

Energy simulation supported by tests and monitoring for the rehabilitation of the envelope of the public school of Ermitagaña Pamplona – Spain

Karin Rosario Rodríguez Neira, Master
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, krodriguez@unsa.edu.pe

Abstract– The energy consumption of buildings is an important issue since the construction sector is one of those responsible for energy consumption, both in its construction phase and in the maintenance stage, so precisely the energy rehabilitation of buildings plays an important role in the energy saving of the sector.

This work will show the improvement of the opaque elements of the building envelope, that is, the rehabilitation of the walls as part of a comprehensive study of energy rehabilitation for the Public School of Ermitagaña in the city of Pamplona Spain, where criteria were applied of sustainability as well as for the energy improvement as well as the environmental comfort of the users, to the analysis of the building tests and monitoring with specialized sensors were carried out, as well as the approach of the improvement of the envelope prioritizing the use of materials of low environmental impact.

To determine the improvement and the impact of the rehabilitation, different scenarios of improvement were simulated with the use of energy simulation tools such as design building software, improvements that were quantified and the relevance of these in their contribution to the reduction of energy consumption, as well as the reduction of the environmental impact of the building.

Keywords: *Energy efficiency, Building monitoring, Envelope rehabilitation, Design builder*

Digital Object Identifier (DOI): http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.292 ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390
--

Simulación energética respaldada en ensayos y monitorización para la rehabilitación de la envolvente del colegio público de Ermitagaña Pamplona –España

Karin Rosario Rodríguez Neira, Master
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, krodriaguezn@unsa.edu.pe

Resumen—El sector de la construcción genera una gran cantidad de emisiones de CO2 al medio ambiente, las edificaciones producen un impacto durante todas las etapas de su ciclo de vida, por mencionar algunas tenemos el consumo de recursos materiales, el alto gasto energético y la gran cantidad de residuos generados, en lo que respecta al etapa de uso el alto consumo energético hace que la rehabilitación energética de los edificios cobre una gran importancia para mitigar los consumos del sector.

En el presente trabajo se muestra la propuesta de mejora de los elementos opacos de la envolvente del edificio como parte de un estudio integral de Rehabilitación energética para el Colegio Público de Ermitagaña en la ciudad de Pamplona España, donde se aplicaron criterios de sostenibilidad para la mejora energética y el confort ambiental de los usuarios, para el análisis del edificio se realizó ensayos y monitorización con sensores especializados, así como el planteamiento de la mejora de la envolvente priorizando el uso de materiales de bajo impacto ambiental.

Para determinar la mejora y el impacto de la rehabilitación se simuló diferentes escenarios con el uso de la herramienta de simulación energética del software DesignBuilder, mejoras que fueron cuantificadas determinándose la pertinencia de estas en su contribución a la reducción del consumo energético, así como a la disminución del impacto ambiental del edificio.

Palabras clave—Eficiencia energética, monitorización de edificio, rehabilitación de envolvente, DesignBuilder.

Abstract— The construction sector generates a large amount of CO2 emissions to the environment, buildings produce an impact during all stages of their life cycle, for example, the consumption of material resources, high energy expenses and the large amount of waste generated, in respect of the use stage, the high energy consumption makes the energy rehabilitation of buildings an important way to mitigate consumption in the sector.

This work shows the proposal to improve the opaque elements of the building envelope as part of the comprehensive study of energy rehabilitation for the Ermitagaña Public School in the city of Pamplona Spain, where sustainability criteria were applied for energy improvement and the environmental comfort of the users, for the analysis of the building, tests, and monitoring were carried out with specialized sensors, as well as the approach to improving the envelope, prioritizing the use of materials with low environmental impact.

To determine the improvement and the impact of the rehabilitation, different situations will be simulated with the use of the energy simulation tool of the DesignBuilder software, improvements that were quantified by determining the relevance of these in their contribution to the reduction of energy consumption,

as well as the decreased environmental impact of the building and the reduction of the environmental impact of the building.

Keywords: Energy efficiency, building monitoring, envelope rehabilitation, DesignBuilder.

