

FACHADAS DE LADRILLO VISTO DEL SIGLO XX

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

SARA MARTÍNEZ GARMILLA



Universidad de Valladolid

TUTORA: Dra. María Soledad Camino Olea

TRABAJO FIN DE GRADO Grado en Fundamentos de la Arquitectura

RESUMEN:

Análisis comparativo de diferentes propuestas de rehabilitación energética de fachadas de ladrillo visto del siglo XX, en edificios de viviendas en la ciudad de Valladolid.

Para su realización se ha seleccionado un número de edificios, los cuales han sido agrupados en cinco tipos, en función su contexto histórico y de su sistema constructivo. Posteriormente y según los parámetros establecidos en el Documento Básico HE 1 del Código Técnico de la Edificación, se han realizado cálculos energéticos para cada uno de los cinco tipos, obteniéndose los valores de transmitancia y comprobándose la presencia de condensaciones y puentes térmicos.

Finalmente, se han comparado estos valores, con el objetivo de encontrar las propuestas más adecuadas para cada tipología de fachada.

ABSTRACT:

Comparative analysis of different proposals for energetic rehabilitation of brick facades of the twentieth century in residential buildings in the city of Valladolid.

Firstly, a number of buildings have been selected and classified in five types, regarding their historic context and their constructive systems. Secondly, some energetic calculations have been made, for each of the five types, following the parameters established in the Basic Document HE 1 of the Technical Building Code, in order to obtain the transmittance values and check the presence of condensation and thermal bridges.

Finally, the results have been compared these with the aim of finding the most suitable proposal for each type of façade.

PALABRAS CLAVE:

Arquitectura, Fachada, Ladrillo, Rehabilitación energética, Siglo XX.

KEY WORD:

Architecture, Facade, Brick, Energy rehabilitation, Twentieth Century.

INDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	2
I.I INTRODUCCIÓN	2
I.II OBJETIVOS DEL TRABAJO	3
I.III METODOLOGÍA.....	3
CAPÍTULO II ANTECEDENTES	4
II.I MARCO HISTÓRICO.....	4
II.II MATERIALES	6
II.III NORMATIVA	9
CAPÍTULO III CLASIFICACIÓN	11
III.I CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FACHADAS	11
CAPÍTULO IV PROPUESTAS	24
IV.I PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN	24
CAPÍTULO V COMPARATIVA	29
V.I COMPARATIVA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN	29
V.II CONCLUSIONES.....	40
CAPÍTULO VI P. TÉRMICOS	43
VI.I PUENTES TÉRMICOS.....	43
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES	50
VII.I CONCLUSIONES.....	50
VII.II BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS	61

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I.1 INTRODUCCIÓN

Las ciudades que conocemos actualmente como grandes metrópolis, ciudades medianas o pequeños pueblos, nacieron de núcleos urbanos creados en diversos momentos de su variada y rica historia. Siendo estos considerados como los cascos históricos de las mismas, formando parte importante y vital de su patrimonio.

El crecimiento posterior de estas metrópolis está basado en el sistema extensivo; el cual produce un consumo de recursos (energéticos, de superficie, urbanización e infraestructuras), así como una contaminación atmosférica y una pérdida de su valor urbano desde el punto de vista social.

En el parque urbano español, edificado a lo largo de la historia, nos encontramos con más de 25,2 millones de viviendas, que representa un 85,4% de la superficie total construida (1). En su gran mayoría, los edificios residenciales se encuentran en un alto estado de deterioro, siendo su edad media de 35 años, sin mantenimiento ni inspecciones técnicas y con una insuficiencia energética considerable.

Relativo a la eficiencia energética de los edificios, se indica según la Directiva 2010/31/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010; que los edificios de la UE son responsables del 40% del consumo total de energía y del 36% de emisiones de CO₂ (2). Por este motivo es necesario establecer unos objetivos vinculantes para la renovación del parque urbano ya edificado y contribuir de forma significativa al objetivo comunitario de ahorro de 20% en 2020, establecidos en los objetivos 20-20-20.

Actualmente España se encuentra en una situación singular, una crisis económica que dificulta la obtención del crédito, una crisis en el sector de la construcción, un incremento del precio de la factura energética resultado de la dependencia nacional, añadido a la responsabilidad ambiental y compromiso internacional que debemos cumplir, obliga a la actuación en el parque urbano existente.

El Parque urbano que nos encontramos está compuesto por viviendas tradicionales, en las que sus instalaciones son incapaces de satisfacer la cantidad mínima de energía para las necesidades básicas de los usuarios, como mantener la vivienda en unas condiciones de climatización adecuadas para su salud.

Parte de estas instalaciones se encuentran en la envolvente del edificio cuyo papel en la eficiencia energética podemos definirla como una “barrera” entre el exterior y el interior, donde al igual que nuestra piel debe tener un aislamiento justo y necesario para que esa característica sea beneficiosa y no perjudicial (3).

1_Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo; Ministerio de Fomento. (Abril 2014). Observatorio de vivienda y suelo, Boletín Especial Censo 2011 Parque edificatorio, de Ministerio de Fomento, Sitio web: <<http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BAW021>> (29/06/2015)

2_ El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. (Junio 2010). DIRECTIVA 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), del BOE, Sitio web: <<http://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>> (29/06/2015)

3_Centro de convenciones Mapfre Madrid. (2012/2013). Evaluación de la sostenibilidad en la rehabilitación de envolventes, del Congreso E4R; casos prácticos de rehabilitación energética de edificios, Sitio web: < <http://www.e4rproject.eu>> (18/05/2015)

I.II OBJETIVOS DEL TRABAJO

Para actuar en la edificación existente se realizara un análisis de las fachadas de ladrillo cara vista que se han ejecutado a lo largo del siglo XX, centrando el estudio en edificios de viviendas de la ciudad de Valladolid, alcanzando la mejor solución energética, y así definir la propuesta más aislante para los distintos tipos de fachada, para conseguir este objetivo se va a seguir los siguientes pasos:

- > Clasificar unas tipologías de fachada, desde el punto de vista de la construcción de la época, en todo el siglo XX.
- > Estudiar las soluciones que se están aplicando actualmente para la rehabilitación de edificios.
- > Realizar un estudio comparativo en relación al ahorro de energía, proponiendo las mejores soluciones aplicadas a cada fachada.

I.III METODOLOGÍA

Para comenzar se realizará una toma de datos de los edificios existentes de fachada de ladrillo visto pertenecientes al siglo XX, debido a su gran densidad se concretará un área que se pueda abarcar, en este caso se escogerá la ciudad de Valladolid, debido a su cercanía y accesibilidad a la documentación.

Se tendrán que definir dos aspectos: los edificios y la normativa. Para el primer se recogerá toda la documentación de dichos edificios, necesitando definir unas etapas históricas dentro del siglo XX, coincidentes con la diversidad de sistemas constructivos. Teniendo la información de todos los edificios de Valladolid definidos en las distintas etapas, se clasificarán unos grupos caracterizados por la similitud constructiva.

En cuanto a la normativa se estudiarán los reglamentos de ámbito nacional que les afectan; el real decreto y el código técnico de la edificación (en cuanto al ahorro energético). Los parámetros exigidos varían según su localización, habiendo concretado la zona, obtendremos todos los valores a tener en cuenta para realizar los cálculos determinantes a la hora de obtener el resultado.

Finalizando y obteniendo los datos requeridos, se analizarán y clasificarán, para poder estudiar el comportamiento desde el punto de vista energético del estado actual de las tipologías de fachada. Obteniendo en su gran mayoría un requerimiento de mejora necesitando de una rehabilitación.

Para concluir se propondrá la solución más favorable para cada tipo de fachada, tras el análisis de las distintas propuestas que se están destinando actualmente en la rehabilitación y su aplicación en cada una de ellas.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

FIG 1_Plano de Valladolid en 1879.

<https://alfonsopinel.wordpress.com/tag/planos-antiguos-madrid/>



4_ArteHistoria. (Diciembre 2005). Valladolid, de ArteHistoria, Sitio web: <<http://www.artehistoria.com/v2/lugares/241.htm>> (01/07/2015)

5_CIVITATIS. (Julio 2000). Historia de Valladolid, de CIVITATIS, Sitio web: <<http://www.valladolid.com/historia>> (01/07/2015)

6_Foros castilla, Breve historia del Valladolid industrial y comercial, Sitio web: <<http://foroscastilla.org/foros/index.php?topic=15353.0;wap2>> (04/07/2015)

II.1 MARCO HISTÓRICO

A pesar de que se encuentran asentamientos anteriores, Valladolid empezó a ser un núcleo de población en la Edad Media, aunque no fue hasta la llegada del Conde Ansúrez, que “impulsó su desarrollo en base a los privilegios y franquicias concedidos por los reyes de León y de Castilla” (4).

Durante la guerra con los moriscos, su economía se centraba en la agricultura y ganadería, destacando la vinícola y cría de ganado lanar y anejo. Favorecido por los monarcas nació el comercio Vallisoletano, convirtiéndose esta ciudad en “el centro cultural de Castilla” (5).

Hacia 1497 se empezaron a forjar los gremios y la instauración de la imprenta durante el reinado de los Reyes Católicos. Posteriormente tras sufrir la economía Vallisoletana un paralización debido al decreto del Rey Felipe III de la expulsión de los moriscos, la traslación de las cortes a Madrid y la importancia que se le dio a los géneros extranjeros, se alcanzó el mayor apogeo de las fábricas de lana en el siglo XVIII.

En el SXIX avanza un crecimiento en las fábricas de harinas que existían desde tiempos inmemoriales cerca del puente mayor, y posteriormente aparecerán las fábricas de papel y la gran construcción en comunicación de este siglo, el canal de castilla.

En el primer tercio del siglo XX, se manifiestan los efectos de la modernización principalmente en lo referente a las demandas de la población en cuanto a los servicios y oferta cultural que van a tener que satisfacer y servirse de ellos.

“En cuanto a la estructura y composición social se observa el paso de una sociedad estamental y rural a una sociedad de clases urbana y con un papel destacando la actividad industrial y financiera, paralelamente se observa la aparición de las clases medias urbanas y del proletariado industrial” (6).

La industria Vallisoletana conoce un periodo de diversificación en lo referente a sus actividades, apareciendo nuevas industrias vinculadas al crecimiento urbano; la gran tejería de Eloy Silió, la de azúcar, la de hielo artificial, luz eléctrica, pan, cervezas, calzado, cerillas, ladrillo. Son fábricas cuyos productos han obtenido recompensas en las Exposiciones Públicas de las ferias anuales llevadas a cabo en Valladolid.

En la guerra civil, Valladolid, fue uno de los 12 centros del levantamiento militar, que desde 1931 presidía la república, la cual tuvo enemigos que no dejaron de conspirar contra ella para derribarla, hecho que consiguieron con la sublevación de

1936 con el general Saliquet. Durante esta sangrienta batalla hubo una gran pérdida de patrimonio cultural, principalmente por el bombardeo republicano.

Se produjo posteriormente un gran crecimiento demográfico y urbanístico gracias al potente desarrollo industrial en torno a la fabricación de automóviles. Se instalaron grandes fábricas como “Nicas en 1939, Fada, Endasa, Tafisa, y sobre todo Fasa Renault en 1953, Sava en 1957 y Michelin 1973” (7).

Este fuerte desarrollo a mitad de siglo ocasionó la mayor pérdida de patrimonio urbano debido a la destrucción de edificios antiguos, conventos e incluso palacio de época para la construcción de bloques residenciales. Los cuales representan ejemplos de la gran evolución en la construcción con fábrica y la instauración de los nuevos materiales como el hormigón.

En los 60 los cerramientos eran muy gruesos de un pie de ladrillo cara vista debido a que los pórticos eran demasiado rígidos. Hacia los 70 se empezó a ocultar la estructura quedando embebida y apoyando la hoja de ladrillo $\frac{3}{4}$ sobre el pórtico. Por último entre los 80 y 90, se introdujo en mayor medida el acero y se ha empezado a disgregar el cerramiento en varias capas, empleándose fachadas de dos hojas de fábrica (8).

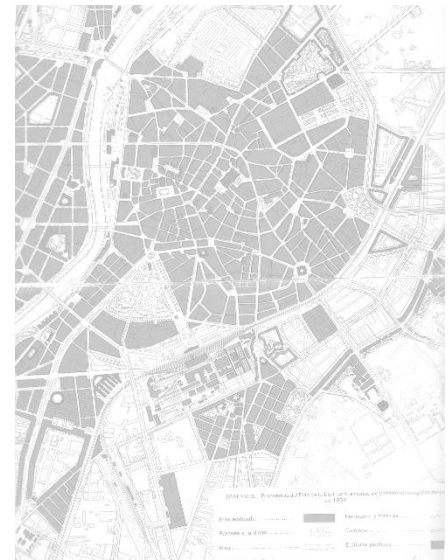
Por medio del resumen realizado de la historia de Valladolid centrándose en el sistema económico, y con la ayuda de la Tesis del Doctor Jacinto Orcajo Picón, se realizara una clasificación temporal del siglo XX (9).

Las épocas a distinguir quedan definidas por los principales sucesos marcados en este siglo, en el primer tercio de siglo la guerra civil española, a finales de siglo el gran desarrollo industrial.

En resumen, en la primera época, hasta la guerra civil, se construye con cerramientos muy gruesos, donde la fachada es muro de carga, en la segunda época entre la guerra y la industrialización, se empezó a separar la estructura quedando embebida en el cerramiento y en la tercera época durante la industrialización, se disgrega por completo la estructura y el cerramiento queda compuesto por diversas capas.

Tras el estudio de las edificaciones existentes construidas en sus épocas correspondientes, clasificamos las distintas tipologías de fachadas. Definiendo 5 tipos, la primera tipología está compuesta por un muro de carga de 2 satas de ladrillo, el siguiente tipo se reduce a 1 asta y media a la que se le añade una cámara de aire y un tabique de ladrillo hueco sencillo, la tercera de reduce la capa de fábrica exterior a un asta, siguiendo en el cuarto tipo su reducción a media asta y por último el 5 tipo se le añade una capa de mortero hidrófugo y se le coloca aislamiento en la cámara de aire.

FIG 2_Plano de Valladolid en 1939.
<https://alfonsopinell.wordpress.com/tag/planos-antiguos-madrid/>



7_ ALMUIÑA FERNÁNDEZ, Celso. Empresarios y empresariales, La “Burguesía Harinera” castellana: un “nuevo” tipo de empresario, en Anales de estudios económicos y empresariales nº 4 (1986).

8_ M^a ADELL, Josep; VEGA, Sergio. (2005). La fachada contemporánea con ladrillo: cerramiento tipo. En Informes de Construcción, Vol. 56, nº 495.

9_ ORCAJO PICÓN, Jacinto. (2014). Tesis Doctoral, La evolución de las lesiones en las fachadas de ladrillo visto y su relación con los cambios en los sistemas constructivos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura: Universidad de Valladolid.

II.II MATERIALES

Las pequeñas tejedorías existentes eran; “Camara” (Tudela), “La Arcillera” (plaza circular), “La Cerámica del Duero” (zaratán), Atienza entre otras, aunque las más importantes y las que posteriormente desbancaron a las anteriores por su gran producción industrializada son “La Cerámica de Silió” y “La Progresiva de Castilla”, que se unieron creando “La Cerámica” (10).

Con la existencia de todas estas industrias se logró la fabricación masiva de ladrillos, que unido a arquitectos dispuestos a usarlos y el movimiento ecléctico de la época, se construyó una gran cantidad de tejido urbano. Dentro de todos los ejemplos existentes, se observa una evolución variada en todos los aspectos, tanto constructivos, como en material y su disposición (11).

SISTEMA CONSTRUCTIVO

Desde antes de este siglo se ha usado en la construcción los muros resistentes de fábrica vista, consiguiendo complejos elementos ornamentales que se reflejan en su aparejo. Posteriormente cobra más importancia la ornamentación que provoca la disminución la capacidad portante del muro, acabando por convertirse en un revestimiento del muro.

Durante este siglo se empieza a construir los edificios con estructuras porticadas de hormigón armado, dejando a un lado las estructuras de madera y consiguiendo un sistema mucho más económico que permite la construcción en altura. Unido esto a la construcción en fábrica, se genera una transformación por lo que pasan a ser muros portantes de ladrillo con estructuras verticales de hormigón a estructuras verticales y horizontales de hormigón en las cuales se confina y encaja el muro de ladrillo (12).

10_La Cisternigacuestas. Las Fábricas de Tejas y Ladrillo, de Jafmon Sitio web: <<http://lacisternigajafmon.blogspot.com.es/p/1-las-fabricas-de-tejas-y-ladrillos-en.html>> (10/07/2015)

11_M. A. RODRÍGUEZ ESTEBAN, M. S. CAMINO OLEA, M. P. SÁEZ PEREZ. (2014). El Ladrillo en la Arquitectura Ecléctica y modernista de la ciudad de Zamora: análisis de los tipos, los aparejos y la ejecución de los muros. En Informes de la Construcción, Vol. 66, nº 535.

12_CAMINO OLEA, María Soledad. (2001). Tesis Doctoral, Construcción y Ornamentación de las fachadas de ladrillo prensado, al descubierto, en la ciudad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura: Universidad de Valladolid.

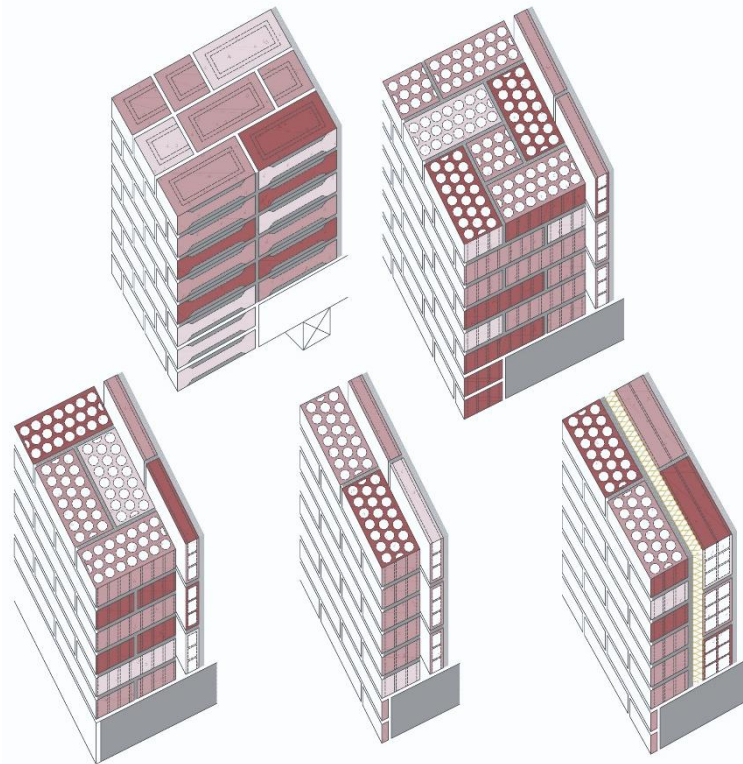


FIG 3 _Procesos de vinculación entre el cerramiento y la estructura

TIPOS DE LADRILLO

Las tejas industriales fabricaban varios tipos de ladrillos, el ladrillo mecánico por extrusión, llamado ordinario, y el prensado que se dejaba visto, denominado de revestimiento o fino. Por su denominación se entiende su proceso de elaboración muy distintas entre sí, el primero de ellos, de extrusión, facilita la fabricación en serie, mientras que el segundo por estampado tienen mejor acabado. Posteriormente la fabricación de ladrillos se centró en una de las dos vertientes, la extrusión se convirtió en el proceso principal de elaboración de este producto (11).

El proceso industrial fue muy valorado permitiendo el diseño de nuevos formatos de ladrillo para conseguir una mejor adherencia con el mortero. Dieron lugar a ladrillos con tablas acanaladas o estriadas que crearon una imagen distinta respecto a las testas dejadas al descubierto, por medio de tratamientos de mejora en la calidad de las zonas dejadas vistas y las juntas de mortero (12).

