades pronunciadas (forjados y dinteles salientes)
- Capa estable de la pared
- Capa inestable de la pared
- Superficies de pared pintadas
- Superficies de pared sin pintar
- Cavidades
- Superficies inconsistentes y arenosas
- Imprimación entre la capa de revoco y la pintura
- Nivelar y aplomar la pared vertical

1.2. Grietas

- Grietas de asentamiento
- Grietas de cortante
- Grietas de edificación antigua

1.3. Eflorescencias

- Sales

1.4. Microorganismos

- Algas
- Hongos
- Otras organismos

1.5. Humedad

- Aumento de vapor
- Penetración en las paredes a través de grietas
- Juntas selladas defectuosas
- Coronaciones faltantes o deterioradas

1.6. Encuentros

- Con tierra
- Superficies no aisladas
- Otros elementos constructivos
- A la base
- Balcones, galerías y patios
- El aislamiento de puertas y ventanas que puedan aparecer
- Puertas, ventanas y guías de persiana
- Juntas de construcción
- Alféizares de ventanas
- Superposición adecuada (cornisa / alféizar de la ventana)
- Cajas de luz, pancartas, toldos
- Instalaciones eléctricas
- Rejillas de ventilación
- Señalización, números de policía
- Canalizaciones de gas, agua
- Fijaciones de toldos, lavadoras secadoras, etc.
- Antenas parabólicas
- Superposición adecuada del antepecho / cornisa de la ventana
- Elementos de tubería, barandillas, etc. que deben integrarse
- Bajantes, pararrayos,
- Tomas de agua
- Luminarias, farolas, interruptores, enchufes
- Medios publicitarios
- Buzones, telefonillos
- Señalización

2. SOPORTE – NUEVOS EDIFICIOS/EDIFICIOS ANTIGUOS (CONDICIONES EXISTENTES)**2.1. Preparación**

- Eliminar la suciedad, las algas y el musgo
- Eliminar residuos de aceite de desencofrante / piel sinterizada
- Eliminar los residuos de mortero
- Sellar juntas de mortero abierto
- Crear superficies verticales niveladas y verticales
- Permitir que los materiales de construcción de pared sequen
- Eliminar / retocar cualquier recubrimiento de pintura / revoco que se desprenda
- Rellenar cualquier irregularidad

2.2. Imprimación

- Consolidación de superficies inconsistentes / arenosas
- De acuerdo con las especificaciones del fabricante

2.3. Conexiones

- Ejecutar según las especificaciones
- Coordinación preliminar de los trabajos con los proveedores.

3. PRERREQUISITOS / SECUENCIA DE TRABAJOS

3.1. Preparación

- Distancia de andamios a la pared
- Perforar / sellar perforaciones para anclaje de andamios
- Protección / trabajo de cobertura
- Suministro: electricidad / agua
- Teléfono / baños
- Eliminación: residuos / aguas residuales / inodoros
- Instalación y aseguramiento del lugar de trabajo

3.2. Equipos

- Taladro / batidor
- Maquinaria de mezcla y transporte
- Herramienta de corte
- Herramientas generales

3.3. Material

- Disponer los productos según las especificaciones
- Comprobar todos los componentes para la compatibilidad del sistema (incluidos los accesorios)
- Unir los accesorios de SATE al grosor del panel, p. conexión de base, anclajes,
- Espaciadores, etc.
- Almacenar todos los componentes de acuerdo con las regulaciones
- Eliminación de restos de materiales / contenedores

4. ADHESIÓN / ANCLAJE

4.1. Perfil de arranque

- Asegurar la instalación enrasada
- Proteger el borde inferior del panel de aislamiento utilizando el perfil de la base o proteger el borde al doblar sobre la fábrica
- Evite golpear paneles y rieles, inserte piezas de conexión, fijación adecuada en el área de unión

4.2. Adhesión

- Cordón perimetral y puntos
- Unión de superficie completa en sustrato adecuado
- Aplicar adhesivo para lograr una unión óptima, también en las esquinas
- Evitar que rebose en las esquinas de las aberturas
- Juntar a tope, apretar y eliminar el mortero sobrante
- Poner a plomo y nivelar