I. INTRODUCTION

Actualmente el consumo de energía en los edificios residenciales y comerciales representa aproximadamente el 40% del consumo total de energía final y el 36% de las emisiones totales de CO2 de la Unión Europea [1] Según la iniciativa Europea 20-20-20 para este año 2020 se debe llegar al objetivo de la reducción de un 20% de las emisiones de efecto invernadero, ahorrar un 20% del consumo de la energía e incrementar un 20% el uso de las energías renovables; acorde con los objetivos planteados por la UE el sector de la construcción debe incorporar en su actuación estas metas a fin de contribuir con su cumplimiento, mejorando a su vez la calidad de vida de los usuarios y a la sociedad ya que la repercusión al final tendrá un carácter global, lo cual es reafirmado y reforzado en el año 2018 con la publicación de la directiva N°2018 /844/UE donde se incluye metas aún más ambiciosas e incluso la consideración de los edificios de consumo energético nulo (NZEB's)[2]

Al corresponder el caso de estudio a un tipo de edificación de uso educativo, permite investigar sobre la aplicación de criterios de rehabilitación energética, bastante estudiados y aplicados en los edificios de viviendas a otro tipo de infraestructura con gran potencial ya que existe una buena cantidad de edificios de uso educativo que fueron construidos antes de la entrada del Código Técnico de Edificación, por lo que las mejoras en la eficiencia energética que se puedan realizar significara un gran impacto sobre estas.

II. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

A. Descripción del edificio

El colegio Público de Ermitagaña empezó a funcionar en el año 1976 por lo que este fue construido antes del código técnico de edificación español, el nombre del colegio fue asignado por el Ayuntamiento de Pamplona, actualmente el colegio es de un régimen mixto y atiende a un alumnado de educación infantil y primaria y depende del Departamento de Educación y Cultura del Gobierno de Navarra, mientras que el

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.292>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

mantenimiento conservación del personal no docente corren a cargo del Ayuntamiento de Pamplona.

Se trata de una volumetría compacta PB+2 es un paralelepípedo rectangular con un patio interior en torno al cual se ordenan todos los espacios del centro educativo, la superficie construida es de 3,342.34 m² con unas dimensiones máximas en planta de 40 m x 27.5m, la altura libre entre plantas es de 3.05m y el patio está cubierto por un lucernario a 4 aguas de policarbonato.

La morfología de la planta de los espacios se repite en todas las alturas del edificio, se trata de una distribución en torno al patio, conectado por un pasillo que rodea este, las aulas se ubican en todas las orientaciones del edificio lo cual favorece la iluminación y la captación de la energía por radiación solar.

III. Clima en Pamplona

De acuerdo con la tabla B-1 Zonas climáticas de la Península Ibérica del Documento Básico HE Ahorro de Energía, para una altitud menor a 600 m.s.n.m. la clasificación corresponde la zona climática D1. [3]

El clima de Pamplona es de transición entre mediterráneo y atlántico. Se caracteriza por ser templado-frío, lleno de contrastes y varía de un año a otro. En general es un clima agradable, aunque se pueden registrar temperaturas superiores a los 35 grados en julio y agosto e inferiores a los 0 grados en enero, en la figura 1 se muestran los datos de temperatura en combinación con la humedad relativa.

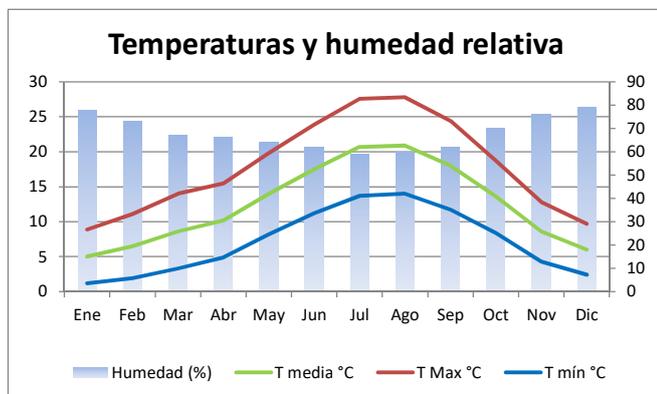


Fig. 1 Temperatura y humedad relativa en Pamplona.