El *Ladrillo Prensado* se componía de arcillas escogidas y arenas muy finas, con una buena cocción se obtenía una piezas de homogeneidad cromática. Además gracias a su proceso de fabricación, el prensado, se conseguía una mayor compacidad y resistencia a los agentes ambientales que inducía a su colocación en la cara vista.

El detalle más característico era la perfección en el moldeado y perfilado de su forma, obteniendo aristas vivas y superficies tersas, que dificultaban la adherencia con el mortero. Para solventar este problema se colocaban dibujos, estrías o cuadrículas en sus planos, favoreciendo la aparición en estas partes de rebajes y estampas labradas de marcas comerciales (12).

Las imágenes inferiores se han recogido de la revista “informes de la construcción”



FIG 4 _Ladrillo de galletera



FIG 5 _Ladrillo prensado

APAREJOS

Los muros del siglo XIX, eran de gran espesor, se ejecutaban por hojas comenzando por los exteriores trabando a tizón, ladrillos enteros y cortados, para la mejor adherencia con el núcleo central, normalmente de trozos de ladrillo. Posteriormente acabarían ejecutando hiladas aparejadas en todo el espesor del muro.

Durante todo el siglo XX los muros de fachada ya no se utilizan como muros portantes y cada vez se ejecutan con menor espesor, manteniendo la hoja exterior de ladrillo visto. Dicha hoja sigue estando aparejada, conteniendo gráficos compuestos por diferencia entre distintas hiladas.

Los aparejos más comunes en esta época en Valladolid según la *Tesis de M^º Soledad Camino Olea (12)* son; de sogá, de tizón, ingles normales, ingles en cruz o belga, flamenco o gótico y otro, el cual se compone por hiladas donde se alternan tres tizones y una sogá.

TAMAÑOS

El ladrillo prensado y de galletera presentaba una relación de caras entre la sogá y el tizón, siendo este último el doble que el primero, pero no fue hasta mediados del siglo XX que se emplean dimensiones más regulares, alcanzando una relación entre todas sus aristas, teniendo en cuenta el espesor de la junta, permitiendo que dentro de todas las caras vistas se puedan aparejar combinando las tres caras del ladrillo.

Las dimensiones de los trabados son diferente según los usos pero según la Tesis Doctoral de M^º Soledad Camino Olea (12), se puede sacar una relación entre las aristas de la misma.

$$\text{Soga} + \text{Junta} = 2 (\text{Tizón} + \text{Junta}) = 4 (\text{grueso} + \text{Junta})$$

En la construcción de muros se emplean las dos tipologías de ladrillo, aunque es el ladrillo fino el que se coloca al exterior por su mejor acabado y su comportamiento. Sus aparejos se combinaban gracias al proceso lento aunque no finalizado de conseguir un formato común de las dimensiones del ladrillo, que rondaban entre 24 y 26 cm de sogá (12). Posteriormente se desarrolla el ladrillo perforado, sucesor de estos ladrillos formados por extrusión, al que se dota de una medida más estandarizada.

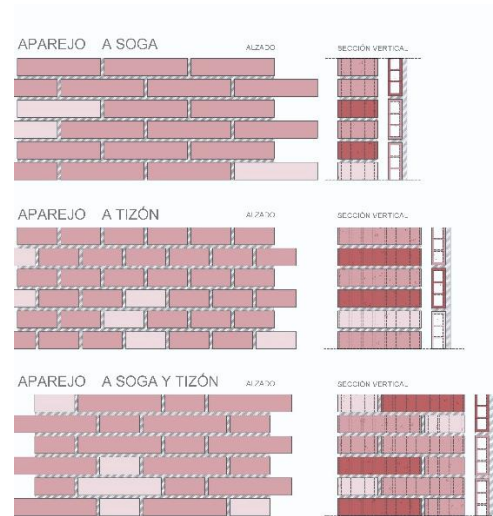


FIG 6 _Aparejos usados en el siglo XX

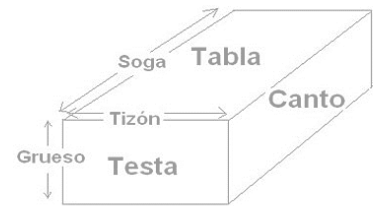


FIG 7 _Nomenclatura de las dimensiones del ladrillo

II.III NORMATIVA

En el siglo XX los procesos precipitados de urbanización y edificación han configurado la realidad actual del patrimonio existente. Dichos procesos no han hecho otra cosa que satisfacer las necesidades básicas de la población. Pero estos edificios no cumplen los parámetros de calidad actuales que cada vez son más exigentes tanto en el sector ambiental, social como económico.

En los espacios habitados se exigen unos compromisos de funcionalidad, economía, armonía y equilibrio ambiental, relevantes para el interés general por el cual es objeto de mejora e innovación.

Actualmente se encuentra en vigor el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el gobierno en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, “instrumento normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones. A través de esta normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren, tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad para las personas con movilidad reducida.” (13).

Esta normativa contribuye al desarrollo en materia de sostenibilidad sobre el plan de acción de la estrategia de ahorro y eficiencia energética, siendo un instrumento medioambiental, como son el Protocolo de Kioto o la Estrategia de Göteborg.

La aprobación del CTE supone una modernización respecto Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE CT-79 “Condiciones térmicas de los edificios”. El cual precedido por el Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, que estableció las normas básicas de edificación, como disposiciones de obligado cumplimiento en el proyecto y la ejecución de los edificios. Esta normativa conformaba un conjunto abierto de distintas disposiciones surgidas de demandas aleatorias de la sociedad, nunca han constituido un conjunto coordinado, hecho que se intenta cambiar con la normativa actual. Esta normativa tiene su origen de la Directiva Europea 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Congreso, de 16 de septiembre, relativa a la eficiencia energética de los edificios, para la homogenización en toda la unión (14).

El Código Técnico de la edificación ordena y completa los reglamentos básicos establecidos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de ordenación de la edificación, el cual ha sufrido posteriores modificaciones en las fechas 31/12/2001, 31/12/2002, 23/12/2009, 27/6/2013, 10/5/2014 (14).

Además de modificaciones de la ley, actualmente se ha legislado mediante un Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, aprobándose el procedimiento básico para la

13_ Ministerio de vivienda. (2006). REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE, 11816, 74, De Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado Base de datos. (12/07/2015)

14_ Ministerio de vivienda. (2006). REAL DECRETO 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. BOE, 27548, 89, De Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado Base de datos. (12/07/2015)

certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción el cual quedo traspuesto mediante una nueva disposición establecida en el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, donde quedan regulados los edificios de nueva construcción y los existentes.

Dentro del Código Técnico de la Edificación existe un apartado que es el Documento Básico HE de ahorro de energía en el cual su primera sección, el HE 1, determina las limitaciones de demanda energética.

“Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.” (15).

Para el cálculo que establece el HE 1, se requieren una serie de datos previos, la zona climática de la localidad en la que se ubica el edificio, descripción geométrica, constructiva y de usos del edificio. Estos valores son fundamentales para el cálculo principal de transmitancia, en la que se obliga a unos valores aunque en el apéndice E se recogen unos valores y porcentajes de la demanda energética respecto del edificio de referencia expuesto en el documento como elementos recomendados.

TABLA 1_Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica (D2)

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

TABLA 2_Transmitancia del elemento, Apéndice E (D2)

Transmitancia del elemento [W/m ² ·K]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U_M	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U_S	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U_C	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

U_M : Transmitancia térmica de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

U_S : Transmitancia térmica de suelos (forjados en contacto con el aire exterior)

U_C : Transmitancia térmica de cubiertas

15_ Ministerio de vivienda. (2013). 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, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. BOE, 67137, 219, De Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado Base de datos. (12/07/2015)

CAPÍTULO III

CLASIFICACIÓN

III.1 CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FACHADAS

Partiendo de los datos comentados con anterioridad, en el capítulo II de antecedentes. Podemos determinar la variedad tipológica de edificaciones que se deben analizar en el trabajo.

Se comenzará recogiendo una extensa documentación de los edificios con fachada de ladrillo visto en el siglo XX, para ello se partirá de la Tesis Doctoral de Jacinto Orcajo Picón (9), cuyo tomo de anexos define dichos edificios con sumo detalle, del cual se recogerá la información perteneciente a la fachada.

La información recogida de cada edificio se puede clasificar según su situación, su documentación gráfica, su descripción general y datos más específicos del edificio; como son su construcción, características del edificio y características de su fachada.

Tras la obtención de toda la información recogida, de gran diversidad y extensión, se sintetiza en una clasificación más específica. Para ello se ha clasificado en 5 tipologías de fachada, resultado del factor común en cuanto a sistema constructivo, contexto histórico y material se refiere.

Se simplificarán los valores para su mejor proceso de estudio, en los que se definen los 5 tipos mencionados; la primera época incluye el tipo 1 compuesto por una fachada de muro de carga de dos astas de ladrillo. La segunda época abarca los tipos 2, 3 y 4 los cuales se caracterizan por componerse por una capa de fábrica de ladrillo exterior, distinguiéndose entre sí por la disminución de su espesor en cada uno de ellos, una cámara de aire y una capa de ladrillo hueco sencillo. Por último en la tercera época encontramos el 5 tipo, el cual es similar al cuarto tipo pero se le añade una capa de mortero hidrófugo y se rellena su cámara de aire de aislamiento.

El contenido de **LAS FICHAS** que veremos a continuación se clasifica en tres partes. La primera parte consta de una tabla que recoge la información específica de cada tipología; contexto histórico, sistema constructivo, material y ejemplos edificatorios, especificando su localización en una imagen lateral. Incluyendo en la parte inferior un detalle constructivo de la misma, definiendo sus dimensiones. La segunda parte contiene una tabla donde se ha realizado un estudio en función de las justificaciones determinadas en el apartado HE 1 del CTE, obteniendo la transmitancia y la comprobación de la existencia de condensaciones, superficiales e intersticiales, de la situación actual de los tipos.

Todos y cada uno de los valores recogidos en la primera tabla se han obtenido de la tesis doctoral de Jacinto Orcajo Picón (9).

9_ ORCAJO PICÓN, Jacinto. (2014). Tesis Doctoral, La evolución de las lesiones en las fachadas de ladrillo visto y su relación con los cambios en los sistemas constructivos. Escuela Técnica Superior de Arquitectura: Universidad de Valladolid.



FIG 8_Ejemplos de fachadas del Tipo 1.

TIPO 1

CONTEXTO HISTÓRICO	
	Primera época; abarca construcciones de finales del s. XIX y principios del XX, anteriores a la guerra civil española. Entre 1881 al 1923
SISTEMA CONSTRUCTIVO	
TIPO DE FACHADA	Sustentante
ESTRUCTURA	Tiene estructura de madera confinada entre la fachada de dos astas de ladrillo.
COMPOSICIÓN	Una hoja de dos astas de ladrillo macizo
MATERIAL	
TIPO DE LADRILLO	Ladrillo prensado
APAREJO	A tizón
EJEMPLOS	
	Edificio de Viviendas, Plaza de la Fuente dorada nº 8 (1881-1996); Edificio de Viviendas, Calle Mantería nº 9 (1923)

FIG 9_Estudio condensaciones Tipo 1.

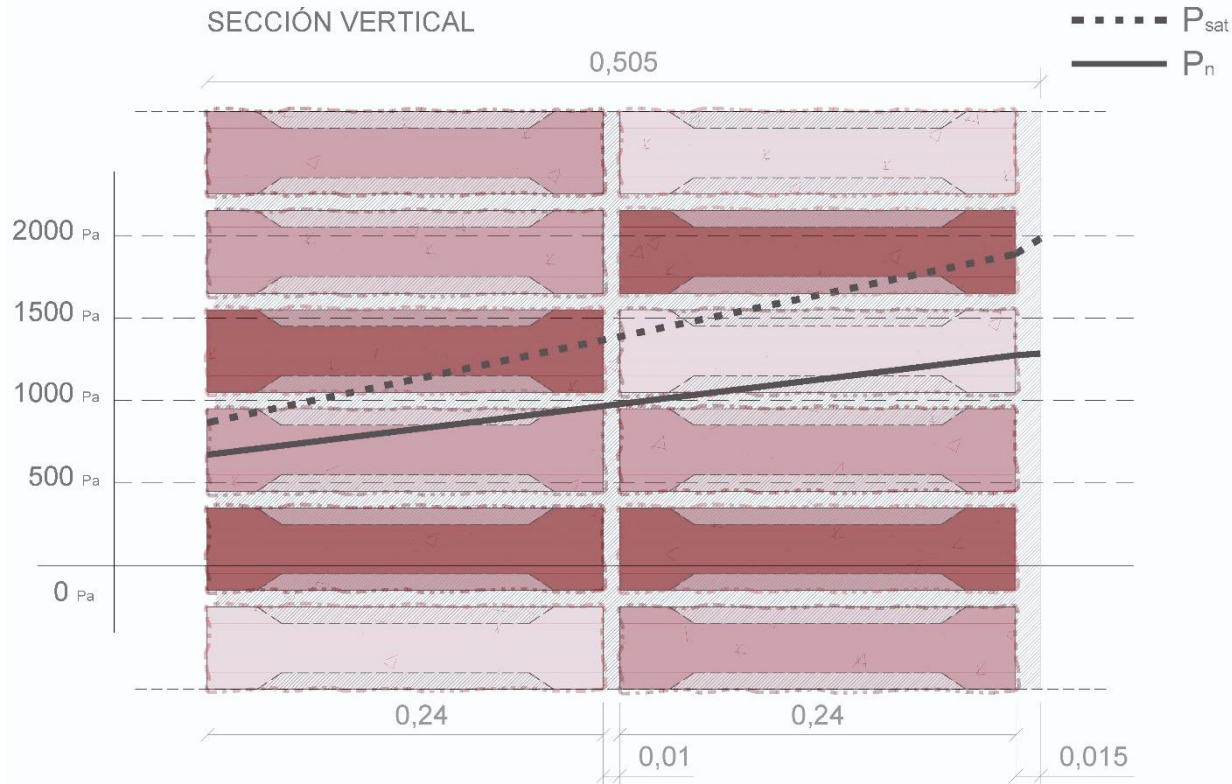


TABLA 3_Análisis de transmitancia y condensaciones del Tipo 1.

ANÁLISIS TIPO 1					
DATOS					
LOCALIDAD	Valladolid				
ZONA CLIMÁTICA	D2				
Temperatura interior	$\theta_i = 20$	$^{\circ}\text{C}$	$Hr_i =$	55%	(Higrometría 3)
Temperatura exterior	$\theta_e = 4,1$	$^{\circ}\text{C}$	$Hr_e =$	82%	
Presión de vapor interior	$P_{vi} = 1285,3$				
Presión de vapor exterior	$P_{ve} = 671,2$				
				Obligatorio	Recomendado
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA	U = 1,276 W/m2.K			<U_{Mlim}: 0,60	<U_M: 0,27
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m².K/W	μ	S_{dn} e_n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
2 astas de ladrillo macizo	0,490	0,85	0,58	10	4,90
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 0,78	S_d =	4,99
CONDENSACIONES SUPERFICIALES	$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$			SI	
Factor temperatura superficie interior	$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$ 0,68				
Factor temperatura superficie exterior	$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e}$ $\theta_{si,min} = \frac{237,31 \log_2 \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}{17,269 - \log_2 \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}$ $P_{sat} = \frac{P_i}{0,8}$			$P_i = \phi_i \cdot 2337$	
	0,63	14,09	1606,69	1285,35	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES	$P_n < P_{sat}$			NO	
ELEMENTOS	$\frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$	θ_n	$\frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$	P_n	$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$
R _{se}	1,20	4,10			819
2 astas de ladrillo macizo	9,65	5,30	603	671	891
guarnecido y enlucido de yeso	1,13	14,96	11	1.274	1.700
R _{si}	3,91	16,09		1.285	1.827
		20,00			



FIG 10_ Ejemplos de fachadas del Tipo 2.

TIPO 2

CONTEXTO HISTÓRICO

Segunda época; abarca construcciones posteriores a la guerra civil y anteriores a la transformación de la industrialización. Alrededor 1955

SISTEMA CONSTRUCTIVO

TIPO DE FACHADA Sustentante

ESTRUCTURA Las estructuras que abarca son muros portantes de ladrillo y estructuras horizontales de forjado de viguetas de hormigón.

COMPOSICIÓN Una hoja de asta y media de ladrillo visto y una tabiquería interior de ladrillo hueco con cámara de aire intermedia.

MATERIAL

TIPO DE LADRILLO Ladrillo de perforado

APAREJO A sogá y tizón

EJEMPLOS

Cuatro de marzo (1955)

FIG 11_ Estudio condensaciones Tipo 2.

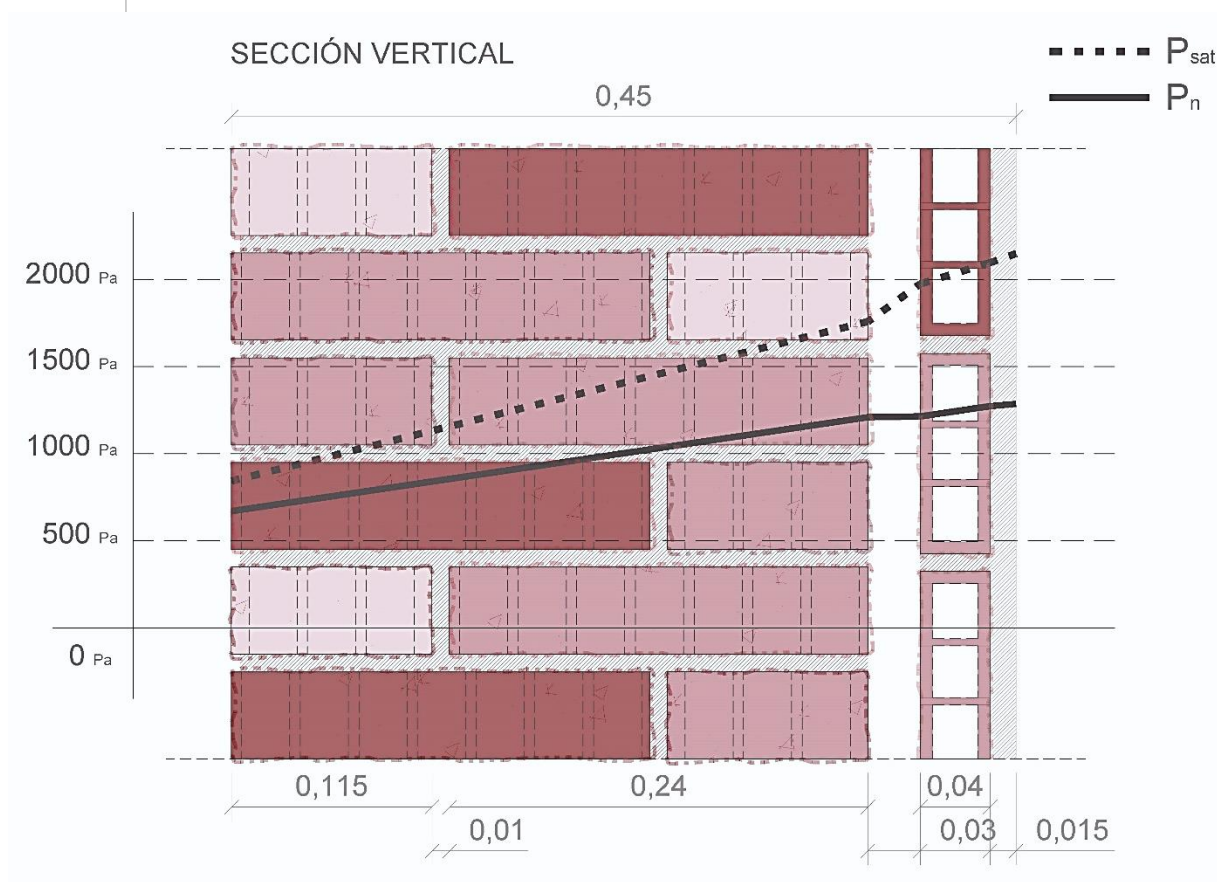


TABLA 4_Análisis de transmitancia y condensaciones del Tipo 2.

