

Análisis, evaluación y diagnóstico del desempeño energético actual de la envolvente del edificio de la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño

Sesión temática: Entorno construido, tecnología y sustentabilidad

PANVINI, María José; Magister Arquitecta; Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario

mjpanvini@yahoo.com.ar

SALDI, Romina; Arquitecta; Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario

rominasaldi@hotmail.com

CHIAPPERO, Agustina; Arquitecta; Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario

agustina.chiappero@gmail.com

MURIALDO, Nancy; Arquitecta; Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario

nancymurialdo@gmail.com

RODRIGUEZ, Sandra; Arquitecta; Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario

unrsandrarodriguez@gmail.com

TETTAMANTI, Luciana; Arquitecta; Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario

arqlucianatettamanti@gmail.com

Resumen

Crear un filtro ambiental para controlar los efectos del clima es una necesidad humana y un desafío que se les presenta a los profesionales de la arquitectura. La adecuada selección de los materiales, la combinación de los mismos, una óptima orientación y diseño de los espacios son algunas exigencias que se deben implementar. El objetivo principal del trabajo es plantear propuestas y/o estrategias de intervención para la adecuación de la envolvente existente del edificio con el fin de que la misma sea energéticamente eficiente. El procedimiento metodológico consistió en una serie de análisis; del sitio, de la energía y del

confort térmico. En base al diagnóstico obtenido, la propuesta de ahorro energético consiste en la implementación del Exterior Insulation and Finishing System (EIFS) como revestimiento y aislación de los elementos opacos; y en la incorporación de cortinas exteriores sumada la colocación de una película de baja emisividad en los vidriados.

Palabras claves: filtro ambiental, indicadores energéticos, propuestas de intervención.

Abstract

Create an environmental filter to control the effects of weather is a human need and a challenge for architectural professionals. The proper selection of materials, their combination, optimal orientation and design of rooms are some requirements that must be implemented. The main objective of the work is to propose proposals and/or intervention strategies for the adequacy of the existing building envelope in order to make it energy efficient. The methodological procedure consisted of a series of analyses; of the site, energy and thermal comfort. Based on the diagnosis obtained, the energy saving proposal consists of the implementation of the Exterior Insulation and Finishing System (EIFS) as a coating and insulation for the opaque elements; and in the incorporation of exterior curtains added the placement of a low-emissivity film in the glazes.

Keywords: environmental filter, energy indicators, intervention proposals.

1. Introducción

Uno de los objetivos de la Arquitectura es diseñar un entorno protector y ambientes confortables para el ser humano. No obstante, en los últimos tiempos no siempre se hace evidente la integración de la actividad constructiva con los ciclos vitales del ecosistema global. Tampoco se evidencia un pensamiento de diseños técnico-constructivos adecuados de la envolvente en relación a las condiciones del clima local para optimizar el consumo energético. De aquí la imperiosa necesidad de toma de conciencia y de acción para mejorar las condiciones aislantes de la “piel” que regula los intercambios energéticos entre el espacio exterior e interior.

Ante esta situación surge el estudio que se encuadra dentro de las tareas realizadas en el Proyecto de Investigación 800 201901 00019UR: “Hacia una cualificación ambiental de la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño de la Universidad Nacional de Rosario. Evaluación y diagnóstico de su desempeño energético actual. Posibles propuestas superadoras”. Su objetivo general es analizar y diagnosticar el desempeño energético de la envolvente del edificio público educacional de la Facultad de Arquitectura de la ciudad de Rosario en su estado actual a fin de realizar su adecuación a los estándares mínimos de

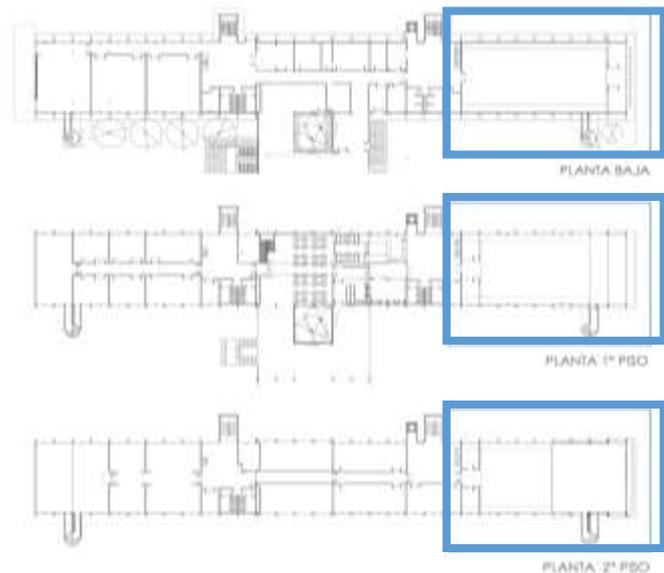
eficiencia energética vigentes con el fin de generar propuestas para obtener un edificio energéticamente eficiente.