C. Características de los elementos de la envolvente del edificio.

Dado que la superficie de la envolvente es quien controla el intercambio de energía con el exterior y repercute en el confort térmico del interior del edificio, fue necesario conocer el estado actual de la envolvente para poder modelarla y posteriormente simular las mejoras, encontrándose la siguiente composición



Fig. 2 y 3 Fachadas del edificio. Fuente: fotografías tomada por el autor

- La mayoría del cerramiento opaco es decir muros que conforma la envolvente del edificio son de 32 cm de espesor y está compuesto de exterior a interior por las siguientes capas, Hormigón de 17 cm de espesor, Cámara de aire vertical sin ventilar de 8 cm, Fabrica de ladrillo sencillo de 7 cm,
- Cubierta es una placa de 10 cm de hormigón armado aligerada con poliestireno expandido, sobre la cual se apoyan una chapa grecada precalada con aislamiento interior de 3 cm de poliuretano
- Los elementos translucidos están compuestos por ventanas de carpintería de madera y vidrio simple de 5mm de espesor.

III. ENSAYOS Y MONITORIZACIÓN

A fin de conocer los valores de transmitancia de muros y condiciones ambientales del edificio del colegio, se realizaron durante 8 días del 23 al 29 de abril del 2014, diferentes ensayos y monitorizaciones que a continuación se detallan:

A. Ensayo de Termoflujometría

Para el ensayo de termoflujometría se midió con las sondas tipo NTC y PT100 la temperatura ambiente externa e interna, temperatura superficial de muro externa e interna y el flujo de calor registrado por la placa de termoflujometría. Estos equipos registraron por 8 días datos, los cuales fueron analizados utilizando el software AMR Control que permitió realizar una estimación de los valores de la transmitancia del muro típico, obteniendo la gráfica de la fig. 4.

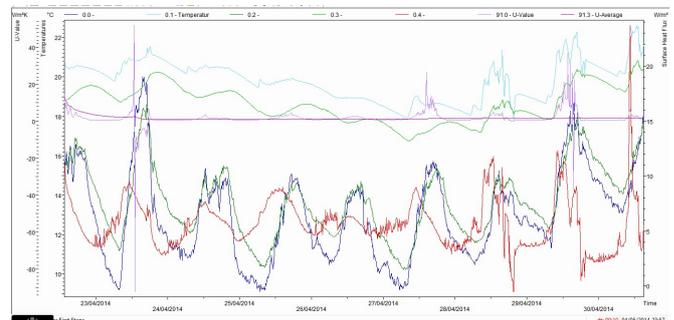


Fig. 4. Transmitancia del muro típico.

Del análisis de la gráfica anterior se ha tomado los días donde la temperatura y la variación de la transmitancia se han mantenido más estables llegando al a un valor de 1.60 W/m²K valor que servirá para modelar la envolvente en el programa DesingBuilder.

B. Informe termografico

El informe corresponde a la realización de una inspección de la envolvente del Colegio Público de Ermitagaña, con base en el uso de una cámara de termografica para la detección de irregularidades térmicas y de infiltraciones en la envolvente, siguiendo la guía de la norma UNE EN 13187.

Se trata de un proceso de análisis de información térmica que se realiza a distancia no es intrusivo ni afecta de manera alguna al objeto de estudio, se realiza en tiempo real y es bidimensional ya que nos permite comparar diferentes zonas del objeto de medida, una visión general del problema y el análisis del campo térmico. El equipo que se ha usado para obtener las imágenes termográficas es una cámara de la marca Flir, modelo B250.

Del análisis realizado se identificó que las mayores pérdidas en la envolvente se dan a través de los puentes térmicos de pilares y vigas ya que no disponen de un aislamiento térmico que evite tales perdidas, se puede indicar que el aislamiento que presentan los muros es escaso o nulo porque se han identificado perdidas de calor a través de estos cerramientos, así como en las carpinterías de los vanos del colegio como se puede apreciar en las figuras 5 y 6.