4.3. Anclaje

- Selección de anclaje adecuado (prueba de arranque)
- Selección de la herramienta según el tipo de anclaje
- Patrón de anclaje
- Definir las zonas periféricas de acuerdo con las especificaciones del proyectista
- Corregir después de que el adhesivo haya endurecido
- Número, disposición y profundidad de anclaje de las espigas según el fabricante
- Especificaciones y requisitos legales
- Colocar los anclajes enrasados
- Opcional: avellanar anclajes y sellos con material aislante
- comprobar los anclajes para una fijación sólida

4.4. Fijación del perfil de arranque.

- Instalar los perfiles horizontalmente y a plomo
- Anclaje de acuerdo con la prueba de estabilidad estructural
- Conectar espaciadores sólidamente al anclaje
- Formar esquinas y conexiones de acuerdo con las especificaciones del fabricante (ventanas, puertas, etc.)
- Aplique adhesivo adicional a los paneles aislantes antes de colocarlo en el perfil

4.5. Protección contra incendios

- Seleccionar productos / sistemas adecuados
- Posicionar de las medidas de protección contra incendios de acuerdo con las especificaciones del proyectista (sellado de dintel / sello periférico)

5. TRABAJOS SUPLEMENTARIOS

5.1. Juntas de movimiento

- Siempre se debe incorporar en el sistema
- Tipo y el dimensionamiento de las juntas según las especificaciones del proyectista

5.2. Conexiones a otros componentes de construcción

- La conexión debe ser resistente a la lluvia torrencial. Seguir las instrucciones del fabricante
- Variantes de ejecución
- Tira de juntas precomprimida
- Tiras de conexión con malla integrada
- Formar conexión a las superficies ventiladas del techo de acuerdo con las especificaciones

5.3. Superficie del panel

- Eliminar la suciedad
- Asegurar la superficie plana de los paneles
- Lijar salientes, esquinas y bordes
- Eliminar todo el polvo de lijado
- Sellar las juntas del panel abierto con material de aislamiento o espuma de acuerdo con las especificaciones del fabricante
- Lijar la superficie de poliestireno amarillenta por culpa de la exposición a los rayos UV y elimine el polvo de lijado

5.4. Protecciones de esquina y bordes

- Poner a plomo y nivelar

5.5. Incremento de la resistencia al impacto

- Embeber la malla en la capa base antes del refuerzo principal
- Colocar la malla de refuerzo sin superposición entre ella
- Si se colocan dos mallas de fibra de vidrio, hay que garantizar que las superposiciones se compensen.

6. CAPA DE ACABADO

6.1. Soporte (Capa Base)

- Solo aplicar más capas después de que la capa base se haya secado / endurecido lo suficiente
- La capa de base mineral debe haberse secado / endurecido para igualar la ligereza
- La capa base unida a la emulsión debe secarse / endurecer uniformemente

6.2. Capa de acabado con imprimación y revestimiento coloreado

- Aplicar la capa de imprimación del mismo color que la capa final de acuerdo con las instrucciones del fabricante
- Aplicar capas finales de los diferentes tipos de acabado de acuerdo con las reglas generales y las instrucciones del fabricante
- Trabajar fresco sobre fresco con suficiente personal para evitar las marcas de empalmes
- Trabajar de manera uniforme
- No trabajar con radiación solar extrema ni con los fuertes vientos (red de protección de andamios)
- Prestar atención a las condiciones climáticas (lluvia, niebla, condensación)
- Preste atención al secado retardado por la alta humedad relativa
- Temperatura mínima del aire y del soporte: + 5 ° C
- Usar solo el mismo lote de entrega para la aplicación y el secado de cada paño
- Proceder a aplicar la pintura / colores de equalización de acuerdo con las instrucciones del fabricante

6.3. Revestimientos especiales

- Ejemplo: ladrillos de cara plana: ver las instrucciones del fabricante