Para ello el trabajo se basó en el estudio, análisis de las condiciones ambientales y evaluación del desempeño energético de un sector de dicho edificio. La elección respondió a que el mismo se encuentra en condiciones desfavorables de habitabilidad debido a la inadecuada selección de los materiales empleados y a las estrategias y decisiones proyectuales adoptadas respecto a las distintas orientaciones según su implantación. El estudio provee un indicador numérico de la “eficacia térmica” de la envolvente transformándose en una herramienta de interés en el proceso de evaluación de la posible propuesta a realizar en relación al desempeño de la misma como filtro ambiental.

2. Metodología

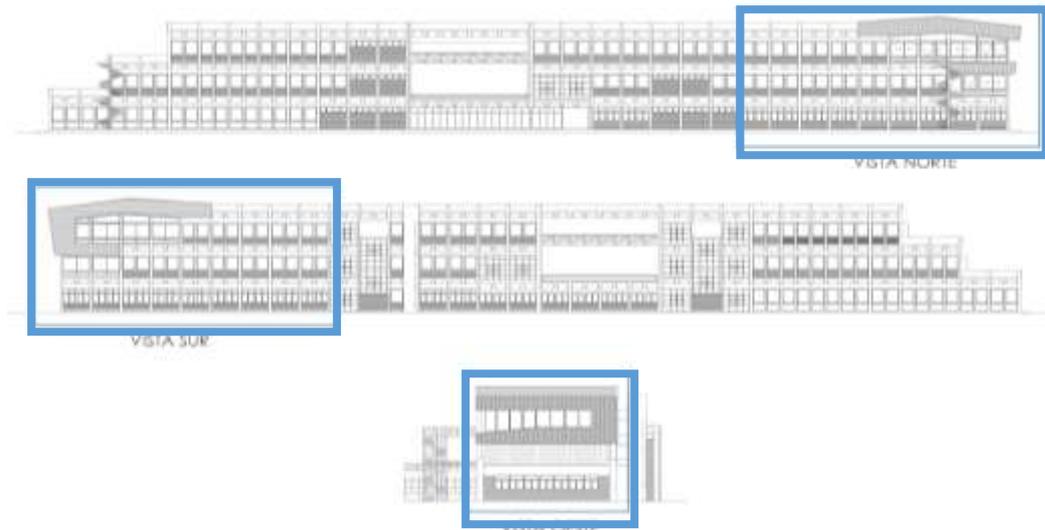
Para el desarrollo del trabajo fue necesario acotar un sector de estudio perteneciente al edificio de la FAPyD. Se seleccionó como unidad de análisis la cabecera Oeste del bloque C (Fig.1 y 2) por tener la mayor superficie expuesta de envolvente. El mismo lo integran los talleres A1, B1 y C1 ubicados en planta baja, planta de 1° piso y de 2° piso respectivamente.

Fig. 1. Plantas del bloque C y la ubicación del sector en estudio



Fuente: Elaboración propia

Fig. 2: Vistas del bloque C y la ubicación del sector en estudio



Fuente: Elaboración propia

Poseen una superficie aproximada de piso de 508,24m² y una superficie de envolvente en contacto con el exterior de 1680,27m² (Fachadas Norte, Sur, Este y Oeste + Cubierta), donde el 30% corresponde al área vidriada. Se consideró la fachada Este lindera con espacios no acondicionados, por este motivo se estimó importante considerarla como superficie también expuesta.

El procedimiento metodológico consistió en una primera instancia en la recopilación de la documentación gráfica del legajo técnico del edificio (planimetrías, detalles constructivos, planillas de carpintería), el relevamiento de la envolvente y el estudio del marco normativo.