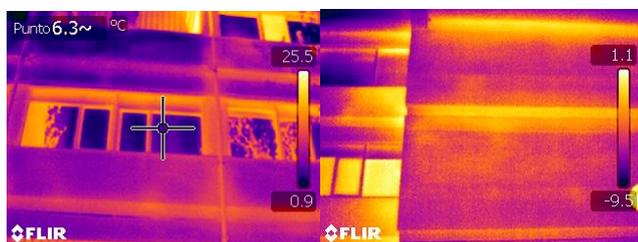


Fig. 5 y 6. Termografías se identifica puentes térmicos e infiltraciones
Fuente: termografías tomada por el autor

C. Test de blower door

Para medir la permeabilidad de la envolvente del colegio público de Ermitagaña se realizó el ensayo de puerta ventilador en 3 aulas de la institución, esta sirvió para detectar los puntos críticos de las infiltraciones en la envolvente toda la prueba se realizó siguiendo la guía de la norma UNE EN 13829:2000.

El equipo utilizado en la prueba de puerta ventilador fue Minneapolis BlowerDoor, cámara termográfica de la marca Flir, modelo B250 y medidor de temperatura Testo, con este ensayo de BlowerDoor, se verifica la existencia de infiltraciones por ejemplo en un aula el valor de 7.20 renovaciones por hora a una presión de n50, denota la importancia en intervenir en la mejora de la envolvente, así

mismo se siguen observando las infiltraciones ver fig. 7 y 8 a través de las ventanas practicables de la carpintería de madera ya que no han recibido el mantenimiento adecuado durante la etapa de uso, de lo cual ha generado problemas como grietas, pandeo y desprendimiento de junquillos por donde fácilmente se pierde el calor, siendo que las aulas cuentan con una ventana corrida de lado a lado que representa alrededor del 50% del área de la fachada exterior del aula, afecta ampliamente el consumo de calefacción.



Fig. 7 y 8. Termografía tomada en el ensayo blower door se identifican infiltraciones. Fuente: fotografía y termografía tomada por el autor

D. Inspección de la cámara de aire

Considerando la existencia de una cámara de aire en el muro de la fachada del edificio y siendo una alternativa de intervención la inyección de material aislante dentro de esta, se realizó la inspección de esta con una cámara de inspección con boroscopio ratificándose la idoneidad de la propuesta ya que se comprobó el espesor de 8cm de la cavidad, así mismo se encontraba limpia y libre de residuos requisitos fundamentales para implementar este tipo de medida.

IV. SIMULACIÓN ENERGÉTICA DESIGN BUILDER

A. Simulación Energética del Estado Actual

A fin de plantear medidas de mejora en el edificio del colegio público de Ermitagaña se utilizó el programa de simulación energética DesingBuilder, con los datos conocidos y obtenidos de las monitorizaciones y ensayos se simuló un edificio que se asemeja al máximo al estado actual, luego de lo cual se precedió a aplicar las medidas de mejora.

Alguno de los datos que arrojó la simulación del estado actual determina que las ganancias internas y solares que se dan en el edificio mayormente se realiza gracias al calentamiento sensible de la zona, las ganancias solares por ventanas exteriores y la iluminación general también aporta al ambiente, también se corroboran los datos ya recogidos por los ensayos y monitorizaciones verificándose que se presentan grandes pérdidas por las infiltraciones, así mismo nos indica que en cuanto a los cerramientos las mayores mermas se dan a través del muro y los acristalamientos, determinándose las características de la envolvente.

- **Fachadas**
De los datos conseguidos tanto con el ensayo de termoflujo comparados con la simulación energética vemos que la envolvente térmica no cumple con la normativa actual ya que esta debe ser menor a 0.66 W/m²K y los datos arrojados nos dan una transmitancia entre 1.60 a 1.548 W/m²K por lo que la U del edificio supera ampliamente el límite establecido en el CTE [3], debido a que la composición del muro no presenta aislamiento térmico.
- **Cubiertas**
En lo que respecta a la cubierta esta se encuentra en muy buen estado sin embargo los cálculos nos arrojan una transmitancia de 0.39 W/m²K lo cual está muy cerca de cumplir con lo solicitado en el CTE que es un 0.38 W/m²K.
- **Carpinterías puertas, ventanas, cajas de persianas**
Los test de BlowerDoor y el estudio termográfico constatan la poca estanqueidad que proporcionan las carpinterías exteriores, se producen gran cantidad de infiltraciones esto debido a que no se le ha dado un mantenimiento adecuado a estos elementos, lo cual es corroborado con la simulación del estado actual donde gran pérdida de energía se da a través de este elemento.
- **Vidrios**
En la actualidad estos son de vidrio simple con una transmitancia DE 5.5 W/m²K muy por encima de lo indicado en el CTE [3] y sin ningún tipo de control solar por lo cual es otro elemento que debe rehabilitarse.