ANÁLISIS TIPO 2					
DATOS					
LOCALIDAD	Valladolid				
ZONA CLIMÁTICA	D2				
Temperatura interior	$\theta_i = 20$	$^{\circ}\text{C}$	$H_{ri} =$	55%	(Higrometría 3)
Temperatura exterior	$\theta_e = 4,1$	$^{\circ}\text{C}$	$H_{re} =$	82%	
Presión de vapor interior	$P_{vi} = 1285,3$				
Presión de vapor exterior	$P_{ve} = 671,2$				
				Obligatorio	Recomendado
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA	U = 0,661 W/m2.K			<Ulim: 0,60	<U_M: 0,27
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m².K/W	μ	S_{dn} e_n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
1 1/2 asta de ladrillo perforado	0,365	0,350	1,04	10	4,65
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,030	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 1,51	S_d =	4,17
CONDENSACIONES SUPERFICIALES	$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO		
Factor temperatura superficie interior	$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$				
	0,83				
Factor temperatura superficie exterior	$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e}$		$\theta_{si,min} = \frac{237,3 \log\left(\frac{P_{sat}}{610,5}\right)}{17,269 - \log\left(\frac{P_{sat}}{610,5}\right)}$	$P_{sat} = \frac{P_i}{0,8}$	$P_i = \phi_i \cdot 2337$
	0,63	14,09	1606,69	1285,35	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES	$P_n < P_{sat}$		NO		
ELEMENTOS	$\frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$	θ_n	$\frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$	P_n	$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$
R _{se}	0,42	4,10			819
1 1/2 asta de ladrillo perforado	10,95	4,52	538	671	843
Cámara de aire vertical sin ventilar	1,82	15,47	4	1.209	1.757
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,95	17,29	59	1.213	1.973
guarnecido y enlucido de yeso	0,39	18,24	13	1.272	2.094
R _{si}	1,37	18,63		1.285	2.147
		20,00			

TIPO 3



FIG 12_Ejemplos de fachadas del Tipo 3.

CONTEXTO HISTÓRICO	
	Segunda época; abarca construcciones posteriores a la guerra civil y anteriores a la transformación de la industrialización. Entre 1950 al 1956
SISTEMA CONSTRUCTIVO	
TIPO DE FACHADA	Sustentante
ESTRUCTURA	Las estructuras que abarca son los muros portantes de ladrillo, a los que se les añade en algunos casos pórticos de hormigón interiores y estructuras horizontales de forjado de viguetas de hormigón.
COMPOSICIÓN	Una hoja de un asta de ladrillo visto y una tabiquería interior de ladrillo hueco sencillo con cámara de aire intermedia
MATERIAL	
TIPO DE LADRILLO	Ladrillo perforado
APAREJO	A soga y tizón
EJEMPLOS	
	Solís Ruiz (1950); 1º de Octubre, Las Batallas (1956); Leones de Castilla (1956); Jesús Aramburu, Las Viudas en las Delicias (1956); XXV años de Paz (1956); 18 de Julio, La Rondilla (1956).

FIG 13_Estudio condensaciones Tipo 3.

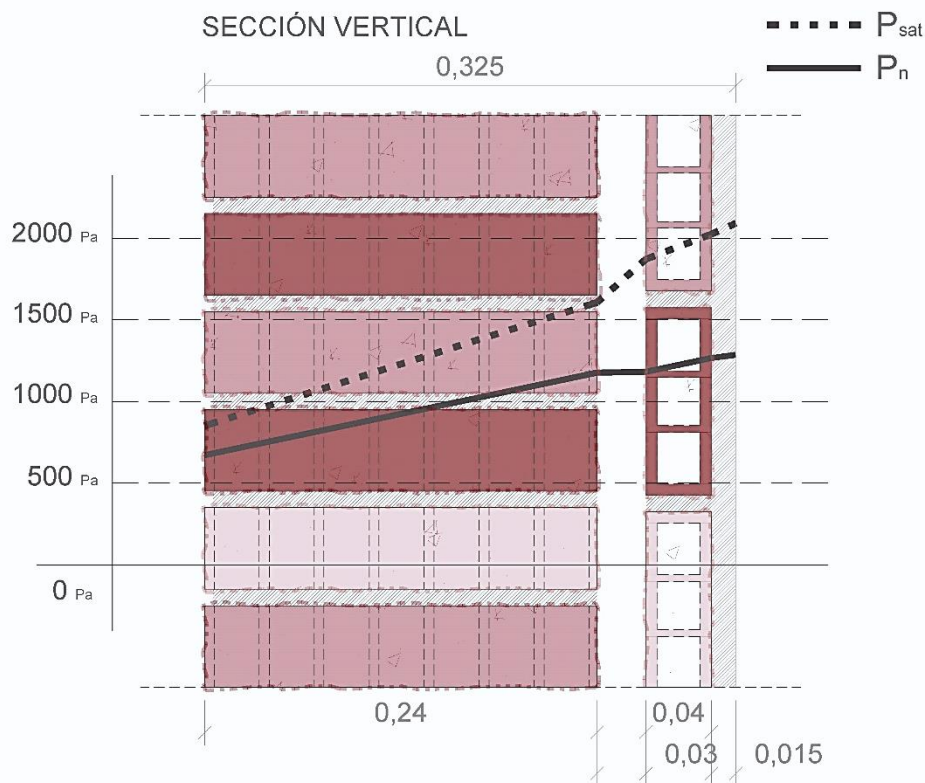


TABLA 5_Análisis de transmitancia y condensaciones del Tipo 3.

ANÁLISIS TIPO 3					
DATOS					
LOCALIDAD	Valladolid				
ZONA CLIMÁTICA	D2				
Temperatura interior	$\theta_i = 20$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{Hr}_i =$	55%	(Higrometría 3)
Temperatura exterior	$\theta_e = 4,1$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{Hr}_e =$	82%	
Presión de vapor interior	$P_{vi} = 1285,3$				
Presión de vapor exterior	$P_{ve} = 671,2$				
				Obligatorio	Recomendado
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA	U = 0,865 W/m2.K			<U_{Mlim}: 0,60	<U_M: 0,27
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
1 asta de ladrillo perforado	0,240	0,35	0,69	10	2,40
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,030	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 1,16	S_d =	2,92
CONDENSACIONES SUPERFICIALES	f_{Rsi} > f_{Rsi,min}		NO		
Factor temperatura superficie interior	f_{Rsi} = 1 - U · 0,25 0,78				
Factor temperatura superficie exterior	$f_{Rsemin} = \frac{\theta_{smin} - \theta_e}{20 - \theta_e}$	$\theta_{smin} = \frac{237,31 \log\left(\frac{P_{sat}}{610,5}\right)}{17,269 - \log\left(\frac{P_{sat}}{610,5}\right)}$	$P_{sat} = \frac{P_i}{0,8}$	P_i = $\phi_i \cdot 2337$	
	0,63	14,09	1606,69	1285,35	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES	P_n < P_{sat}		NO		
ELEMENTOS	$\frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$	θ_n	$\frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$	P_n	$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$
R _{se}	0,55	4,10			819
1 asta de ladrillo perforado	9,43	4,65	505	671	851
Cámara de aire vertical sin ventilar	2,38	14,08	6	1.176	1.606
Tabique de ladrillo hueco sencillo	1,24	16,46	84	1.182	1.871
guarnecido y enlucido de yeso	0,52	17,70	19	1.266	2.024
R _{si}	1,79	18,21		1.285	2.091
		20,00			



FIG 14_Ejemplos de fachadas del Tipo 4.

TIPO 4

CONTEXTO HISTÓRICO

Segunda época y tercera época; abarca construcciones de mediados del siglo XX en adelante, durante todo el proceso de la industrialización. Entre 1950 al 2008

SISTEMA CONSTRUCTIVO

TIPO DE FACHADA Sustentada

ESTRUCTURA La estructura se compone de pórticos de hormigón armado y forjado de viguetas de hormigón

COMPOSICIÓN Una hoja de media asta de ladrillo visto y una tabiquería interior de ladrillo hueco sencillo con cámara de aire intermedia

MATERIAL

TIPO DE LADRILLO Ladrillo perforado

APAREJO A soga y tizón y otros a soga

EJEMPLOS

Solís Ruiz (1950); Cuatro de Marzo (1955); 1º de Octubre, Las Batallas (1956); XXV años de Paz (1956); 18 de Julio, La Rondilla (1956); Huerta del Rey, calle Juan II de Castilla 10, manzana numero 11 (2003);

FIG 15_Estudio condensaciones Tipo 4.

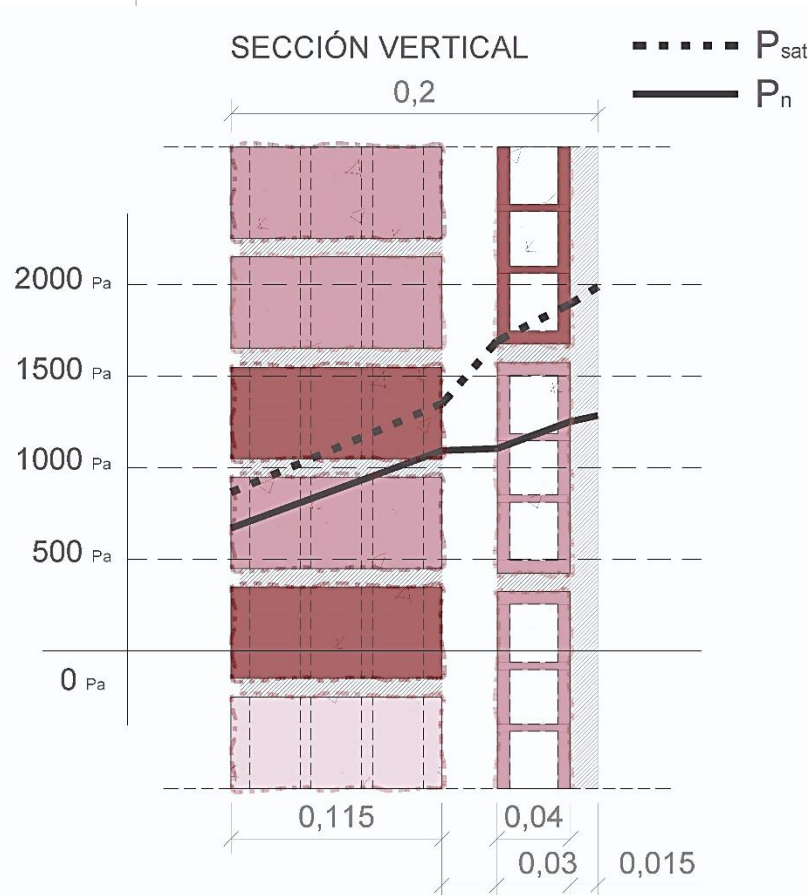


TABLA 6_ Análisis de transmitancia y condensaciones del Tipo 4.

ANÁLISIS TIPO 4					
DATOS					
LOCALIDAD	Valladolid				
ZONA CLIMÁTICA	D2				
Temperatura interior	$\theta_i = 20$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{Hr}_i =$	55%	(Higrometría 3)
Temperatura exterior	$\theta_e = 4,1$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{Hr}_e =$	82%	
Presión de vapor interior	$P_{vi} = 1285,3$				
Presión de vapor exterior	$P_{ve} = 671,2$				
				Obligatorio	Recomendado
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA	U = 1,251 W/m².K			<U_{lim}: 0,60	<U_M: 0,27
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
1/2 asta de ladrillo perforado	0,115	0,35	0,33	10	1,15
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,030	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 0,80	S_d =	1,67
CONDENSACIONES SUPERFICIALES	f_{Rsi} > f_{Rsi,min}		NO		
Factor temperatura superficie interior	f_{Rsi} = 1 - U · 0,25 0,69				
Factor temperatura superficie exterior	$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{st,min} - \theta_e}{20 - \theta_e}$	$\theta_{st,min} = \frac{237,3 \log_2 \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}{17,269 - \log_2 \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}$	$P_{sat} = \frac{P_i}{0,8}$	P_i = $\phi_i \cdot 2337$	
	0,63	14,09	1606,69	1285,35	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES	P_n < P_{sat}		NO		
ELEMENTOS	$\frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$	θ_n	$\frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_o)$	P_n	P_{sat} = 610,5 · e^{$\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}$}
R _{se}	0,80	4,10			819
1/2 asta de ladrillo perforado	6,53	4,90	423	671	866
Cámara de aire vertical sin ventilar	3,45	11,43	11	1.094	1.350
Tabique de ladrillo hueco sencillo	1,79	14,88	147	1.105	1.691
guarnecido y enlucido de yeso	0,75	16,67	33	1.252	1.896
R _{si}	2,59	17,41		1.285	1.988
		20,00			



FIG 16_Ejemplos de fachadas del Tipo 5.

TIPO 5

CONTEXTO HISTÓRICO	
	Tercera época; abarca construcciones de finales del s. XX, en el proceso de la industrialización. Entre 1972 al 1981
SISTEMA CONSTRUCTIVO	
TIPO DE FACHADA	Sustentada
ESTRUCTURA	La estructura se compone de pórticos de hormigón armado y forjado de viguetas de hormigón
COMPOSICIÓN	Una hoja de media asta de ladrillo visto, con capa de aislamiento y una tabiquería interior de ladrillo hueco sencillo
MATERIAL	
TIPO DE LADRILLO	Ladrillo perforado
APAREJO	A sogá
EJEMPLOS	
	Huerta del Rey, José Luis Arrese 5, manzana número 4 (1972); Huerta del Rey, José Luis Arrese 3, manzana número 5 (1972); Huerta de Rey, calle Pio del Río Horteiga 14, manzana numero 8 (1981); Huerta del Rey, calle Gavilla 2, manzana número 10 (1981)

FIG 17_Estudio condensaciones Tipo 5.

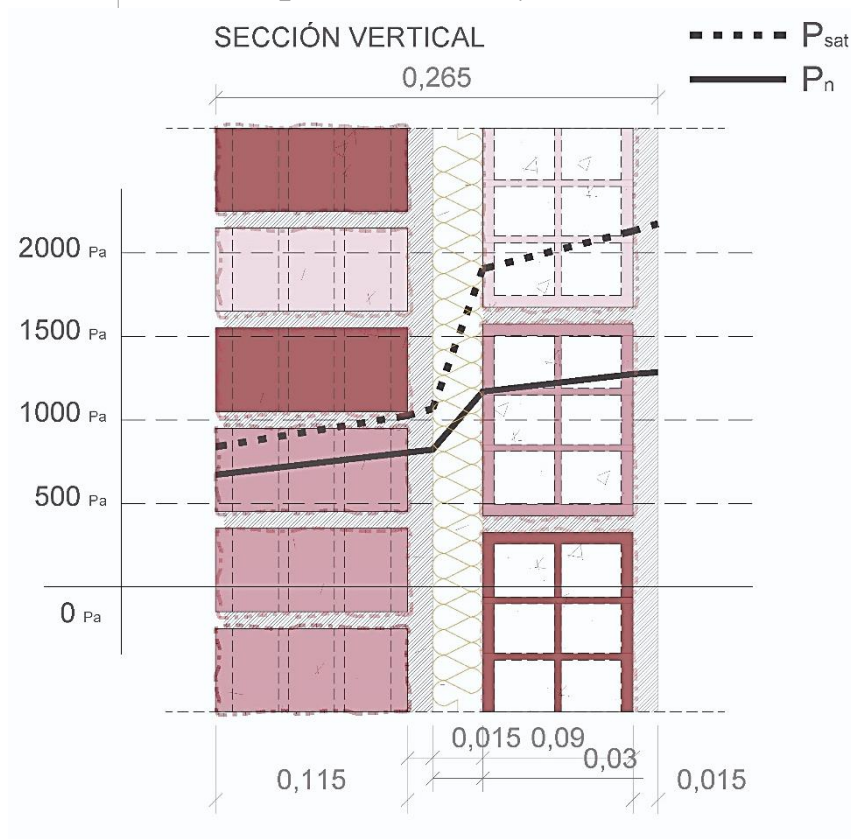


TABLA 7_ Análisis de transmitancia y condensaciones del Tipo 5.

ANÁLISIS TIPO 5					
DATOS					
LOCALIDAD	Valladolid				
ZONA CLIMÁTICA	D2				
Temperatura interior	$\theta_i = 20$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{Hr}_i =$	55%	(Higrometría 3)
Temperatura exterior	$\theta_e = 4,1$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{Hr}_e =$	82%	
Presión de vapor interior	$P_{vi} = 1285,3$				
Presión de vapor exterior	$P_{ve} = 671,2$				
				Obligatorio	Recomendado
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA	U =	0,619	W/m2.K	<U_{lim}: 0,60	<U_M: 0,27
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S_{dn} $e_n \cdot \mu_n$
R _{se}		-	0,04		
1/2 asta de ladrillo perforado	0,115	0,35	0,33	10	1,15
Mortero hidrófugo	0,015	0,230	0,07	10	0,15
Aislamiento, poliestireno extruido tipo III	0,030	0,037	0,81	40	1,20
Tabique de ladrillo hueco doble	0,090	0,444	0,20	10	0,90
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 1,61	S_d =	3,49
CONDENSACIONES SUPERFICIALES	$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO		
Factor temperatura superficie interior	$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$ 0,85				
Factor temperatura superficie exterior	$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e}$	$\theta_{si,min} = \frac{237,31 \log_2 \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}{17,269 + \log_2 \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}$	$P_{sat} = \frac{P_i}{0,8}$	$P_i = \phi_i \cdot 2337$	
	0,63	14,09	1606,69	1285,35	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES	$P_n < P_{sat}$		NO		
ELEMENTOS	$\frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$	θ_n	$\frac{S_{d(n-1)}}{\sum S_{dn}} \cdot (P_i - P_e)$	P_n	$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,31 + \theta}}$
R _{se}	0,39	4,10			819
1/2 asta de ladrillo perforado	3,24	4,49	202	671	842
Mortero hidrófugo	0,64	7,75	26	874	1.053
Aislante, XPS poliestireno CO2	7,98	8,37	211	900	1.100
Tabique de ladrillo hueco doble	2,00	16,35	158	1.111	1.859
guarnecido y enlucido de yeso	0,37	18,52	16	1.269	2.109
R _{si}	1,28	18,72		1.285	2.158
		20,00			

Tras el análisis realizado se sacará unas conclusiones de cada caso en particular y posteriormente una comparativa de todos los tipos en general, para determinar unos parámetros, los cuales se les dotará de solución posteriormente en las propuestas de rehabilitación, apartado siguiente del actual.

A la hora de entender los datos obtenidos se les debe incorporar la situación en la que se encuentran cada uno de los casos, para esclarecer los hechos que han dado lugar a estos resultados.

TABLA 8_Comparativa de transmitancias entre todos los tipos.