Luego se basó en una serie de análisis; del sitio, de la energía y del confort térmico. En el primer caso se estudió el emplazamiento del edificio, los factores geográficos y los parámetros climáticos mediante los Software Climate Consultant 6.0. Se realizó también el relevamiento de la vegetación existente.

Para el análisis energético se verificó la calidad térmica edilicia en función del clima, la incidencia de la orientación y forma del edificio, los indicadores dimensionales 'Factor Área Envolvente Piso' (FAEP Esteves, Gelardi, Oliva 1997) y se estudió el impacto de la radiación solar sobre la envolvente con un Plug in del Software Autodesk Revit denominado Insight Solar Analysis.

Y, por último, el análisis del confort térmico consistió en el estudio de los materiales componentes de la envolvente (Normas IRAM 11601:2002, IRAM 11507/4:2010, IRAM 11507/6:2018), en la verificación de las condiciones higrotérmicas (Ordenanza 8757:2011 Rosario, Normas IRAM 11625:2000 y 11630:2000), en el cómputo de las pérdidas de calor por transmisión a través de la envolvente, en la verificación de su eficacia térmica en

relación a las características de función térmica (Norma IRAM 11604:2001), en el cálculo de la carga térmica anual (kWh/año) y en el etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios (Norma IRAM 11900:2010).

Desarrollo

Análisis de los factores climáticos del sitio

Por un lado, se procedió al análisis de los factores climáticos del sitio mediante la utilización del Software Climate Consultant 6.0 y la Norma IRAM 11603:2012 que, según la clasificación bioambiental argentina, la ciudad de Rosario, donde se ubica la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, pertenece a la zona Bioclimática III a. Esta zona se caracteriza por ser templada cálida con amplitudes térmicas mayores a 14°C por lo que es aconsejable la implementación de edificaciones agrupadas y el uso de todos los elementos y/o recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica.

La temperatura media anual es de 16.9°C. Se registran mayores temperaturas en los meses de Noviembre a Marzo y una temporada fría entre Junio y Julio. Lluève más en verano que en invierno, con un total de entre 800 y 1000mm anuales.

Análisis de la conservación y captación de energía

La forma de los edificios es, en conjunto con las características termo-físicas de los elementos constitutivos de la envolvente, lo que los profesionales de la arquitectura pueden cambiar u optimizar para lograr una construcción energéticamente eficiente.

Dependiendo de dicha forma, el clima ejercerá mayor o menor influencia sobre la misma. Se deben diseñar edificios bien concebidos para que sus pérdidas de energía no sean excesivas, el consumo energético resulte comparativamente bajo y se reduzcan las emisiones de contaminantes que producen efecto invernadero.

Existen variables que permiten determinar si la forma del edificio es o no eficiente. En el caso de este trabajo se utilizó el Factor Área Envolvente Piso – FAEP (Estevez, Gelardi, Oliva 1997) que, a diferencia del Factor Forma, cumple la propiedad de adición, se puede calcular el FAEP correspondiente al techo y a los muros por separado y la suma de ambos dará como resultado el valor total (Tabla 1). El mismo indica la cantidad de veces que la superficie de la envolvente contiene a la superficie del piso. Se empleó este método porque arroja las siguientes ventajas: comparar distintas tipologías de techo manteniendo la misma conformación de los muros y evaluar simultáneamente su comportamiento. Aporta, además, la incidencia en % de cada elemento de la envolvente (muro y techos) en el intercambio con el ambiente exterior (pérdidas o ganancias de calor) y, la última ventaja, la posibilidad de incorporar otros componentes (aberturas) para tener en cuenta su influencia. El valor

obtenido de FAEP es de 3.3 cuando un valor eficiente es de alrededor de 2 y, en edificios grandes puede disminuir por debajo de 1.

Tabla 1. Verificación del Factor Área Envolvente Piso (FAEP)

Perímetro [m]	Sup. Útil [m ²]	Volumen [m ³]	Envolvente [m ²]			FAEP	
			Fachada		Cubierta		Total
			Opaco	Transparente			
96.36	508.24	6099	672.22	499.91	508.24	3.3	

Fuente: Elaboración propia

La radiación solar supone un gran potencial para el calentamiento pasivo de los ambientes. La fachada norte obtiene una mayor radiación solar en los meses más fríos y una menor radiación en los meses más calurosos. Debido a esta ventaja resulta fundamental aprovechar esta condición, principalmente en el último nivel donde la incidencia del ocultamiento producido por los árboles es menor. Se puede hablar de un sistema directo de captación solar donde la ganancia se da directamente a través del vidrio de las aberturas (efecto invernadero). En época invernal tiene la ventaja de que, parte de la captación almacenada, se restituye al ambiente. En períodos cálidos debe protegerse de la radiación solar incidente y el calor generado en su interior debe evacuarse hacia el exterior (Fig.3).