En lo que respecta a los Sistemas de climatización el colegio Ermitagaña cuenta con una sala de calderas para la calefacción la cual consta de 3 calderas de condensación alimentadas a gas.

V. MEJORA DE LA ENVOLVENTE

Tal como demostraron las pruebas y ensayos realizados al edificio la simulación del estado actual del programa Desing Builder nos ratifica que las mayores pérdidas de calor se dan a través de las infiltraciones y la envolvente del edificio (Tabla 1), por lo que la propuesta de medidas pasiva estará destinada a disminuir esas pérdidas y mejorar el confort de los usuarios.

TABLA I
CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA LA ENVOLVENTE E INFILTRACIONES ESTADO ACTUAL

ACRISTALAMIENTO	MUROS	INFILTRACIONES
kwh	kwh	kwh
-106093.9	-109170	-306790.1

Conocidos los consumos energéticos del edificio actual además de su producción por calefacción e iluminación de 146.53 toneladas de CO₂ al año se procedió a determinar algunos escenarios de intervención en su envolvente, además de tener en cuenta que el uso del edificio se da en el ciclo escolar que va del mes de setiembre al mes de junio las propuestas irán enfocadas a mejorar las condiciones de invierno.

A. Materiales de bajo impacto ambiental

Considerando el uso educativo del edificio, la selección de los materiales tendrá un impacto no solo económico y ambiental sino también de salud y confort de los usuarios, que al ser en su gran mayoría niños, son más vulnerables a emisiones y aspectos tóxicos que estos puedan contener, por lo que para la propuesta de mejora se seleccionaron materiales sostenibles de bajo impacto ambiental que redujeran la huella de carbono, realizándose una comparación y ponderación de diferentes materiales disponibles. [4]

Para el sistema de intervención en la envolvente se planteó dos alternativas de intervención una con inyección de un material aislante en la cámara de aire de muro y otra la colocación de un sistema sate [5] en ambos casos se hizo la comparativa entre la utilización de los materiales naturales y materiales de uso convencional para determinar las mejoras en el impacto ambiental [6]

B. Mejora de la envolvente con inyección de material aislante en cámara de aire

Esta medida tiene un bajo impacto ambiental a fin de determinar la idoneidad de los materiales se ha comparado 3 diferentes aislantes, uno derivado del petróleo como es el poliestireno expandido, otro de origen mineral lana de roca suelta y finalmente uno de origen natural celulosa y se ha realizado la comparación en cuanto a energía embebida, impactos ambientales y emisiones del CO₂. Los datos medioambientales han sido recopilados de la base de datos de la metaBase del ITEC,[7] así como de la página web de GreenSpec,[4] organización dedicada a promover materiales sostenibles en Reino Unido a continuación se muestran los resultados de las comparaciones.

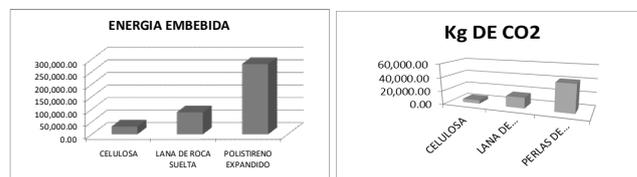


Fig. 9 y 10. Comparativa en energía embebida y Kg de CO₂ del material aislante

- En cuanto a la energía embebida se encontró que existe una reducción de un 89% de consumo de energía, entre la elección de un material natural como la celulosa y el poliestireno extruido y una reducción

de un 69% de consumo de energía entre una lana de roca y el poliestireno extruido.

- Respecto a las emisiones de CO₂ que se producen con la elección del material aquí se obtiene que la celulosa tiene un bajo impacto ambiental con una reducción del 88% frente a un poliestireno y un 70% frente a una lana de roca.