	TRANSMITANCIA U (W/m2.K)	CONDENSACIONES SUPERFICIALES	CONDENSACIONES INTERSTICIALES
TIPO 1	1,276	SI	NO
TIPO 2	0,661	NO	NO
TIPO 3	0,865	NO	NO
TIPO 4	1,251	NO	NO
TIPO 5	0,619	NO	NO

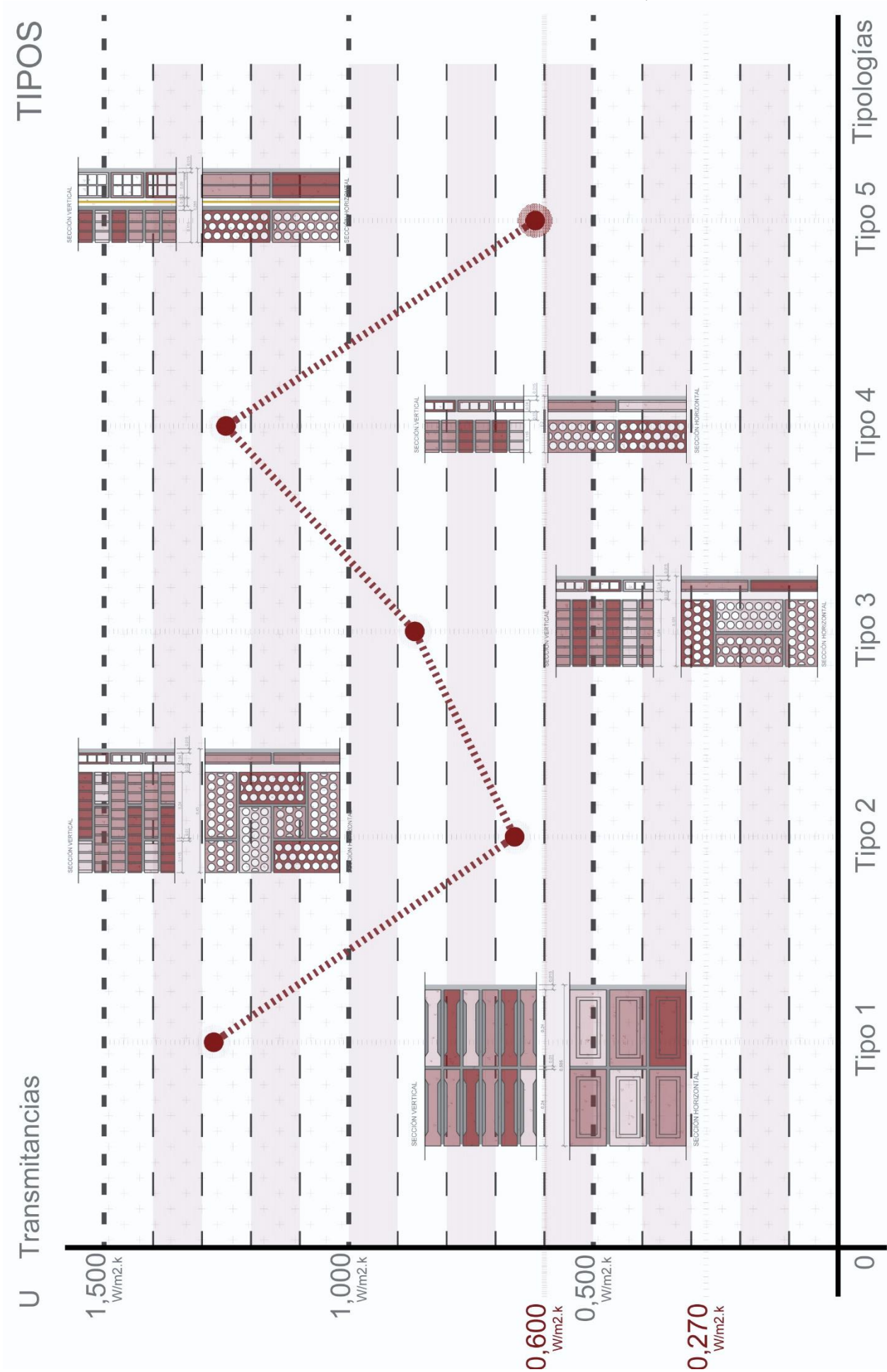
Entre todos los casos de las distintas tipologías observamos cómo ninguno llega al mínimo exigido de $U_{\text{Mim}}: 0,60 \text{ W/m}^2\text{.K}$, en cuanto a la transmitancia, aunque no encontramos condensaciones en su gran mayoría. Pero como conclusión todos ellos requieren de una propuesta de rehabilitación para alcanzar el límite impuesto por el CTE.

Lo que se puede determinar con claridad es la transformación que se ha llevado a cabo pasando de una fachada de muro de carga de una única capa a una fachada en la que se descompone en diversas capas con distinta funcionalidad, añadiendo en esta última una capa de aislamiento

Los avances son diversos pero con un punto en común, la disminución del espesor de la hoja principal que compone la fachada, por medio de la disgregación en diversos componentes de menos espesor pero especificando su finalidad. Este hecho definió los pasos que hemos visto en cada tipología, como son la transformación de una fachada sustentante en sustentada, terminando en estructuras de pórticos de hormigón y revestimientos de hojas muy finas de ladrillo.

Por lo que como conclusión final las distintas tipologías surgidas de la clasificación de los edificios escogidos en este siglo XX, son claros ejemplos de los pasos tomados para alcanzar la solución del aislamiento.

Gráfico 1_Comparativa de transmitancias entre todos los tipos.



CAPÍTULO IV

PROPUESTAS

IV.1 PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN

El estudio de la situación actual de los edificios clarifica la necesidad de solventar los problemas y conseguir dar con la mejor solución de aislante térmico, cada que soportaba la función del ahorro energético.

Este material, fue el punto de inflexión para la nueva construcción, en la que es el principal solventor del carácter energético, y en consecuencia dicho elemento se transformó en la solución más factible para resolver los problemas que nos estamos encontrando.

Las soluciones definidas actualmente para rehabilitar edificios antiguos se componen de añadir una capa aislante en diversas posiciones y su protección como lo especifica esta empresa, "Aislar térmicamente la fachada de su inmueble es sin duda, una de las mejores opciones para comenzar a transformar su inmueble en un edificio energéticamente eficiente. Varios son los sistemas constructivos que tienen probada su eficacia: sistema SATE de aislamiento exterior de fachada, el sistema de fachada ventilada y sistemas interior de trasdosado de entramado autoportante." (16).

Esta afirmación aclara varios aspectos, la solución propuesta actualmente para solventar los problemas encontrados es la utilización del aislamiento, y como ya se concretó, existen varias propuestas clasificadas según su posición, unas hacia el exterior y otras hacia el interior.

>La propuesta tomada hacia el interior, trasdosado de PYL con subestructura metálica y relleno de aislamiento, es más inusual que las usadas al exterior, por el inconveniente de disminución de superficie útil y la molestia ejercida a los usuarios.

>Las propuestas tomadas hacia el exterior son varias, pero de parecido carácter, las dos soluciones plantean la colocación de una capa de aislamiento sobre la fachada actual, a la cual se le debe colocar una protección de los agentes externos.

>La solución S.A.T.E (sistema de aislamiento térmico por el exterior), se le coloca anclado al propio aislamiento unas capas de revestimiento, mientras que la solución de Fachada Ventilada, se caracteriza por la colocación del aislamiento en la misma posición que el anterior, pero incorporando una subestructura que soporta el revestimiento, creando una cámara ventilada por la que circula el aire entre el aislamiento y el revestimiento.

16_ Acuatroarquitectos. (2012). Rehabilitación Energética de Edificios, de WordPress, Sitio web: <<http://www.rehabilitacionenergetica.com/fachadas/>> (21/07/2015)

A la hora de plantear las distintas soluciones de rehabilitación sobre cada tipología de fachada hay que estudiar el espesor de esta capa de aislamiento que se va ha añadir, realizando un pequeño calculo.

Como comentamos con anterioridad, el Documento Básico HE 1, limita la demanda energética y los valores de transmitancia de los cerramientos. La ciudad de Valladolid está en la zona D2.

TABLA 9_Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55

Como podemos observar en la Tabla 9, se especifica la transmitancia térmica máxima para la zona D2, en 0,60 W/m2k.y en las gráfica anteriores se observaba como ninguna de las propuestas no alcanzaban este límite y por supuesto se alejan mucho más de la transmitancia recomendada en el Apéndice E, de este documento básico contenido en la Tabla 9, de 0,27 W/m2k

TABLA 10_Transmitancia del elemento muro, Apéndice E

Transmitancia del elemento [W/m ² ·K]	Zona Climática					
	α	A	B	C	D	E
U_M	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25

Las propuestas que se recomiendan se especificarán para la exigencia recomendada del Apéndice E, y con este dato definiremos el espesor de aislamiento contenido en todas las soluciones. Para ello usaremos la fórmula que define la transmitancia.

$$U = 1/Rt = 1/Rsi + Rt1 + Rtaislante + Rse = 0,27$$

Suponemos que la resistencia térmica total es la suma de la resistencia total del cerramiento con peor transmitancia y la resistencia del aislamiento, suponiendo que usamos un aislamiento de poliestireno extruido, con λ 0,03W/m.K y μ 100. Esto aplicado a la fórmula, sabiendo que la resistencia térmica es igual al espesor partido de la conductividad y que el valor que nos tiene que dar es el recomendado en el Apéndice sale el espesor de la capa de aislamiento.

Tras el cálculo, la capa de aislamiento debe tener unos 9 cm de espesor, pero como los fabricantes utilizan unos espesores generalizados, se utilizará un espesor de 10 cm para la capa de aislamiento.

PROPUESTA 1, POR EL INTERIOR: TRASDOSADO DE PYL

La solución se caracteriza por ser un sistema constructivo que consiste en colocar un entramado metálico autoportante adosado al muro de soporte, sirviendo para soportar un acabado ligero de placas de yeso laminado. Obteniendo una cámara entre la subestructura, donde se coloca de aislamiento (17).

Sus principales ventajas son la utilización de aislamiento tanto térmico como acústico, se ejecuta de manera individual por cada vivienda, se caracterizan por ser obras en seco y uso de elementos prefabricados, por lo que su colocación es rápida y sencilla.

Además el sistema constructivo al ser ligero permite absorber en su interior junto con el aislamiento todas las instalaciones, aunque para más comodidad se separa el trasdosado para alojar las instalaciones de mayor tamaño, quedando ocultas e insonorizadas. También puede absorber irregularidades de la propia fachada ya que no requiere preparar previamente el paramento al que se trasdosa (18).

COMPOSICIÓN (18)

SUBESTRUCTURA METÁLICA

Doble perfil metálico de acero galvanizado fabricado mediante proceso de laminado en frío, de 48 mm de ancho, espesor 0,55 mm (para los montantes y canales).

AISLAMIENTO

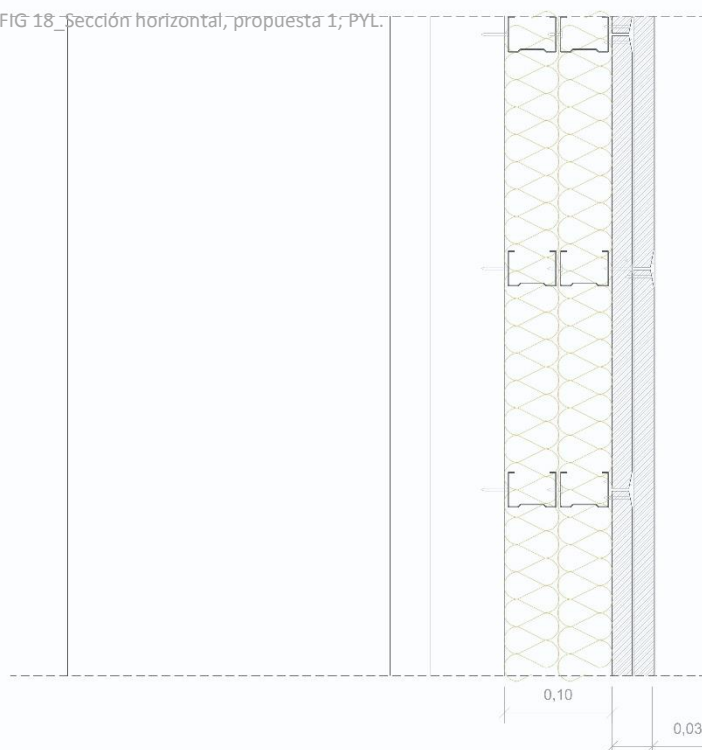
Aislamiento de 10 cm, con λ 0,03_{W/m.k} y μ 100

PLACAS DE YESO LAMINADO

Doble aplacado de PYL con cartón a doble cara y alam de yeso de origen natural, fabricada mediante proceso de laminación en continuo, de dimensión 1,20 m de ancho, espesor 1,5 cm y longitud variable.

IMAGEN

FIG 18 Sección horizontal, propuesta 1; PYL.



17_ URSA Ibérica Aislantes, S.A. (2014). Catálogo de Rehabilitación Sostenible, Ahorra Energía en tu Espacio, de Congreso Mundial de Edificación Sostenible, Sitio web: <<http://www.ursa.es/es-es/productos/Documents/catalogo-rehabilitacion.pdf>> (24/07/2015)

18_ ROCKWOOL Firesafe insulation. (1994). Trasdoso PYL, de ROCKWOOL PENINSULAR Sitio web: <<http://www.rockwool.es/productos+y+soluciones/u/2011.construction/1959/fachadas/aislamiento-por-el-interior/trasdoso-pyl>> (23/07/2015)

PROPUESTA 2, POR EL EXTERIOR: S.A.T.E.

La solución se caracteriza por ser un sistema constructivo que consiste en colocar una capa de aislamiento sobre el muro de soporte añadiendo una capa de protección, compuesta por varias capas de mortero incluyendo un mallazo en su interior para su mejor agarre. Como acabado final se le incorpora un aplacado cerámico para conservar la imagen del edificio.

Sus principales ventajas son la sencillez y rapidez para el proceso constructivo, la elección de colocarlo al exterior evita la molestia hacia los usuarios y evitar la disminución de superficie útil hacia el interior, además con este sistema aparte de rehabilitarlo energéticamente, le renovamos el acabado de la fachada, aunque ello le comporta mayor peso (19).

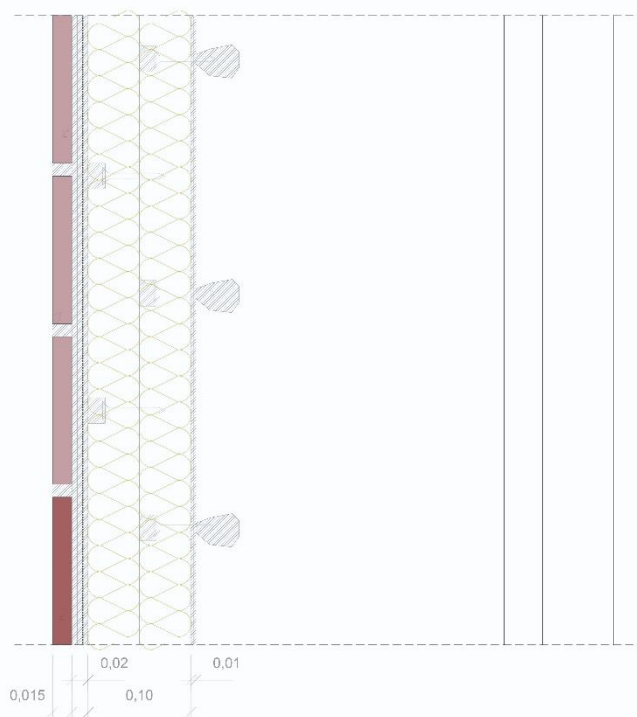
Esta instalación requiere una regularización del soporte, y la colocación sobre este del aislamiento, pero la adición sobre esta última capa de mortero para su protección, requiere como exigencia, el uso de aislamientos rígidos y resistentes (20).

COMPOSICIÓN (20)

<i> AISLAMIENTO </i>	Aislamiento de 10 cm, con λ 0,03 _{w/m.k} y μ 100, adheridas al muro mediante mortero adhesivo y fijado mecánicamente.
<i> MORTERO DE AGARRE </i>	El aislante está protegido con un revestimiento constituido por varias capas de mortero, una de las cuales lleva una malla como refuerzo
<i> APLACADO DE REVESTIMIENTO </i>	Acabado compuesto por un aplacado cerámico, de imitación al ladrillo, adherido al mortero de agarre

IMAGEN

FIG 19_Sección horizontal, propuesta 2; SATE.



19_ URSA Ibérica Aislantes, S.A. (Abril 2014). Catálogo de Rehabilitación Sostenible, Ahorra Energía en tu Espacio, de Congreso Mundial de Edificación Sostenible. Sitio web: <<http://www.ursa.es/es-es/productos/Documents/catalogo-rehabilitacion.pdf>> (24/07/2015)

20_ISOVER SAINT-GOBAIN. (2014). Guía de Montaje para Fachadas SATE., de ISOVER SAINT-GOBAIN, Sitio web: <<file:///C:/Users/Sara/Downloads/Manual-Montaje-SATE.pdf>> (24/07/2015)

PROPUESTA 3, POR EL EXTERIOR: FACHADA VENTILADA

La solución se caracteriza por ser un sistema constructivo que consiste en colocar la capa de aislamiento hacia el exterior, y como el anterior requiere de una protección de este. Para resolver este problema se le coloca sobre la base una subestructura que soporte la capa de acabado, pudiendo generar mayor separación y crear una cámara ventilada entre el aislamiento y el revestimiento, por la que circulan los flujos de aire, facilitando estos movimientos por la permeabilidad del acabado, de juntas abiertas.

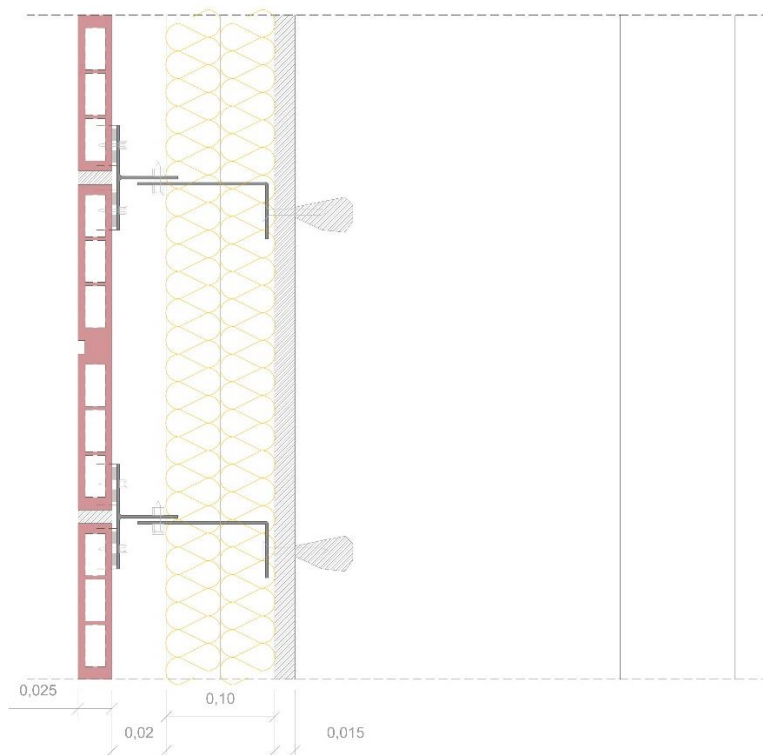
Sus principales ventajas son como en el sistema anterior, la elección hacia el exterior, reduce molestias hacia los usuarios y evita la disminución de superficie útil, renueva el acabado de su fachada y a mayores mejora la protección frente a la propagación del fuego, y la climatización del edificio gracias a los movimientos de flujos de aire en el interior de la envolvente. Aunque este sistema comporta mayor peso por la subestructura y la separación del acabado (20).

COMPOSICIÓN (21)

<i>AISLAMIENTO</i>	Aislamiento de 10 cm, con λ 0,03 _{w/m.k} y μ 100
<i>SUBESTRUCTURA</i>	Compuesto por escuadras de sujeción, a las que se atornillan los montantes verticales, destinados a soportar la hoja exterior de acabado
<i>APLACADO DE REVESTIMIENTO</i>	Placas cerámicas de alta resistencia, de imitación al ladrillo, separadas entre sí por juntas vistas permeables y adaptables a los movimientos mecánicos de la estructura.

IMAGEN

FIG 20_Sección horizontal, propuesta 3; FV.



CAPÍTULO V

COMPARATIVA

V.1 COMPARATIVA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN SOBRE LAS TIPOLOGÍAS

En el trabajo hasta ahora realizado se ha recopilado una extensa documentación requerida para el análisis de la situación de los edificios de fachada de ladrillo visto en el siglo XX, de los cuales se ha ejecutado una síntesis sacando el factor común de todos ellos obteniendo una clasificación en distintos tipos.