Fig. 3: Gráficos Software Insight Solar Analysis. Situación invierno



. Fuente: Elaboración propia.

Análisis del confort térmico

Para evaluar la calidad térmica del edificio y su envolvente se estudiaron dos indicadores: el Coeficiente Volumétrico G de pérdidas de calor orientado al ahorro de energía en

calefacción según la Norma IRAM 11604:2001 y la Transmitancia Térmica K para muros, techos y aberturas (IRAM 11605:1996, IRAM 11507:2010, Ordenanza 8757:2011 Rosario). Estos indicadores permitieron determinar el grado de eficiencia energética y, a la vez, ser instrumento para la regulación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para garantizar condiciones mínimas de habitabilidad junto con un razonable consumo de energía para climatización, además del cumplimiento de la Norma IRAM 11605:1996, se debe cumplir con lo establecido y/o recomendado en las Normas IRAM 11603:2012, IRAM 11625:2000 e IRAM 11630:2000. El estudio se basó en la aplicación de la Ordenanza 8757:2011 de la ciudad de Rosario que establece que toda construcción a partir de 300m² debe cumplir, en lo que respecta a los elementos constructivos los siguientes valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica: Techos: 0.38 W/m²K, Muros exteriores: 0.74 W/m²K, Cerramientos transparentes con una superficie superior al 60% de la fachada: 1.80 W/m²K, Cerramientos transparentes con una superficie inferior o igual al 60% de la fachada: 2.80 W/m²K.

El edificio original está materializado mediante un sistema estructural de hormigón premoldeado y cerramiento exterior en ladrillo visto. La ampliación realizada años posteriores fue resuelta con una estructura metálica tanto el cerramiento vertical como la cubierta, compuesta por columnas, vigas reticuladas, tubos y correas tipo C.

Se estudiaron térmicamente los elementos componentes de la envolvente (cerramientos horizontales y verticales). Se procedió con el cálculo de la Transmitancia Térmica K y la verificación del cumplimiento de la Ordenanza 8757.

La cubierta original está conformada por los siguientes materiales: chapa, cámara de aire, membrana, carpeta, hormigón de cascote, capa de compresión, hormigón premoldeado y cielorraso de placa de roca de yeso. La cubierta correspondiente a la cabecera está compuesta por chapa, lana de vidrio, foil de aluminio y cielorraso de placa de roca de yeso. Ambas cubiertas no son transitables.

Los resultados arrojados se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Resultados de Transmitancia Térmica de techos

Época del año:	Invierno	Flujo de calor: Ascendente	
Elemento: Techo	Transmitancia Térmica [W/m ² .K]		Cumplimiento
	Calculada	Admisible	
Techo original	0.86	0.38	NO
Techo ampliación	0.52		NO

Fuente: Elaboración propia

El otro componente analizado es el cerramiento vertical opaco. Dicha piel está compuesta por distintos elementos. Para el cálculo de Transmitancia Térmica fue subdividida en sectores. La parte superior, cierre de la viga TT (1) y el dintel (2), materializados ambos con hormigón premoldeado. También existe otro tipo de dintel, que se encuentra en la cabecera Oeste, que está compuesto por un panel de doble chapa separadas por una aislación de poliuretano (3). Otra parte analizada fue el cerramiento vertical de chapa sujeta a una estructura tubular de 100 x 100 x 3.2mm y dos placas de roca de yeso separadas ambas por una cámara de aire (4). Y, por último, se consideró el antepecho ejecutado con mampostería de ladrillos macizos comunes vistos en su cara exterior y revocados con impermeable, jaharro y enlucido en su interior (5). La numeración citada en cada sector se encuentra referenciada en la figura 4.