De las comparaciones realizadas respecto a impactos ambientales, la celulosa es la más idónea para reducirlos, seguido por la lana de mineral teniendo en su contra la energía necesaria para su producción, considerando los dos materiales menos contaminantes celulosa y lana de roca se ha simulado estos dos escenarios con lo que hemos conseguido los datos de nueva transmitancia de la envolvente, así como los consumos en calefacción y la emisión de CO₂ generados, estos resultados se muestran en la siguiente tabla II:

TABLA II
COMPARATIVA DE MEJORAS CON INSUFLADO DE MATERIAL AISLANTE

	Estado actual	Insuflado de celulosa	Insuflado de lana de roca
Transmitancia del cerramiento muros W/m ² k	1.548	0.407	0.407
Consumo de gas calefacción(MWh/año)	288.04	244.59	254.65
Producción de co ₂ (kgco ₂ /año)	146529.7	138055.8	138068.6

- Respecto a la transmitancia se observa que existe una gran mejora comparado al estado actual siendo esta igual en ambos casos, con la inyección de celulosa o de lana mineral suelta, esta reducción en la transmitancia a 0.407 W/m²K es suficiente para cumplir con lo indicado con el CTE para la zona climática D1 que marca como límite un 0.66 W/m²K.
- En lo que respecta a los consumos de gas en calefacción vemos que con la aplicación de esta medida mejora, ya que comparado con el estado actual del colegio hay una reducción de un 15% del consumo con la inyección de celulosa y un 12% con la lana de roca.
- Considerando la mejora en el consumo de combustible se han reducido las emisiones de CO₂ generadas por el sistema de calefacción, con respecto al estado actual en un 5.78 % con la celulosa y un 7.75% con la lana de roca.

C. Mejora de la envolvente con sistema SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior)

El sistema de aislamiento térmico y acústico de fachadas por el exterior, compuesto por un panel de aislamiento térmico

y un acabado exterior de mortero aplicado sobre una malla de refuerzo las ventajas de este sistema es que se consigue la eliminación de los puentes térmicos en pilares frentes de forjado caja de persianas, aumentando la inercia térmica de la envolvente, es un aislamiento impermeable al agua y permeable al vapor de agua por lo que se evita el riesgo de condensaciones, además de añadir una recuperación estética a la fachada del edificio.

Siendo este sistema compatible con las características del edificio del colegio se ha simulado diferentes estados de actuación con este sistema, utilizando como aislamiento paneles de corcho y de lana mineral con diferentes espesores, comparando como en el caso anterior los impactos ambientales y reducción de consumos energéticos.

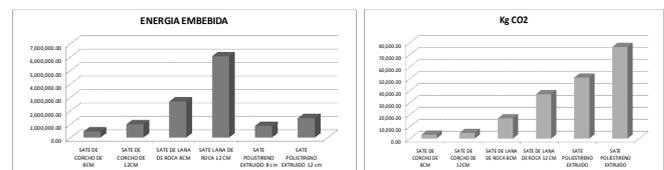


Fig. 11 y 12. Comparativa en energía embebida y Kg de CO₂ del material aislante

- En cuanto a la energía embebida de los materiales se realizó la comparación entre 3 diferentes aislantes corcho, lana de roca y poliestireno extruido con espesores de 8 cm y de 12 cm cada uno considerando la cantidad de material necesario para la rehabilitación de la fachada del colegio. Para ambos espesores el aislamiento con SATE de corcho consume menor energía que los materiales minerales y derivados del petróleo, sin embargo, en este caso el poliestireno al ser un material más ligero consume menos energía que una lana mineral. Como el caso de un espesor de 8cm se tiene que el corcho contiene un 49% de energía embebida que el poliestireno extruido mientras que comparado con una lana mineral se requiere un 84% menos de energía para su producción.
- Continuando con la comparación entre los materiales determinamos las emisiones de CO₂ que se producen con la elección del material, el material corcho reducimos ampliamente las emisiones de CO₂ frente a los otros materiales. Para un espesor de 8cm reducimos un 80% de emisiones frente a una lana de roca mineral, y un 93% respecto a un poliestireno extruido.

De los resultados que nos da la simulación energética hemos tomado la nueva transmitancia de la envolvente, así como los consumos en calefacción y la emisión de CO₂ generados, estos resultados se muestran en la tabla III.