Posteriormente con los parámetros establecidos por el CTE, se obtuvieron unos resultados tras la analítica, de la cual se esclareció la necesidad de una actuación inmediata para su rehabilitación.

Finalmente se estudiaron los distintos sistemas que se realizan actualmente para la rehabilitación de las fachadas de edificios con similares características. Estos sistemas añaden una capa de aislamiento en la fachada y se clasifican según su colocación, al interior o al exterior.

Para este apartado se relacionarán todos los datos mencionados. En concreto se realizará un estudio comparativo para obtener la mejor solución en cada caso, es decir, se aplicarán todas las propuestas de rehabilitación contenidas en el capítulo III, en las distintas tipologías de fachada. Consiguiendo determinar la mejor solución en cada uno de ellos.

El objetivo de este apartado es resolver la incertidumbre que se tiene a la hora de escoger un sistema de rehabilitación en los distintos casos que nos podemos encontrar, Y aclarar que solución es mejor para cada tipo.

La síntesis se podría especificar en la investigación de los valores de transmitancias y condensaciones obtenidos cuando se les aplica las soluciones de rehabilitación en todas y cada una de las tipologías clasificadas. Con estos datos conseguimos dos resultados.

El primer resultado es la solución de rehabilitación de fachadas más eficiente en cada tipo y el segundo resultado es la tipología más idónea para aplicar las distintas soluciones.

Las siguientes **FICHAS** contienen dos elementos, el primero de ellos son las tablas donde se observa los valores obtenidos de transmitancia y del cálculo de condensaciones de las propuestas aplicadas y el segundo elemento es la gráfica comparativa de los resultados de las tablas anteriores, de los cuales se sacarán distintas conclusiones.

(Para el cálculo de la fachada ventilada se ha considerado una cámara de aire poco ventilada, contándola a la hora de sacar sus transmitancias)

TIPO 1

TABLA 11_Calculos de las propuestas en el Tipo 1.

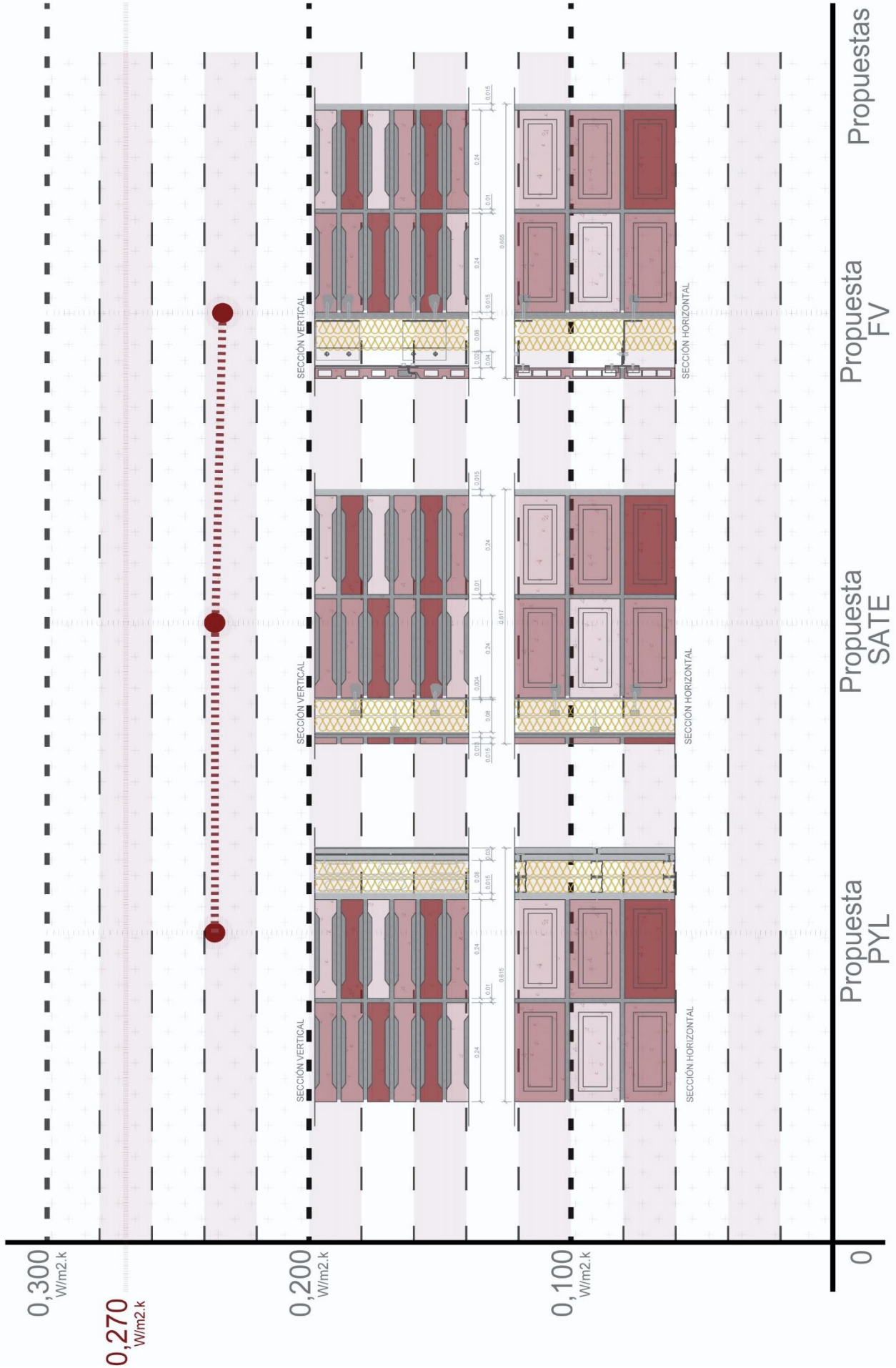
SOLUCIÓN INTERIOR: PYL $\langle U_M: 0,27$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA		U =	0,236	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
2 astas de ladrillo macizo	0,490	0,850	0,58	10	4,90
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
XPS poliestireno CO2	0,100	0,030	3,33	100	10,00
PYL	0,030	0,250	0,12	6	0,18
R _{si}			0,13		
			R _T = 4,24	S _d =	15,17
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		NO	

SOLUCIÓN EXTERIOR: S.A.T.E. $\langle U_M: 0,27$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA		U =	0,236	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,025	0,69	0,02	10	0,25
Mortero de cemento	0,020	0,30	0,07	10	0,20
XPS poliestireno CO2	0,100	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,010	0,30	0,03	10	0,10
2 astas de ladrillo macizo	0,49	0,85	0,58	10	4,90
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R _T = 4,24	S _d =	4,99
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		SI	

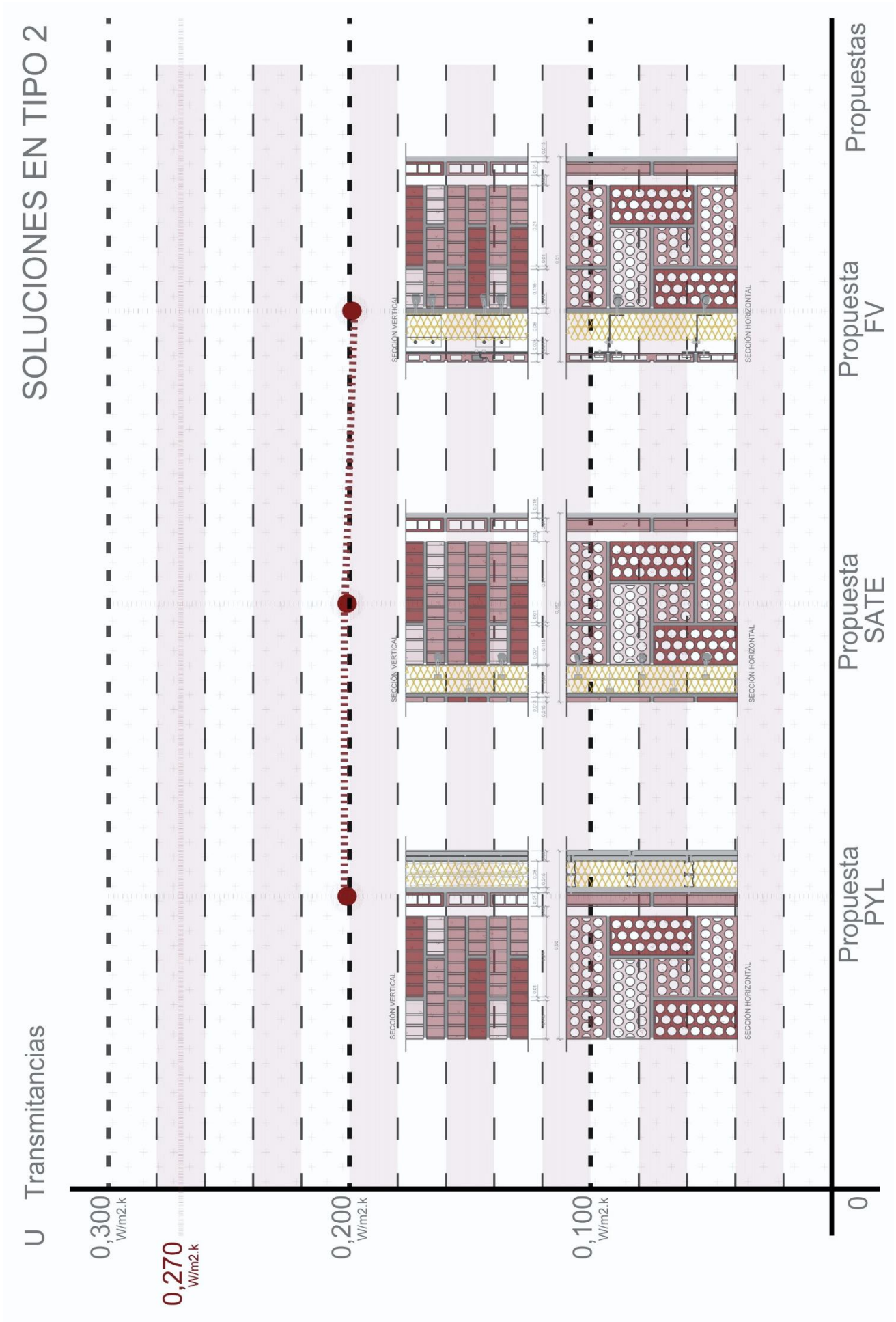
SOLUCIÓN EXTERIOR: F. VENTILADA $\langle U_M: 0,27$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA		U =	0,233	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,025	0,69	0,04	10	0,15
Cámara de aire vertical Si ventilada	0,02	0,25	0,08	1	0,02
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,015	0,30	0,05	10	0,15
2 astas de ladrillo macizo	0,49	0,85	0,58	10	4,90
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R _T = 4,28	S _d =	4,99
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		SI	

SOLUCIONES EN TIPO 1

U Transmitancias



SOLUCIÓN INTERIOR: PYL $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
		U =	0,201	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
1 1/2 asta de ladrillo macizo	0,365	0,35	1,04	10	3,65
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
XPS poliestireno CO2	0,10	0,030	3,13	100	10,00
PYL	0,030	0,250	0,12	6	0,18
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,97	S_d =	14,35
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		NO	
SOLUCIÓN EXTERIOR: S.A.T.E. $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
		U =	0,201	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,015	0,69	0,02	10	0,15
Mortero de cemento	0,02	0,30	0,07	10	0,20
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,01	0,30	0,03	10	0,10
1 1/2 asta de ladrillo macizo	0,365	0,35	1,04	10	3,65
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,97	S_d =	13,07
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		NO	
SOLUCIÓN EXTERIOR: F. VENTILADA $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
		U =	0,199	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,025	0,69	0,04	10	0,25
Cámara de aire vertical Si ventilada	0,02	-	0,04	1	0,02
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,015	0,30	0,05	10	0,15
1 1/2 asta de ladrillo macizo	0,365	0,35	1,04	10	3,65
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	0,173	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 5,01	S_d =	14,59
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		NO	



TIPO 3

TABLA 13_Calculos de las propuestas en el Tipo 3.

SOLUCIÓN INTERIOR: PYL $\langle U_M: 0,27$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA U = 0,217 W/m2.K					
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
1 asta de ladrillo macizo	0,24	0,35	0,69	10	2,40
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
XPS poliestireno CO2	0,10	0,030	3,33	100	10,00
PYL	0,030	0,250	0,12	6	0,18
R _{si}			0,13		
			R _T = 4,61	S _d =	12,73
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		NO	

SOLUCIÓN EXTERIOR: S.A.T.E. $\langle U_M: 0,27$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA U = 0,217 W/m2.K					
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,015	0,69	0,02	10	0,15
Mortero de cemento	0,02	0,30	0,07	10	0,20
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,01	0,30	0,03	10	0,10
1 asta de ladrillo macizo	0,24	0,35	0,69	10	2,40
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R _T = 4,61	S _d =	13,37
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		NO	

SOLUCIÓN EXTERIOR: F. VENTILADA $\langle U_M: 0,27$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA U = 0,215 W/m2.K					
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m ² .K/W	μ	S _{dn} e _n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,025	0,69	0,04	10	0,25
Cámara de aire vertical Si ventilada	0,02	0,25	0,08	1	0,02
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,015	0,30	0,05	10	0,15
1 asta de ladrillo macizo	0,24	0,35	0,69	10	2,40
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R _T = 4,66	S _d =	13,34
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		$f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		$P_n < P_{sat}$		NO	

SOLUCIONES EN TIPO 3

U Transmitancias

0,300
W/m².k

0,270
W/m².k

0,200
W/m².k

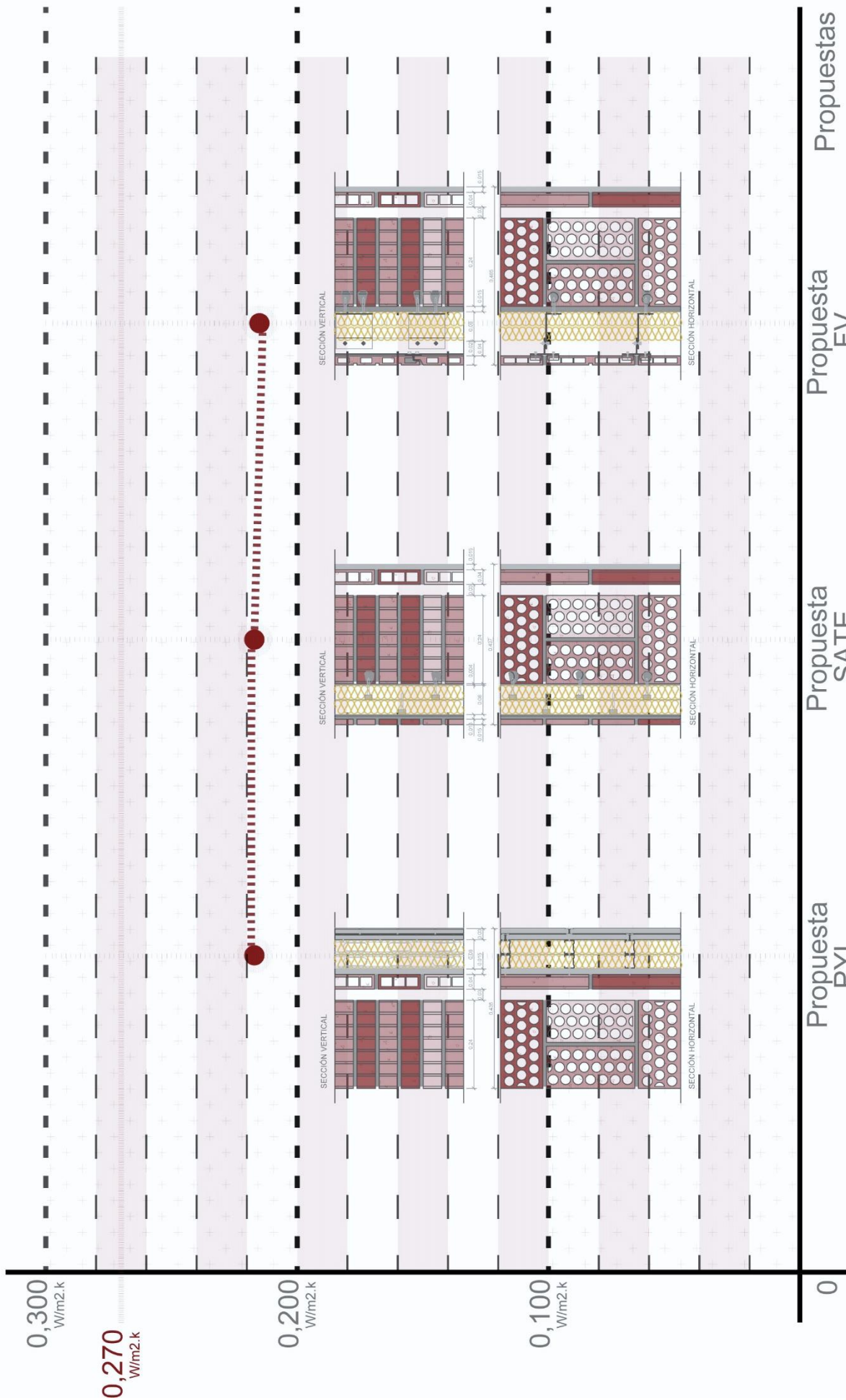
0,100
W/m².k

Propuesta
PYL

Propuesta
SATE

Propuesta
FV

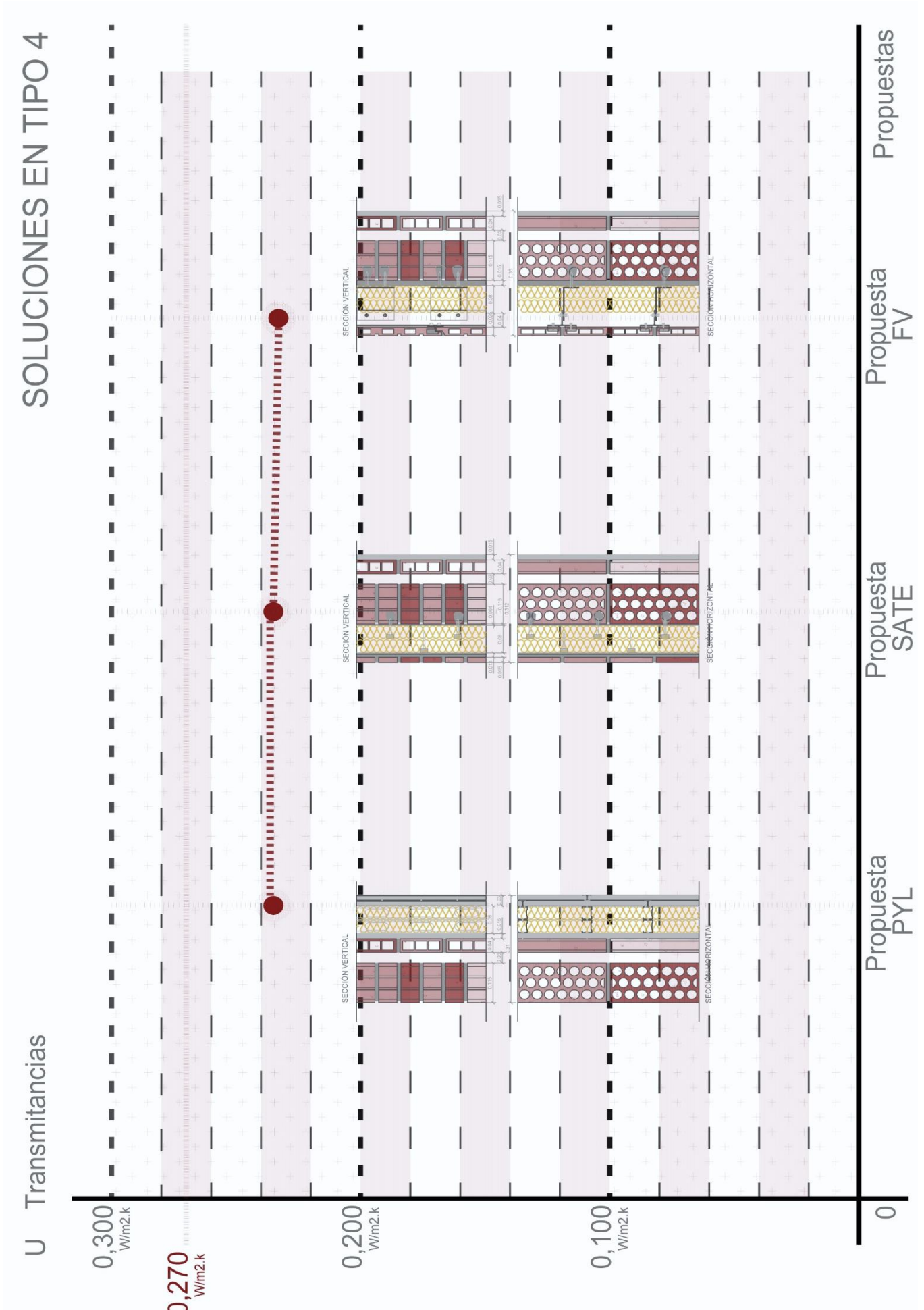
Propuestas



TIPO 4

TABLA 14_Calculos de las propuestas en el Tipo 4.