Fig. 4: Referenciación de sectores de la envolvente vertical para la realización del cálculo de Transmitancia Térmica.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se pueden resumir a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de Transmitancia Térmica de la envolvente vertical opaca

Época del año: Invierno		Flujo de calor: Horizontal	
Elemento: Muro	Transmitancia Térmica [W/m ² .K]		Cumplimiento
	Calculada	Admisible	
Cierre de la viga TT	3.85		NO
Cierre de la viga TT + chapa	2.44		NO
Dintel	3.23	0.74	NO
Dintel opaco fachada Oeste	0.49		SI
Antepecho Mampostería	2.78		NO

Fuente: Elaboración propia

Dichos valores de Transmitancia Térmica K indican que la envolvente edilicia en su mayoría no cumple con los estándares vigentes. Tanto los cerramientos verticales opacos como el techo no verifican el cumplimiento de los valores máximos admisibles por la Ordenanza 8757 para la ciudad de Rosario.

Aunque no es de aplicación obligatoria, igualmente se procedió a la verificación de las condiciones higrotérmicas de los paños centrales de los cerramientos opacos, Riesgo de Condensación Superficial e Intersticial según la Norma IRAM 11625:2000 y la verificación de las condiciones higrotérmicas de puntos singulares.

Para todos los casos se verifica riesgo de condensación superficial e intersticial.

Así mismo se verificó la Transmitancia media ponderada Km del sistema de ventana (vidrio + perfilería) mediante el método simplificado establecido en la Norma IRAM 11507:2010. Como también la verificación del Riesgo de Condensación Superficial en vidrios y perfiles según las Normas IRAM 11625:2000 y 11630:2000.

En el edificio existen cuatro tipos de cerramientos vidriados. La abertura tipo banderola marca CAMEA Serie II de aluminio color bronce colonial cuyo vidrio es de 6mm se encuentra ubicada en la planta baja de las fachadas Norte, Sur y Oeste. En el 1° y 2° piso son de las mismas características que las anteriores, exceptuando el sistema de apertura. Éstas son proyectantes basculantes mediante eje de rotación horizontal medio. Cuando se realizó la ampliación del edificio se implementaron ventanas corredizas marca ALUAR A30 para la orientación Norte y Sur y cuyos vidrios son laminados 3+3. En ese mismo momento, en la fachada Oeste ejecutó el cerramiento del 1° piso con U-GLASS doble.

Se evidencia una envolvente vertical caracterizada por un 43% de superficie vidriada y un 57% de superficie opaca. Por lo tanto, el valor máximo de Transmitancia Térmica admisible por norma es de 2.80 W/m²K. Los valores arrojados tanto de Transmitancia Térmica K de los cerramientos vidriados como su Factor de Exposición Solar FES, se resumen en las

siguientes tablas 4 y 5 donde se evidencia que se encuentran alejados de los valores máximos admisibles para las orientaciones Norte y Oeste.

Tabla 4. Resultados de Transmitancia Térmica de la envolvente vertical transparente

Elemento: Cerramiento vidriado	Transmitancia Térmica [W/m ² .K]		Cumplimiento
	Calculada	Admisible	
Banderola - Vidrio 6mm	5.70		NO
Proyectante - Vidrio 6mm	5.70		NO
Corrediza - Vidrio 3+3	3.65	2.80	NO
U-GLASS	2.79		SI

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resultados de Factor de Exposición Solar FES de la envolvente vertical transparente

Elemento: Cerramiento vidriado	Factor de exposición Solar (FES)		Cumplimiento
	Calculado	Admisible	
Banderola - Vidrio 6mm	0.82		NO
Proyectante - Vidrio 6mm	0.82	Orientación N 0.45	NO
Corrediza - Vidrio 3+3	0.70	Orientación O 0.30	NO
U-GLASS	0.70	Orientación S 0.90	NO