TABLA III
COMPARATIVA DE MEJORAS CON INSUFLADO DE MATERIAL AISLANTE

	Estado Actual	Sate corcho 8cm	Sate corcho 12cm	Sate lana de roca 8 cm	Sate lana de roca 12cm
Transmitancia del cerramiento muros W/m ² k	1.548	0.362	0.26	0.31	0.221
Consumo de gas calefacción(MWh /año)	288.04	242.38	228.11	240.5	237.01
Producción de co ₂ (kgco ₂ /año)	146529.7	137626.1	134842	137259	136577

- Respecto a la transmitancia térmica este valor observamos que existe una gran mejora comparado al estado actual así mismo se ve que la mejora realizando el cerramiento tanto corcho o con paneles de lana de roca es similar, además de cumplir con lo indicado con el CTE para la zona climática D1 que marca como límite un 0.66 W/m²K.
- En lo que respecta a los consumos vemos también una mejora en este punto ya que comparado con el estado actual del colegio en el caso de un espesor de 8 cm de corcho hay una reducción de un 15.85 % y un 16.50% con la lana de roca.
- Para el espesor de 12 cm se ve una reducción del consumo de combustible para el corcho de 20% y una de para la lana de roca de 17.71%.
- Considerando la mejora en el consumo de combustible se han reducido las emisiones de CO₂ con respecto al estado actual para el caso del corcho un 6.07% para un espesor de 8 cm y un 7.9% para el espesor de 12 cm.
- En el caso del aislamiento con sate de lana de roca se reducen un 6.35% para el espesor de 8 cm y un 6.79% para el espesor de 12 cm.

VI. CONCLUSIONES

Los ensayos y monitorizaciones combinados con la simulación energética en un software permiten tener una mayor certeza de los resultados obtenidos en la simulación puesto que permite partir de un estado actual mucho más cercano a la realidad y corroborar información brindada por el software

Los resultados obtenidos en las monitorizaciones ensayos y simulación energética determinan que la mayor pérdida de energía se da a través de las infiltraciones y cerramientos, por lo que la intervención en estos es imprescindible para mejorar el confort, reducir la demanda, consumos energéticos y emisiones de CO₂.

En lo que respecta a los cerramientos opacos se ha establecido que con el sistema SATE se obtienen mejores resultados que con la técnica de inyectado de la cámara de aire, sin embargo, esta última también nos garantiza una buena transmitancia del muro exterior, así como un bajo impacto ambiental, pero no reduce los puentes térmicos y debe tenerse sumo cuidado en su ejecución.

La mejora del edificio con medidas pasivas permite la reducción de la demanda energética, con lo cual es posible plantear sistemas activos más eficientes reduciendo así el consumo energético y emisiones de CO₂ también durante la fase de uso del edificio por lo que el estudio completo incorpora mejoras en la carpintería superficies vidriadas y cobertura.

Todas las medidas planteadas además de ir orientadas a la reducción de consumos energéticos deben mejorar el confort y salud de los usuarios por lo que con la elección de materiales naturales reducimos los impactos ambientales.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado como parte del trabajo final del Master en Diseño y Gestión ambiental de Edificios en la Universidad de Navarra con el apoyo de la Grupo Eulen área de Mantenimiento en Pamplona, por lo que el autor está agradecido con todo el apoyo técnico y administrativo brindado para la realización de este.

REFERENCIAS

- [1] International Energy Outlook 2007, (publicado en Mayo del 2007 por U.S. Energy Information Administration (EIA), <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>).
- [2] Publicada Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, revisión de la Directiva 2010/31/UE de Edificios (2018) recuperado de <https://www.idae.es/noticias/publicada-directiva-ue-2018844-del-parlamento-europeo-y-del-consejo-de-30-de-mayo-de-2018>
- [3] Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE). 2006
- [4] Green products (2014) recuperada Greenspec.co.uk
- [5] Sanchez-Oztiz A (2011) Fachadas cerramientos de edificios. España:Dossat 978-84-939747-0-1
- [6] Granados H (2006) Principios y estrategias del diseño bioclimático en la arquitectura y el urbanismo, eficiencia energética, España Consejo superior de los colegios de arquitectos de España 84-932711-7-9
- [7] Metabase (2014) recuperado de [www.http://. itec.es](http://www.itec.es)