SOLUCIÓN INTERIOR: PYL $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
		U =	0,235	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m².K/W	μ	S_{dn} e_n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
1/2 asta de ladrillo macizo	0,115	0,350	0,33	10	1,15
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
XPS poliestireno CO2	0,10	0,030	3,33	100	10,00
PYL	0,030	0,250	0,12	6	0,18
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,25	S_d =	11,85
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		f_{Rsi} > f_{Rsi,min}		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		P_n < P_{sat}		NO	
SOLUCIÓN EXTERIOR: S.A.T.E. $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
		U =	0,235	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m².K/W	μ	S_{dn} e_n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,015	0,69	0,02	10	0,15
Mortero de cemento	0,02	0,30	0,07	10	0,20
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,01	0,30	0,03	10	0,10
1/2 asta de ladrillo macizo	0,115	0,350	0,33	10	1,15
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	-	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,25	S_d =	12,12
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		f_{Rsi} > f_{Rsi,min}		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		P_n < P_{sat}		NO	
SOLUCIÓN EXTERIOR: F. VENTILADA $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
		U =	0,233	W/m2.K	
ELEMENTOS	e (m)	λ W/m.K	$R_n = e_n / \lambda_n$ m².K/W	μ	S_{dn} e_n · μ_n
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,025	0,69	0,04	10	0,25
Cámara de aire vertical Si ventilada	0,02	0,25	0,08	1	0,02
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,015	0,30	0,05	10	0,15
1/2 asta de ladrillo macizo	0,115	0,35	0,33	10	1,15
Cámara de aire vertical sin ventilar	0,03	0,173	0,17	1	0,03
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,444	0,09	10	0,40
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,30	S_d =	12,09
CONDENSACIONES SUPERFICIALES		f_{Rsi} > f_{Rsi,min}		NO	
CONDENSACIONES INTERSTICIALES		P_n < P_{sat}		NO	



TIPO 5

TABLA 15_Calculos de las propuestas en el Tipo 5.

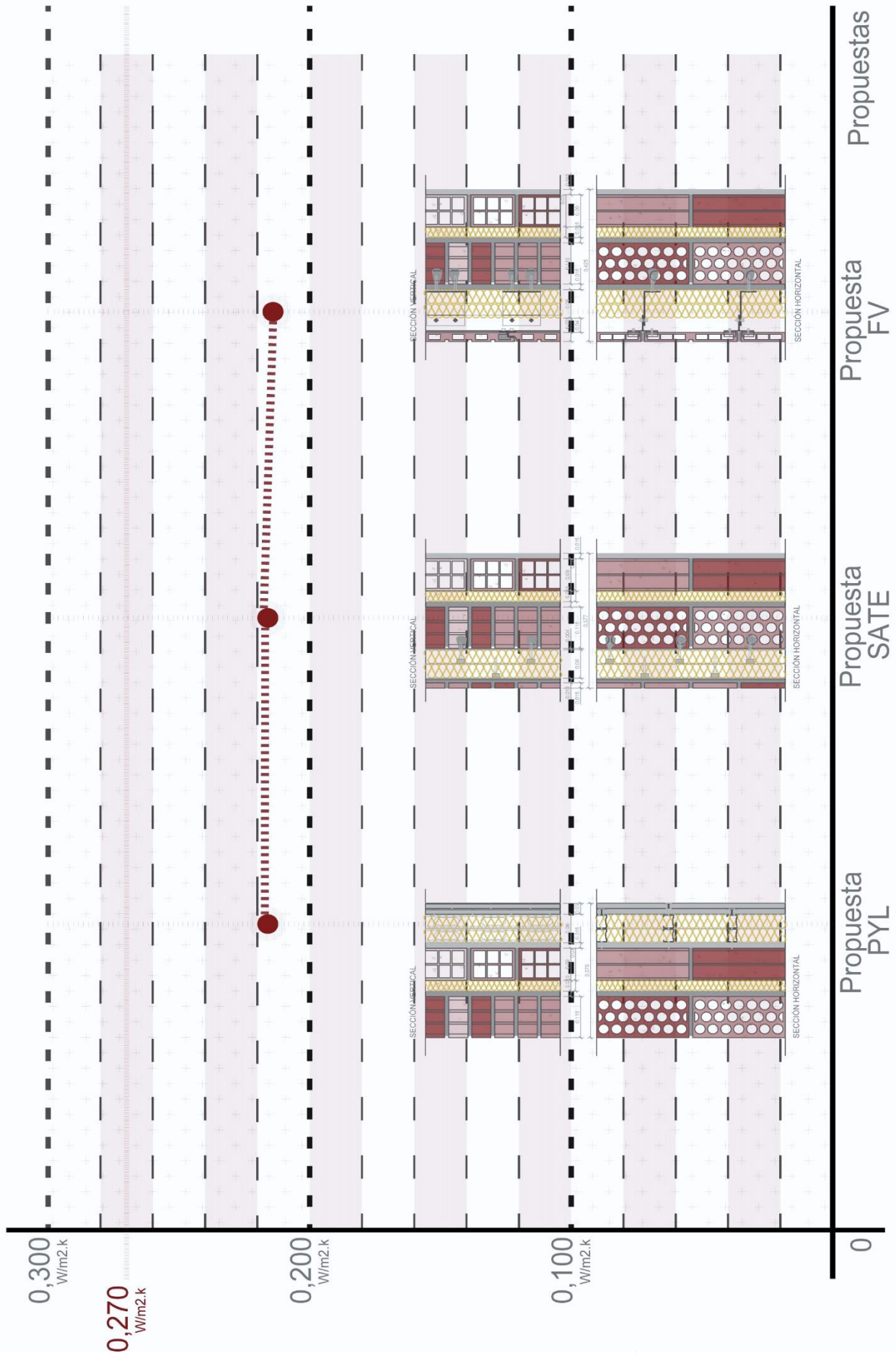
SOLUCIÓN INTERIOR: PYL $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
	e	λ	$R_n = e_n / \lambda_n$	μ	S_{dn}
ELEMENTOS	(m)	W/m.K	m².K/W		$e_n \cdot \mu_n$
R _{se}		-	0,04		
1/2 asta de ladrillo macizo	0,115	0,35	0,33	10	1,15
Mortero hidrófugo BV	0,015	0,230	0,07	10	0,15
Poliestireno extruido tipo III	0,03	0,037	0,81	40	1,20
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,09	0,444	0,20	10	0,90
guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,400	0,04	6	0,09
XPS poliestireno CO2	0,10	0,030	3,33	100	10,00
PYL	0,030	0,250	0,12	6	0,18
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,16	S_d =	13,67
CONDENSACIONES SUPERFICIALES $f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$ NO					
CONDENSACIONES INTERSTICIALES $P_n < P_{sat}$ NO					

SOLUCIÓN EXTERIOR: S.A.T.E. $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
	e	λ	$R_n = e_n / \lambda_n$	μ	S_{dn}
ELEMENTOS	(m)	W/m.K	m².K/W		$e_n \cdot \mu_n$
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,015	0,69	0,02	10	0,15
Mortero de cemento	0,02	0,30	0,15	10	0,20
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	3,33	100	10,00
Mortero de cemento	0,01	0,30	0,05	10	0,10
1/2 asta de ladrillo macizo	0,115	0,350	0,33	10	1,15
Mortero hidrófugo BV	0,015	0,230	0,07	10	0,15
Poliestireno extruido tipo III	0,03	0,037	0,81	40	1,20
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,09	0,444	0,20	10	0,90
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,16	S_d =	13,94
CONDENSACIONES SUPERFICIALES $f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$ NO					
CONDENSACIONES INTERSTICIALES $P_n < P_{sat}$ NO					

SOLUCIÓN EXTERIOR: F. VENTILADA $\langle U_M: 0,27 \rangle$					
CÁLCULO DE TRANSMITANCIA					
	e	λ	$R_n = e_n / \lambda_n$	μ	S_{dn}
ELEMENTOS	(m)	W/m.K	m².K/W		$e_n \cdot \mu_n$
R _{se}		-	0,04		
Placa cerámica ladrillo visto	0,025	0,69	0,04	10	0,25
Cámara de aire vertical Si ventilada	0,02	0,25	0,16	1	10,00
XPS poliestireno CO2	0,10	0,03	2,67	100	1
Mortero de cemento	0,015	0,30	0,05	10	0,15
1/2 asta de ladrillo macizo	0,115	0,35	0,33	10	1,15
Mortero hidrófugo BV	0,015	0,230	0,07	10	0,15
Poliestireno extruido tipo III	0,03	0,037	0,81	40	1,20
Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,09	0,444	0,20	10	0,90
Guarnecido y enlucido de yeso	0,015	0,40	0,04	6	0,09
R _{si}			0,13		
			R_T = 4,67	S_d =	14,04
CONDENSACIONES SUPERFICIALES $f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$ NO					
CONDENSACIONES INTERSTICIALES $P_n < P_{sat}$ NO					

SOLUCIONES EN TIPO 5

U Transmitancias



V.II CONCLUSIONES

Habiendo visto las tablas con los valores de transmitancias y condensaciones de cada una de las propuestas aplicadas a las tipologías y su posterior comparación en la gráfica se pueden determinar unas conclusiones que esclarecen los resultados.

En general hemos visto como los resultados de las distintas propuestas mantienen unas forma en todas las comparativas ya que se propone la misma solución para cada una de ellas. Esa forma se iniciada en una posición repetida en la siguiente propuesta y a continuación el descenso de la última posición, la cual determina la mejor solución.

Esta forma continua esclarece el determinante resultado de la comparación entre las propuestas de rehabilitación aplicada actualmente en los edificios existentes. La solución con mayor transmitancia son la propuesta aplicada al interior de PYL y la solución SATE aplicada al exterior. Ello hace que estas soluciones se coloquen en la peor solución.

Las propuestas que quedan en esta posición son; la aplicada al interior, denominada Placa de Yeso Laminada este sistema únicamente se compone de una estructura colocada en el extremo caliente del cerramiento que soporta las placas de yeso laminado de reducido espesor, dentro de los huecos que genera la subestructura se coloca el aislamiento. Este sistema parece que se mantiene con la misma transmitancia que la solución SATE.

La segunda propuesta de colocación hacia el exterior es la Fachada Ventilada, desbanca a las otras dos ya que en todos los casos es la que menor transmitancia tiene. Esta solución como principal diferencia entre la primera propuesta hacia el exterior, es la generación de una segunda cámara de aire, pero en este caso ventilada, aunque considerada algo ventilada para el cálculo, entre el aislamiento y el revestimiento.

En general podemos proponer como solución principal para la aplicación en rehabilitación de edificios existentes, la propuesta aplicada al exterior de Fachada Ventilada. Aunque no se debe olvidar que en algunos casos la ornamentación de la fachada puede ser un problema para la colocación de esta propuesta.

Pero como cada caso es distinto vamos a valorar cada uno por separado para ver que aunque la propuesta más favorable sea la de fachada ventilada, puede haber particularidades en cada uno de ellos.

Para la primera tipología de fachada, la cual se compone únicamente de una capa de ladrillo macizo de dos astas, se le aplico las propuestas especificadas, y todas ellas abarcan la exigencia del CTE, aunque es la que más cerca se queda de estos límites.

Las propuestas de SATE y PYL se quedan por encima de la transmitancia que consigue la solución de fachada ventilada. Aunque es la solución de PYL la que no produce condensaciones intersticiales.

En el primer caso todas las propuestas se encuentran por debajo del límite, y son las condensaciones la que marcan la propuesta recomendada, proponiendo la PYL la solución para este tipo, debido a que es la única que no se producen en su interior.

Aunque para esta propuesta se recomiende la solución de PYL, también se les puede aplicar las otras propuestas debiendo añadir unas barreras de vapor.

Para la segunda tipología de fachada, la cual se compone de una capa de ladrillo perforado de asta y media con cámara de aire y tabique de ladrillo hueco simple, se le aplico las propuestas especificadas, y todas ellas entran dentro de los límites exigidos.

Por lo que se puede determinar que en este tipo de fachadas, se permite escoger cualquier propuesta de rehabilitación. Contando con esta situación se debe valorar cuál de las propuestas que beneficia más a la edificación.

Para determinar lo más beneficioso debemos definirlo por medio de la transmitancia y las condensaciones, y al solo variar las transmitancias entre las diversas soluciones, queda aclarado que la fachada ventilada para la segunda tipología es la solución con los valores más bajos.

La tercera tipología de fachada, la cual se compone de una capa de ladrillo perforado de un asta con cámara de aire y tabique de ladrillo hueco simple, se le aplico dichas propuestas, y todas ellas entran dentro de los límites exigidos.

Como se comentó con anterioridad solo las transmitancias determinan la mejor solución, por lo que aclaramos que como en el caso anterior la fachada ventilada es el de menor valor.

Estas soluciones tienen la misma recomendación pero se diferencian en su distancia hacia el límite impuesto, donde es este tercer caso el que se acerca más al este máximo.

Para la cuarta tipología de fachada, la cual se compone de una capa de ladrillo perforado de media asta con cámara de aire y tabique de ladrillo hueco simple, se

le aplico las propuestas especificadas, a diferencia de los casos anteriores algo más cercanos al límite impuesto.

Las propuestas especificadas entran todas en los límites de transmitancia y ninguna produce condensaciones, por lo que como en los casos anteriores se define la recomendación por los valores de transmitancia de las soluciones aplicadas.

Las propuestas más desfavorables en este tipo, son la solución aplicada al interior de PYL y la aplicada al exterior SATE, quedando descartadas como solución debido al valor más reducido de transmitancia de la propuesta de Fachada Ventilada definiéndose como la solución más aconsejable para este envolvente.

La Quinta y última tipología de fachada, la cual se compone de una capa de ladrillo perforado de asta y media con mortero hidrófugo y aislamiento en su cámara interna con tabicón de ladrillo hueco doble, se le aplico las propuestas especificadas, y todas ellas entran dentro de los límites exigidos.

Estos valores son los que contienen menor valor de transmitancia comparados con todos los tipos anteriores, debido a ser el único que lleva aislamiento en el cerramiento existente, generando así en las propuestas aplicadas dos capas de aislamiento en toda su fachada.

Para determinar la solución más favorable se determina por la transmitancia, queda aclarado que la fachada ventilada para esta tipología es la solución con los valores más bajos

En definitiva no hace falta repetirlo en más ocasiones, la propuesta aplicada al exterior de Fachada Ventilada, es la solución con menor valor de transmitancia y en su gran mayoría no contiene condensaciones en su interior. Por lo que se recomienda su aplicación en los diversos casos.

CAPÍTULO VI

P. TÉRMICOS

VI.1 PUENTES TÉRMICOS

A la hora de determinar la propuesta escogida para la rehabilitación de fachadas hay que tener en cuenta varios aspectos ya comentados con anterioridad, la transmitancia de un cerramiento y las condensaciones que se producen. Pero hay otro aspecto que es relevante y determinante a la hora de la elección de las propuestas, y son los puentes térmicos.

Los puentes Térmicos según el Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico HE, sección 1, se describen; “como aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados, por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad, por la diferencia entre el área externa e interna del elemento, etc., que conllevan una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento.” (24).

Estos elementos se especifican en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE, Ahorro de energía, del Código Técnico de la Edificación DA DB-HE / 3, Puentes térmicos. Su contenido principal son métodos de cálculo para estudiar el flujo de calor existente en los puentes térmicos. Debido a que estos elementos se caracterizan por una variación en la transmitancia de un cerramiento, especifican un valor ψ que permite resumir en un único parámetro su complejo comportamiento.

“La transmitancia térmica lineal ψ describe la transferencia térmica adicional de un encuentro (un puente térmico lineal) en relación a la transferencia térmica unidimensional de referencia que se produce en los elementos adyacentes.” (24).

Para simplificar estos elementos, se usará un método sencillo, utilizando los detalles que vienen ya determinados en el Atlas de Puente Térmicos.

Para ello se debe escoger que puentes térmicos vamos a analizar en el siguiente apartado. Continuando con el mismo formato de análisis que en todo momento se estudia el cerramiento opaco con las diversas capas, descartaremos los determinados por los huecos y los extremos del cerramiento, quedando para el análisis los Pilares Integrados en Fachada, los Frentes de Forjados y las Esquinas.

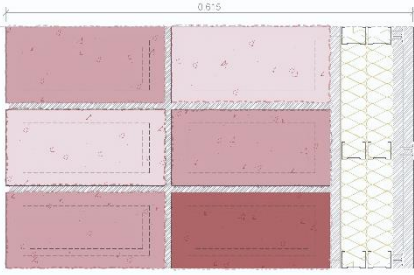
Las Fichas a continuación contienen una tabla donde se analiza los valores de los Puentes Térmicos aplicados a las tipologías, y su conclusión posterior tras su estudio.

24_ Ministerio de Fomento. (Mayo 2014). DA DB-HE / 3, Puentes térmicos. Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía Código Técnico de la Edificación: Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo.

TIPO 1

TABLA 16_Calculos de los puentes térmicos en el Tipo 1.

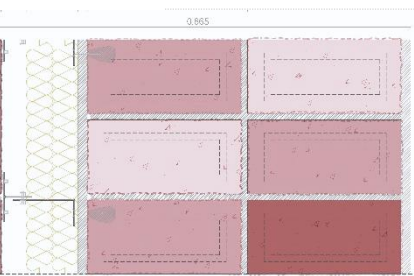
SOLUCIÓN INTERIOR: PYL

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada SIN continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO SIN continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS
 <p>SECCIÓN HORIZONTAL</p>	<p>U 0,236 W/m2.K</p> <p>-</p>	<p>U 0,236W/m2.K</p> <p>Ψ 0,630W/mK</p>	<p>U 0,236 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

SOLUCIÓN INTERIOR: S.A.T.E.

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS
 <p>SECCIÓN HORIZONTAL</p>	<p>U 0,236W/m2.K</p> <p>-</p>	<p>U 0,236 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,236 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

SOLUCIÓN INTERIOR: FV

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS
 <p>SECCIÓN HORIZONTAL</p>	<p>U 0,233 W/m2.K</p> <p>-</p>	<p>U 0,233 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,233 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

CONCLUSIÓN

Habiendo aplicado las propuestas de rehabilitación al estudio de los diversos puentes térmicos, se observa como en el caso de la tipología 1, es la solución aplicada al interior la que no puede resolver el puente termico del frente de forjado existentes en la edificación, no existiendo pilares en el muro ya que es una fachada de muro de carga.

TABLA 17_Calculos de los puentes térmicos en el Tipo 2.