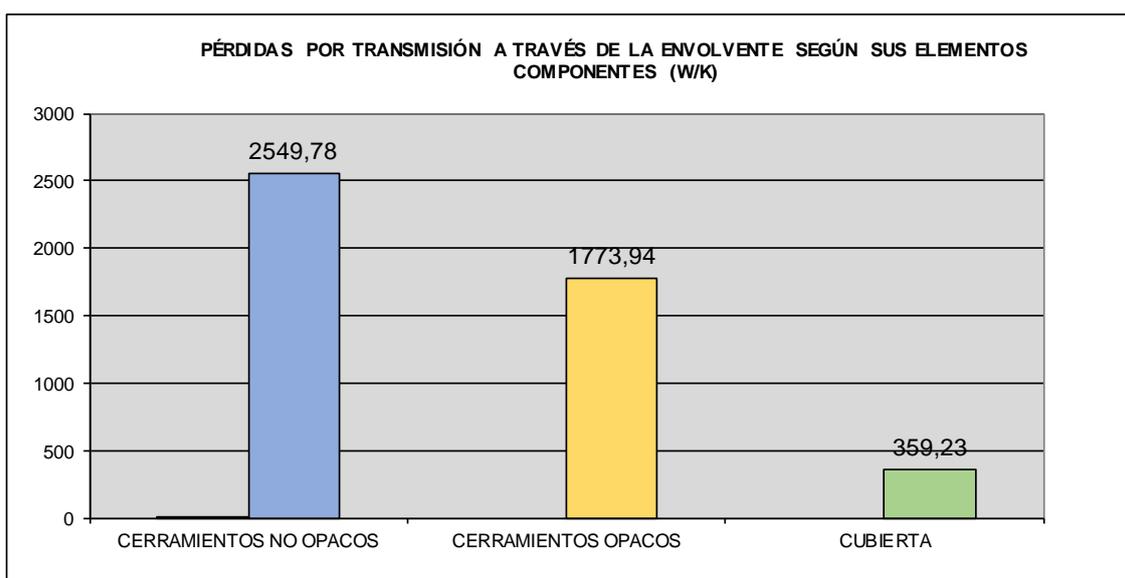
Fuente: Elaboración propia

El cumplimiento de las transmitancias térmicas admisibles puede no ser suficiente para controlar las pérdidas de calor totales de la envolvente. Dado que entre el ambiente exterior e interior media una envolvente y cada uno de los elementos que la componen tienen un nivel de aislamiento térmico diferente; de aquí la necesidad de definir y cuantificar las pérdidas por transmisión (W/K) y conocer la incidencia de cada uno de ellos en el total. Para esto se adoptó el modelo de cálculo diseñado por la Norma IRAM 11604:2001.

En la misma varios indicadores propuestos permiten regular la eficiencia de la envolvente edilicia en cuanto a la calidad térmica de edificios y el ahorro de energía en calefacción. Principalmente el coeficiente volumétrico de pérdidas de calor Gcal (W/m³.K) orientado al ahorro de energía en calefacción y la transmitancia térmica K (W/m².K) para muros y techos según tres niveles de calidad propuestos por la Norma IRAM 11605. Se adoptó como temperatura base de calefacción 20°C y 1365 grados día. El valor de cálculo no debe exceder el valor máximo admisible (Gadm) fijado en la norma para dar cumplimiento con el ahorro energético requerido (Control indirecto de la Demanda Energética de los edificios en calefacción).

Se evaluaron las pérdidas de calor por transmisión a través de los cerramientos que componen dicha envolvente discriminando las mismas en: pérdidas a través de cerramientos opacos (muros exteriores por tipos), pérdidas a través de cerramientos no opacos (pañes vidriados y carpinterías), pérdidas a través de cubierta, identificando las de mayor incidencia (Figura 5). Además, se consideraron las pérdidas a través del piso en contacto con el terreno, más las pérdidas por infiltración de aire de los ambientes del edificio calefaccionado.

Fig. 5: Pérdida por transmisión a través de la envolvente según sus elementos componentes (W/K)



Fuente: Elaboración propia.

A fin de adecuar el G admisible a edificios con más del 20% de superficie envolvente vidriada en contacto con el exterior, la Norma establece una corrección del valor de G admisible. A pesar de esta adecuación el edificio no cumple con el valor máximo admisible. El resultado obtenido fue de 1.44 W/m³.K siendo el valor admisible corregido de 1.29 W/m³.K.

Se calculó a continuación la demanda o carga térmica de energía en calefacción Q (Kwh/año) con el fin de conocer cuanta energía hay que proporcionarle al edificio para mantenerlo a una temperatura de 20°. En cuanto a las cargas térmicas arroja un valor de 287.717 Kwh/año.

Una vez conocido el consumo de energía en calefacción, permitió estimar el costo de utilización de la instalación de calefacción CECA (Costo Energía en Calefacción Anual). El valor alcanzado es de 281.741 \$/año.