TIPO 2

SOLUCIÓN INTERIOR: PYL

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada SIN continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTE DE FORJADO SIN continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 SECCIÓN HORIZONTAL	U 0,201 W/m2.K -	U 0,201 W/m2.K Ψ 0,600W/mK	U 0,201 W/m2.K Ψ 0,080W/mK

SOLUCIÓN INTERIOR: S.A.T.E.

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTE DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 SECCIÓN HORIZONTAL	U 0,201 W/m2.K -	U 0,201 W/m2.K Ψ 0,000W/mK	U 0,201 W/m2.K Ψ 0,080W/mK

SOLUCIÓN INTERIOR: FV

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTE DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 SECCIÓN HORIZONTAL	U 0,199 W/m2.K -	U 0,199 W/m2.K Ψ 0,000W/mK	U 0,199 W/m2.K Ψ 0,080W/mK

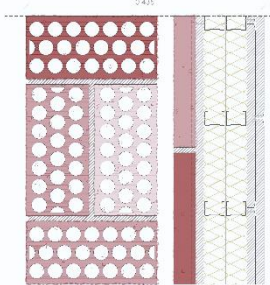
CONCLUSIÓN

La aplico de las propuestas de rehabilitación al estudio de los diversos puentes térmicos, se observa como en el caso de la tipología 2, es la solución aplicada al interior de Pyl, la que excede del límite marcado del frente de forjado, no existiendo pilares yq eu como n el caso anterior es una fachada de muro de carga.

TIPO 3

TABLA 18_Calculos de los puentes térmicos en el Tipo 3.

SOLUCIÓN INTERIOR: PYL

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada SIN continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO SIN continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 <p>SECCION HORIZONTAL</p>	<p>U 0,217 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,217 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,610W/mK</p>	<p>U 0,217 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

SOLUCIÓN INTERIOR: S.A.T.E.

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 <p>SECCION HORIZONTAL</p>	<p>U 0,217 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,217 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,217 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

SOLUCIÓN INTERIOR: FV

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 <p>SECCION HORIZONTAL</p>	<p>U 0,215 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,215 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,215 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

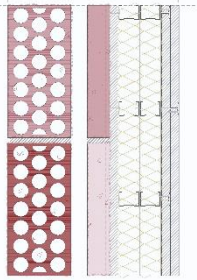
CONCLUSIÓN

Aplicado las propuestas de rehabilitación al estudio de los puentes térmicos, se observa como en el caso de la tipología 3, la solución aplicada al interior no puede resolver el puente termico del frente del forjado, como en los casos anteriores.

TABLA 19_Calculos de los puentes térmicos en el Tipo 4.

TIPO 4

SOLUCIÓN INTERIOR: PYL

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada SIN continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTE DE FORJADO SIN continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
	U 0,235 W/m2.K Ψ 0,000W/mK	U 0,235 W/m2.K Ψ 0,630W/mK	U 0,235 W/m2.K Ψ 0,080W/mK

SOLUCIÓN INTERIOR: S.A.T.E.

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTE DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
	U 0,235 W/m2.K Ψ 0,000W/mK	U 0,235 W/m2.K Ψ 0,000W/mK	U 0,235 W/m2.K Ψ 0,080W/mK

SOLUCIÓN INTERIOR: FV

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTE DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
	U 0,233 W/m2.K Ψ 0,000W/mK	U 0,233 W/m2.K Ψ 0,000W/mK	U 0,233 W/m2.K Ψ 0,080W/mK

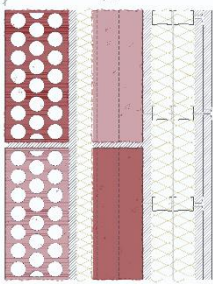
CONCLUSIÓN

Habiendo aplicado las propuestas de rehabilitación al estudio de los diversos puentes térmicos, se observa como en el caso de la tipología 4, es la solución aplicada al interior la que no resuelve el frente de forjado.

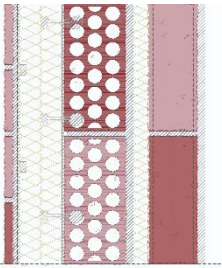
TIPO 5

TABLA 19_Calculos de los puentes térmicos en el Tipo 5.

SOLUCIÓN INTERIOR: PYL

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada SIN continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO SIN continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 <p>SECCIÓN HORIZONTAL</p>	<p>U 0,216 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,216 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,610W/mK</p>	<p>U 0,216 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

SOLUCIÓN INTERIOR: S.A.T.E.

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 <p>SECCIÓN HORIZONTAL</p>	<p>U 0,216 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,216 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,216 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

SOLUCIÓN INTERIOR: FV

DETALLE	PILARES INTEGRADOS en fachada CON continuidad del aislamiento de fachada PILAR 25X25	FRENTES DE FORJADO CON continuidad del aislamiento de fachada FORJADO 25 cm	ESQUINAS ENTRANTES
 <p>SECCIÓN HORIZONTAL</p>	<p>U 0,214 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,214 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,000W/mK</p>	<p>U 0,214 W/m2.K</p> <p>Ψ 0,080W/mK</p>

CONCLUSIÓN

La aplicación de las propuestas de rehabilitación al estudio de los puentes térmicos, clarifica como en el caso de la tipología 5, es la solución aplicada al interior de PYL la que no puede resolver el frente de forjado existentes en la edificación.

Las Fichas realizadas dan unos resultados muy similares, en las conclusiones finales de cada tipología que, analizándolo más en general, podemos observar como los valores se mantienen, positivos y negativos en las mismas posiciones.

Para clarificar estos valores se enfatizara en el hecho de la simplificación a la hora de valorar los Puentes Térmicos estudiados, el valor Ψ es la manera con la que se estudia la transmitancia en estos elementos. Manteniendo los límites impuestos anteriormente de $0,27 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, considerando todo valor superior a este un resultado negativo.

A la hora de entender estos resultados a de diferenciarse las soluciones aplicadas, en las cuales existen dos propuestas diferentes, las aplicadas al exterior y las aplicadas al interior, esta diferencia es la que marca la clara oposición de resultados.

Las propuestas aplicadas al exterior tiene la peculiaridad de colocar el aislamiento por delante del puente térmico, situando estos casos en sistemas con continuidad del aislamiento de fachada, anulando perfectamente dicho puente. Mientras que la propuesta aplicada al interior reacciona de forma totalmente contraria, situando el aislamiento en la cara interna, continúa en las superficies verticales pero provocando una situación sin continuidad del aislamiento de fachada en los frentes de forjados, quedando totalmente libre ese pasó.

Esta gran diferencia marca la necesidad de una buena colocación del aislamiento en la fachada, ya que dejando el Puente Térmico libre aumenta en gran medida su transmitancia lineal. Para su solución es necesario que las propuestas se caractericen por la posición delantera del aislamiento y de forma continua.

Para determinar qué propuesta escoger teniendo en cuenta su reacción hacia estos elementos tan conflictivos, resulta clara la elección hacia propuestas aplicadas al exterior. Ya que solo estas propuestas solucionan los problemas de forma inmediata, mientras que la aplicada al interior se necesita de una solución más compleja.

Habiendo visto estos resultados queda claro la recomendación de aplicar las propuestas hacia el exterior, mientras que si se requeriría de aplicar la propuesta hacia el interior, es necesario un estudio detallado de la resolución de estos Puentes Térmicos, que requerirían de una propuesta auxiliar.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

VII.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones finales son un resumen de todos los datos recogidos y de su puesta en común, refiriéndose a las transmitancia, condensaciones y puentes térmicos, de cada una las propuestas de rehabilitación aplicadas a las tipologías.

Las propuestas de aplicación, ya mencionadas, son la aplicada al interior de Placa de Yeso laminada con subestructura interior y elemento prefabricado, y las aplicadas hacia el exterior, la de SATE, con aislamiento anclado al paramento existente con protección de mortero y aplacado, Por último la Fachada ventilada con una subestructura que soporta el revestimiento y queda protegido su aislamiento.

Debido a que hemos obtenido resultados muy diversos y todos entendidos de forma independiente, vamos a realizar una recopilación de todos ellos y ponerlos en común, consiguiendo dar con una recomendación para cada tipología.

Las conclusiones que se pretende conseguir, son de diversa índole, por ello se aplicaran en dos aspectos distintos. Se realizará un análisis final de las propuestas aplicadas a las tipologías, recomendando una solución para cada una y posteriormente se analizaran las propuestas en conjunto viendo la comparación entre cada solución, determinando finalmente una conclusión final respecto a las propuestas que se aplican actualmente en los edificios existentes.

En resumen habra varias fichas finales como conclusion individual de cada tipologia de fachada que contendran una tabla de recopilación de todos los valores obtenidos de los diversos analisis realizados referidos a los limites establecidos por el documento básico HE 1 del CTE.

Posteriormente tras realizar un estudio particular se pondrán en perspectiva todas y cada una de las propuestas de rehabilitación en las 5 tipologías observando cuales son las que mejor absorben los limites exigibles y en qué casos sería más recomendable un análisis más detallado.

En resumen este análisis más particular y el posterior análisis general intentan acercarnos a conseguir definir las propuestas de rehabilitación más aconsejables en cada tipología y la propuesta que reduce al mínimo las exigencias establecidas, dando lugar a la mejor solución para rehabilitar un edificio existente.

TABLA 20_Recopilación de datos del Tipo 1.

TIPO 1

PROPUESTAS	PYL	S.A.T.E.	FV
TRANSMITANCIA	U 0,236W/m2.K	U 0,236W/m2.K	U 0,233W/m2.K
CONDENSACIÓN SUP.	NO	NO	NO
CONDENSACIÓN INTR.	NO	SI	SI
PT. PILARES INTEGRADOS	-	-	-
PT. FRENTE DE FORJADO	Ψ 0,630W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. ESQUINAS	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK

La tabla superior contiene los valores recogidos de todos los estudios realizados anteriormente, recopilando los resultados de los campos requeridos para analizar las exigencias especificadas en el HE 1 del CTE.

Los elementos que se exige analizar son la Transmitancia, la presencia de condensaciones, producidas en la superficie y en su interior, y por último los puentes Térmicos, clasificados en pilares integrados en fachada, frente de forjado y las esquinas.

La tabla es el resumen de todo el trabajo realizado, analizado independientemente. Ahora se debe recopilar toda la información y realizar un estudio más general teniendo presente todos y cada uno de los valores obtenidos, para poder dar una respuesta integral.

Habiendo visto los resultados obtenidos podemos clarificar que la solución aplicada al interior, de PYL excede del límite principal de transmitancia en el frente de forjado, aunque no genera ninguna condensación intersticial, contrariamente a las otras propuestas. Este problema se debe resolver proponiendo una solución auxiliar y más compleja. Refiriéndonos a las propuestas aplicadas al exterior las dos presentan resultados parecidos, teniendo únicamente como valores negativos las condensaciones intersticiales debiendo resolverlo con la introducción de barreras de vapor

La recomendación en este tipo de fachadas donde comúnmente se apreciaba una valoración por la ornamentación exterior, sería la aplicación de propuestas aplicadas hacia el interior, resolviendo el puente térmico del forjado.

TIPO 2

TABLA 21_Recopilación de datos del Tipo 2.

PROPUESTAS	PYL	S.A.T.E.	FV
TRANSMITANCIA	U 0,201W/m2.K	U 0,201W/m2.K	U 0,199W/m2.K
CONDENSACIÓN SUP.	NO	NO	NO
CONDENSACIÓN INTR.	NO	NO	NO
PT. PILARES INTEGRADOS	-	-	-
PT. FRENTE DE FORJADO	Ψ 0,600W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. ESQUINAS ENTRANTES	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK

Habiendo recopilado en la tabla los resultados de los campos requeridos por las exigencias especificadas en el HE 1 del CTE, de Transmitancia, condensaciones, en su superficie y en su interior, y por último los puentes Térmicos. Se Genera un resumen de todo el trabajo realizado, teniendo una visión más general de las propuestas.

Ahora tras recopilar toda la información se realizará un estudio más general teniendo presente todos y cada uno de los valores obtenidos, para poder dar una respuesta integral.

Habiendo visto estos resultados en su conjunto podemos clarificar que todas las soluciones aplicadas son inferiores al máximo especificado, del límite principal de transmitancia impuesto y tampoco se presentan condensaciones tanto superficiales como intersticiales.

El principal problema recae en que la propuesta al interior de PYL, no resuelve el puente térmico del frente de forjado, debiendo proponer una solución auxiliar y más compleja a la hora de aplicar esta solución.

Refiriéndonos a las propuestas aplicadas al exterior las dos presentan resultados parecidos, teniendo únicamente como valores dispares la transmitancia, siendo inferior la solución de fachada ventilada.

La recomendación en este tipo de fachadas sería el uso de la solución aplicada al exterior, de Fachada Ventilada, por su reducido valor en todos los campos.

TABLA 22_Recopilación de datos del Tipo 3.

TIPO 3

PROPUESTAS	PYL	S.A.T.E.	FV
TRANSMITANCIA	U 0,217W/m2.K	U 0,217W/m2.K	U 0,215W/m2.K
CONDENSACIÓN SUP.	NO	NO	NO
CONDENSACIÓN INTR.	NO	NO	NO
PT. PILARES INTEGRADOS	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. FRENTE DE FORJADO	Ψ 0,610W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. ESQUINAS ENTRANTES	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK

En la tabla podemos observar los resultados recopilados de los campos requeridos por el HE 1 del CTE. Especificados en la Transmitancia, condensaciones, tanto en las superficiales como intersticiales, y por último los puentes Térmicos.

Habiendo visto estos resultados en su conjunto podemos clarificar, como en el caso anterior, que todas las soluciones aplicadas son inferiores al máximo especificado, del límite principal de transmitancia impuesto a la vez que tampoco se generan condensaciones tanto superficiales como intersticiales.

El problema se encuentra en la propuesta al interior de PYL, ya que no resuelve los puentes térmicos del frente de forjado, debiendo proponer una solución auxiliar y más compleja a la hora de aplicar esta solución.

Refiriéndonos a las propuestas aplicadas al exterior las dos presentan resultados parecidos, teniendo únicamente como valores dispares la transmitancia siendo inferior la solución de fachada ventilada.

La recomendación en este tipo de fachadas, como en el caso anterior, sería el uso de la solución aplicada al exterior, de Fachada Ventilada, por su reducido valor.

TIPO 4

TABLA 23_Recopilación de datos del Tipo 4.

PROPUESTAS	PYL	S.A.T.E.	FV
TRANSMITANCIA	U 0,235W/m2.K	U 0,235W/m2.K	U 0,233W/m2.K
CONDENSACIÓN SUP.	NO	NO	NO
CONDENSACIÓN INTR.	NO	NO	NO
PT. PILARES INTEGRADOS	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. FRENTE DE FORJADO	Ψ 0,630W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. ESQUINAS ENTRANTES	Ψ 0,082W/mK	Ψ 0,083W/mK	Ψ 0,080W/mK

La tabla superior contiene los valores recogidos de todos los estudios realizados anteriormente, recopilando los resultados de los campos requeridos para analizar las exigencias especificadas en el HE 1 del CTE.

La tabla es el resumen de todo el trabajo realizado, analizado independientemente. Ahora se debe recopilar toda la información y realizar un estudio más general teniendo presente todos y cada uno de los valores obtenidos, para poder dar una respuesta integral.

Habiendo visto los resultados obtenidos podemos clarificar que la solución aplicada al interior, de PYL excede del límite marcado para la transmitancia en el puente térmico del frente de forjado. Por lo que como en los casos anteriores es necesario una solución más compleja para aplicar esta propuesta.

La recomendación en este tipo de fachadas sería el uso de la solución aplicada al exterior, de Fachada Ventilada, ya que presenta valores más pequeños.

Esta propuesta es junto con la primera tipología la que contiene valores más reducidos, acercándose más al límite marcado.

TABLA 24_Recopilación de datos del Tipo 5.

TIPO 5

PROPUESTAS	PYL	S.A.T.E.	FV
TRANSMITANCIA	U 0,216W/m2.K	U 0,216W/m2.K	U 0,214W/m2.K
CONDENSACIÓN SUP.	NO	NO	NO
CONDENSACIÓN INTR.	NO	NO	NO
PT. PILARES INTEGRADOS	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. FRENTE DE FORJADO	Ψ 0,610W/mK	Ψ 0,000W/mK	Ψ 0,000W/mK
PT. ESQUINAS ENTRANTES	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK	Ψ 0,080W/mK

Habiendo recopilado en la tabla los resultados de los campos por el HE 1 del CTE. Especificados en la Transmitancia, condensaciones y los puentes Térmicos.se consigue una visión más general del trabajo

Habiendo visto estos resultados en su conjunto podemos clarificar que todas las soluciones aplicadas son inferiores al máximo especificado, del límite principal de transmitancia impuesto, así como tampoco se generan condensaciones tanto superficiales como intersticiales.

El principal problema recae en que la propuesta al interior de PYL, no resuelve el frente de forjado, debiendo proponer una solución auxiliar y más compleja a la hora de aplicar esta solución.

Refiriéndonos a las propuestas aplicadas al exterior las dos presentan resultados parecidos, teniendo únicamente como valores dispares la transmitancia siendo inferior la solución de fachada ventilada.

La recomendación en este tipo de fachadas sería, como en la mayoría de tipologías, el uso de la solución aplicada al exterior, de Fachada Ventilada, por su reducido valor en todos los campos.

Las fichas realizadas anteriormente definen en detalle los resultados para cada tipo, dando una recomendación particular a cada uno de ellos.

Pero es necesario observar en conjunto todas y cada una de las propuestas de rehabilitación. Para ello se ha hecho unas gráficas donde se comparan las propuestas de rehabilitación en todas las tipologías.

Las gráficas de estas propuestas se organizan, primero la aplicada al interior de PYL, posteriormente las aplicadas al exterior, de SATE y por último la de Fachada Ventilada.

En todas ellas se estudia las propuestas, en relación a las transmitancias, en el eje vertical, y las tipologías, en el eje horizontal, conteniendo en su interior las imágenes gráficas de su detalle constructivo.

La intención de este análisis es la relación de las propuestas con las tipologías en conjunto, optando por encontrar con que tipología consigue el valor más bajo de transmitancias. Aunque hay que tener en cuenta que cada tipología tiene una transmitancia inicial determinada por su composición.

La transmitancia inicial de la que parte es diversa entre sí, pero para una vista general, es clarificante como el caso en el que se obtiene el valor más bajo transmitancia es el tipo 5, el cual ya contenía en su interior una capa de aislamiento. Posteriormente se encuentra la tipología 2 diferenciándose de las demás por ser la primera fachada que incluye una cámara de aire y doble cada de fábrica, siendo la capa exterior de gran espesor.

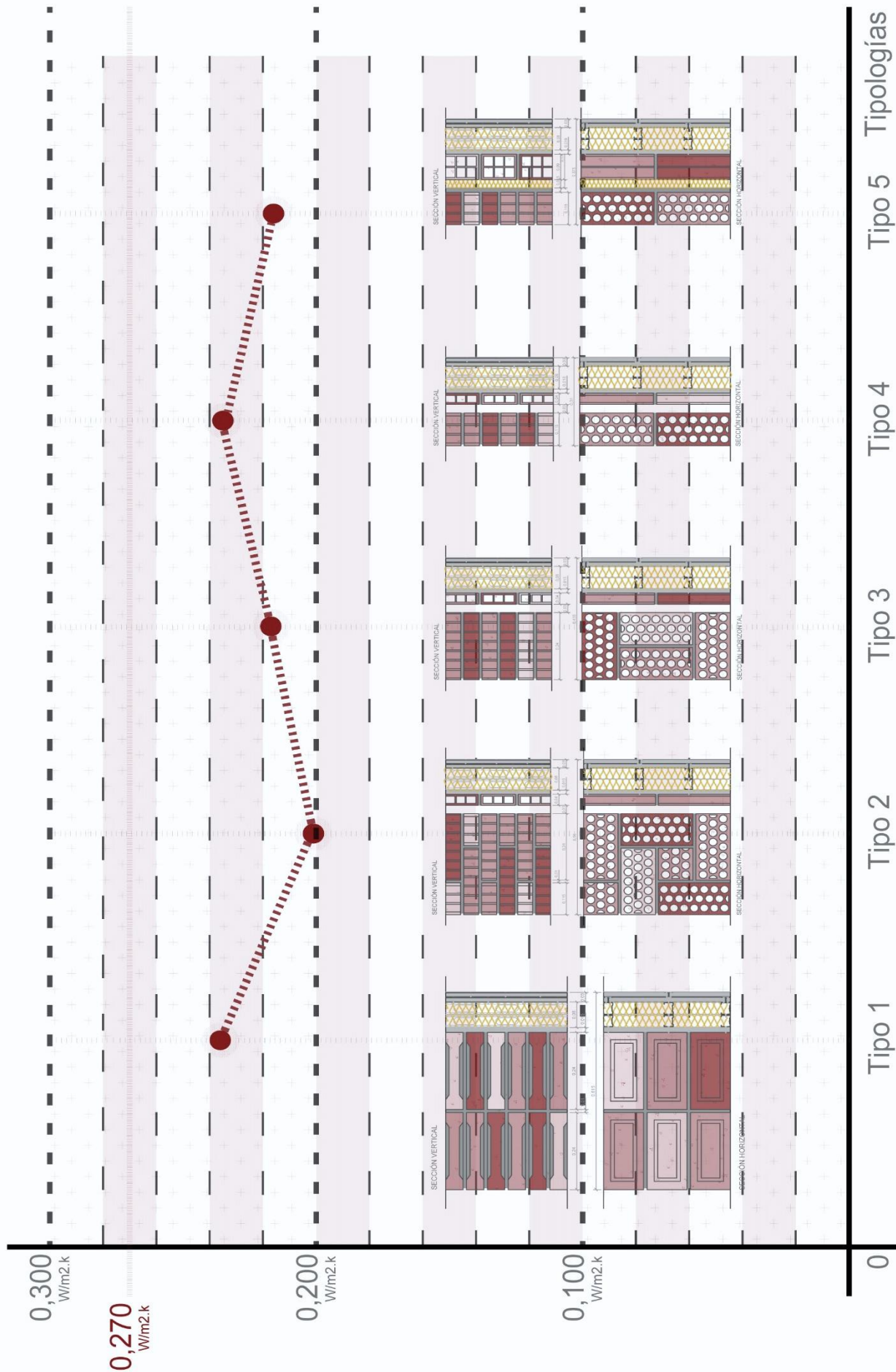
A continuación tendríamos el tipo 3 al cual se le reduce esta capa mencionada pero no llega al mínimo espesor como en el caso 4, posterior a este, el cual reduce demasiado su espesor, requiriendo en gran medida de una capa aislante. El último tipo, es el primero ya que solo contiene una capa en la fachada de muro de carga.

Estas son las posiciones de menor a mayor valor de transmitancias de todas las gráficas que veremos a continuación, y será la última de ellas la que marce en definitiva la respuesta final, ya que se combinan todas las gráficas anteriores, comparando únicamente entre si las tres propuestas.

La conclusión que podemos determinar es que, en cuanto a transmitancias, la propuesta de Fachada ventilada contiene el menor valor, y como resumen de las conclusiones particulares de este apartado, es esta misma solución la que se recomienda en mayor medida, quedando en la mejor propuesta para la rehabilitación de viviendas existentes.

SOLUCIONES DE P.Y.L

U Transmitancias



U Transmítancias

SOLUCIONES DE SATE

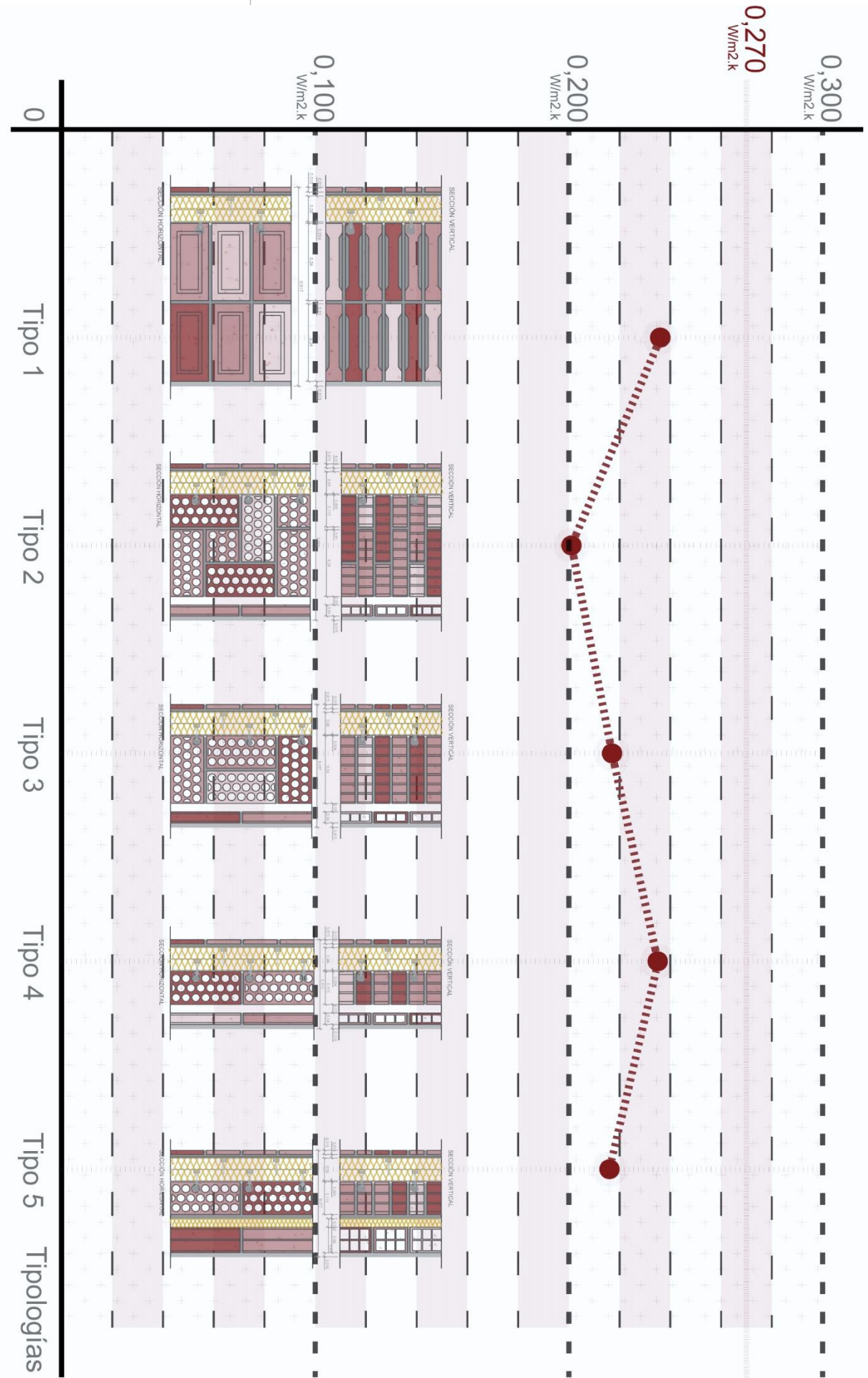
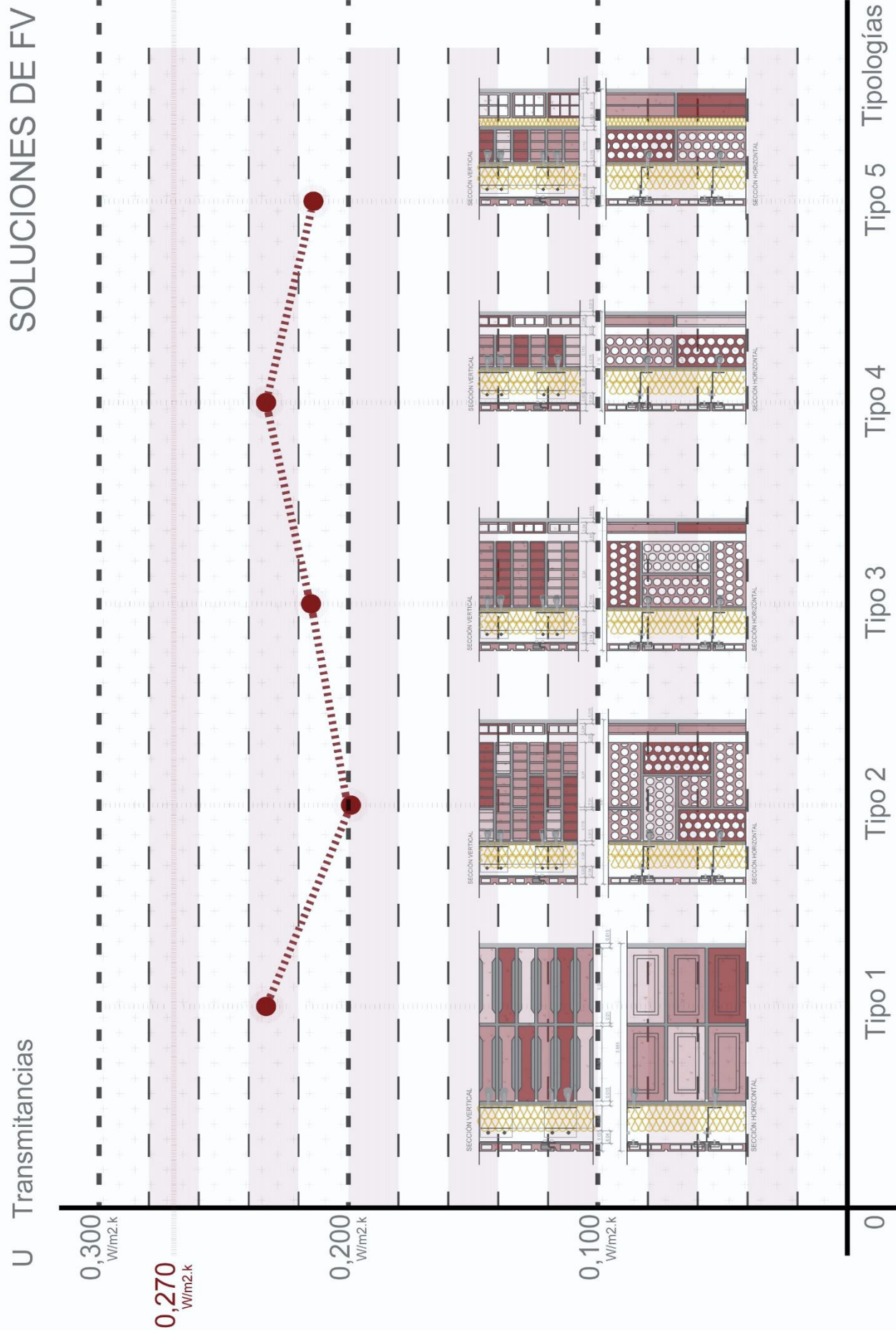
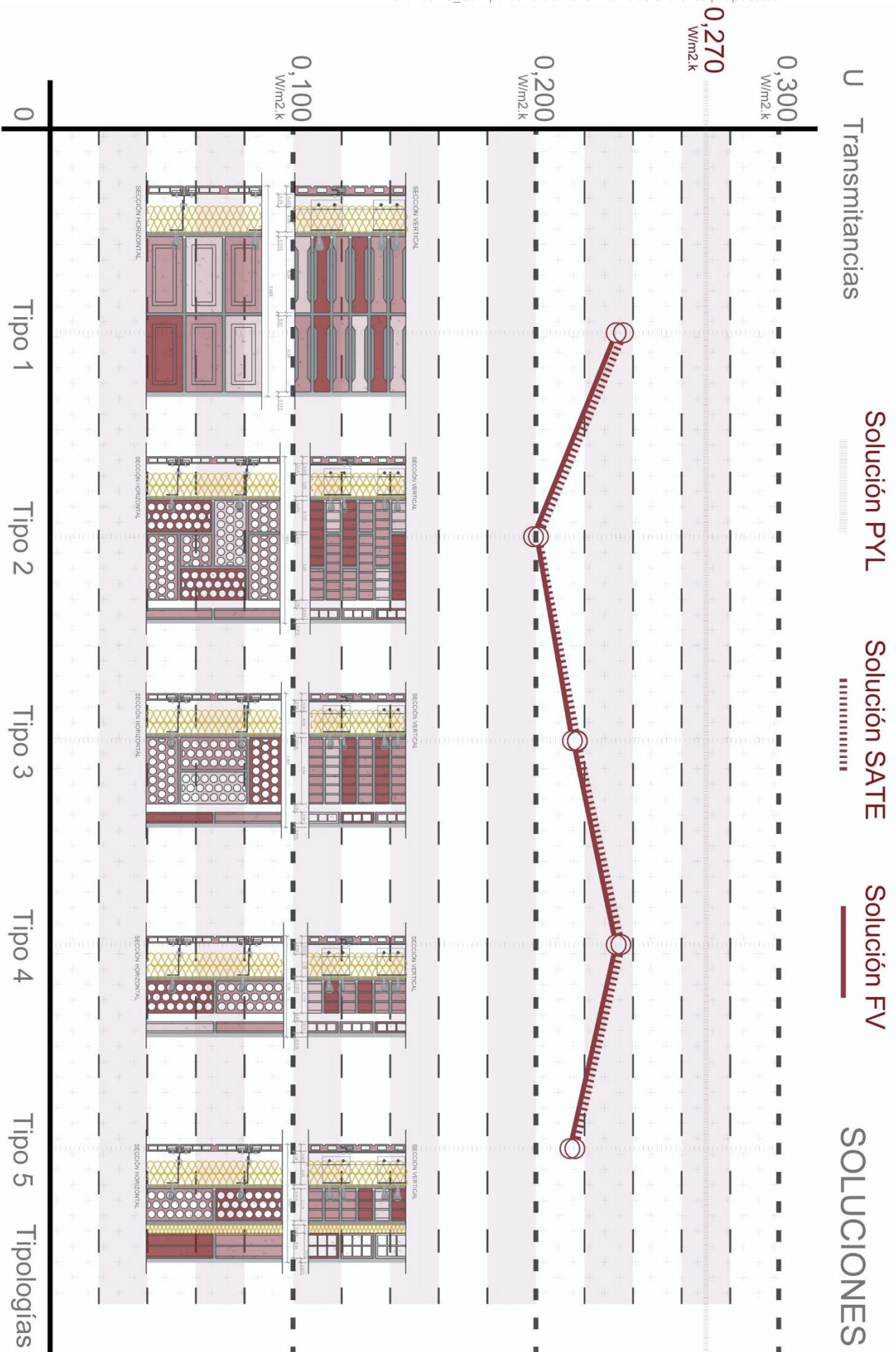


Gráfico 9_Comparativa de transmitancias entre los tipos de la propuesta de FV.





VII.II BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

TESIS DOCTORALES

9_ ORCAJO PICÓN, Jacinto. (2014). Tesis Doctoral, *La evolución de las lesiones en las fachadas de ladrillo visto y su relación con los cambios en los sistemas constructivos*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura: Universidad de Valladolid.

12_ CAMINO OLEA, María Soledad. (2001). Tesis Doctoral, *Construcción y Ornamentación de las fachadas de ladrillo prensado, al descubierto, en la ciudad de Valladolid*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura: Universidad de Valladolid.

REVISTAS

7_ ALMUIÑA FERNÁNDEZ, Celso. *Empresarios y empresariales, La "Burguesía Harinera" castellana: un "nuevo" tipo de empresario*, en Anales de estudios económicos y empresariales nº 4 (1986).

8_ M^a ADELL, Josep; **VEGA**, Sergio. (2005). *La fachada contemporánea con ladrillo: cerramiento tipo*. En Informes de Construcción, Vol. 56, nº 495.

11_ M. A. RODRÍGUEZ ESTEBAN, M. S. **CAMINO OLEA**, M. P. **SÁEZ PEREZ**. (2014). *El Ladrillo en la Arquitectura Ecléctica y modernista de la ciudad de Zamora: análisis de los tipos, los aparejos y la ejecución de los muros*. En Informes de la Construcción, Vol. 66, nº 535.

13_ Ministerio de vivienda. (2006). *REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. BOE, 11816, 74, De Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado Base de datos. (12/07/2015)

14_ Ministerio de vivienda. (2006). *REAL DECRETO 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*. BOE, 27548, 89, De Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado Base de datos. (12/07/2015)

15_ Ministerio de vivienda. (2013). *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, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo*. BOE, 67137, 219, De Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado Base de datos. (12/07/2015)

24_ Ministerio de Fomento. (2014). *DA DB-HE / 3, Puentes térmicos. Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía Código Técnico de la Edificación*. Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo

CONSULTAS EN INTERNET

1_ Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo; Ministerio de Fomento. (Abril 2014). *Observatorio de vivienda y suelo, Boletín Especial Censo 2011 Parque edificatorio*, de Ministerio de Fomento, Sitio web:

<<http://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BAW021>> (29/06/2015)

2_ El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. (Junio 2010). *DIRECTIVA 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios* (refundición), del BOE, Sitio web:

<<http://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>> (29/06/2015)

3_ Centro de convenciones Mapfre Madrid. (2012/2013). *Evaluación de la sostenibilidad en la rehabilitación de envolventes*, del Congreso E4R; casos prácticos de rehabilitación energética de edificios, Sitio web:

< <http://www.e4rproject.eu> > (18/05/2015)

4_ ArteHistoria. (Diciembre 2005). *Valladolid*, de ArteHistoria, Sitio web:

<<http://www.artehistoria.com/v2/lugares/241.htm>> (01/07/2015)

5_ CIVITATIS. (Julio 2000). *Historia de Valladolid*, de CIVITATIS, Sitio web:

<<http://www.valladolid.com/historia>> (01/07/2015)

6_ Foros castilla, *Breve historia del Valladolid industrial y comercial*, Sitio web:

<<http://foroscastilla.org/foros/index.php?topic=15353.0;wap2>> (04/07/2015)

10_ La Cisternigacuestas. *Las Fábricas de Tejas y Ladrillo*, de Jafmon Sitio web:

<<http://lacisternigajafmon.blogspot.com.es/p/1-las-fabricas-de-tejas-y-ladrillos-en.html>> (10/07/2015)

16_ Acuatroarquitectos. (2012). *Rehabilitación Energética de Edificios*, de WordPress, Sitio web:

<<http://www.rehabilitacionenergetica.com/fachadas/>> (21/07/2015)

17_ URSA Ibérica Aislantes, S.A. (2014). *Catálogo de Rehabilitación Sostenible, Ahorra Energía en tu Espacio*, de Congreso Mundial de Edificación Sostenible, Sitio web:

<<http://www.ursa.es/es-es/productos/Documents/catalogo-rehabilitacion.pdf>> (24/07/2015)

18_ ROCKWOOL Firesafe insulation. (1994). *Trasdosado PYL*, de ROCKWOOL PENINSULAR Sitio web:

<<http://www.rockwool.es/productos+y+soluciones/u/2011.construction/1959/fachadas/aislamiento-por-el-interior/trasdosado-pyl>> (23/07/2015)

19_ URSA Ibérica Aislantes, S.A. (Abril 2014). *Catálogo de Rehabilitación Sostenible, Ahorra Energía en tu Espacio*, de Congreso Mundial de Edificación Sostenible Sitio web:

<<http://www.ursa.es/es-es/productos/Documents/catalogo-rehabilitacion.pdf>> (24/07/2015)

20_ ISOVER SAINT-GOBAIN. (2014). *Guía de Montaje para Fachadas SATE.*, de ISOVER SAINT-GOBAIN, Sitio web:

<<file:///C:/Users/Sara/Downloads/Manual-Montaje-SATE.pdf>> (24/07/2015)

21_ Sistema Masa. (2012). *Fachada Ventilada*, de Sistema Masa, Sitio web:

<<http://www.sistemamasa.com/index.php/indice-esp/fachada-ventilada-esp>> (23/07/2015)