Seguidamente se procedió a clasificar la eficiencia energética de la envolvente siguiendo los lineamientos de la Norma IRAM 11900:2010 sobre etiquetado de eficiencia energética en calefacción de edificios. La misma propone dos indicadores normativos el ζ_m y el K_m . El ζ_m se define como la caída de temperatura media ponderada entre la superficie interior de los cerramientos de un local o edificio y la que se da en el centro del local. El valor mínimo será de 1°C para el nivel de eficiencia más elevado o Nivel A y valores mayores a 4°C definirán el nivel más bajo o Nivel H. El otro indicador propuesto para facilitar su interpretación es K_m y se define como la transmitancia térmica media ponderada de la envolvente exterior del local o edificio. Tendrá un valor mínimo de cero y un máximo dado por el material de construcción de mayor conductividad térmica y serán usualmente el vidrio o metales; siendo en este caso cercanos a 6 W/m²K.

La escala clasificatoria de la Norma, representa uno de los primeros pasos efectivos para establecer oficialmente una etiqueta de eficiencia energética. Su escala se asocia exclusivamente con la energía puesta en juego en calefacción, y tiene en cuenta para ello las características de la envolvente edilicia. Se comparó las clases de eficiencia energética que define ese etiquetado con lo que resultó de aplicar la norma IRAM 11604.

El cálculo se realizó sobre el aula C1 del bloque de estudio perteneciente la misma al último nivel.

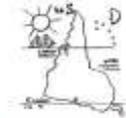
La clase de eficiencia energética obtenida alcanza la clasificación H correspondiente a la clasificación más baja.

3. Resultados y Conclusiones

Desde el punto de vista de la forma del edificio y de los diseños posibles, se observó que la forma rectangular, con el eje mayor en dirección Este-Oeste, se comporta mejor respecto al consumo de energía en comparación, por ejemplo, con una forma cuadrada.

La forma rectangular alargada permite, además, una buena iluminación natural y expone en invierno su cara Norte. Al recibir los rayos solares en su parte más extensa, permite captar mayor cantidad de energía gracias al menor ángulo de incidencia del sol, mientras que, en verano, el ángulo de incidencia del sol debe controlarse. El estacionamiento posee una serie de árboles correspondientes a la especie Jacarandaes que actúan de barrera protectora controlando la radiación solar sobre la fachada Norte en el verano.

Así como el lado Norte es el lado más privilegiado en invierno, el Sur es el más castigado. La orientación Sur es la que recibe menor radiación solar y, por lo tanto, menores ganancias térmicas. Dado que el Sur permanece gran parte del año en sombra, debiera controlarse la superficie expuesta.



No se observa la adopción de protecciones solares exteriores. Este hecho implica la necesidad de implementar un sistema que permita corregir los valores, tanto de Transmitancia Térmica K de los vanos vidriados como su Factor de Exposición Solar FES.

Además de no recibir sol, la orientación Sur sufre las contingencias de los vientos fríos.

En relación a los resultados del FAEP cuyo valor hallado supera a 3 existen dos posibilidades. La primera consiste en no modificar nada porque la forma es buena desde el punto de vista del diseño, pero, teniendo en cuenta esto, se deberá mejorar la aislación térmica de la envolvente o plantear otra propuesta de optimización. La segunda puede optimizarse la forma modificando el porcentaje de participación de cada elemento componente en el total de la envolvente. De este modo, se puede identificar el elemento que está involucrado con mayor porcentaje y trabajar sobre él para mejorar este aspecto. En el caso del presente trabajo se optó por la primera posibilidad de actuación.

En lo que respecta al ahorro de energía en calefacción y la transmitancia térmica (coeficiente G), se puede observar que las mayores pérdidas se dan a través de los cerramientos no opacos (pañes vidriados) siguiendo las pérdidas a través de los cerramientos opacos y por último a través de la cubierta.

El consumo anual en calefacción podría cuantificarse también mediante programas de simulación. El consumo obtenido a partir de los grados día con la Norma IRAM 11604:2001 resulta por lo general superior al obtenido mediante el empleo dichos programas. Esto obedece entre otros factores, a que los programas de simulación tienen en cuenta el régimen de funcionamiento y el factor de ocupación del edificio, el factor de forma y la orientación, a diferencia de la Norma IRAM que utiliza métodos de cálculo simplificados que incluyen ecuaciones de transmisión de calor en régimen estacionario. Aunque el método utilizado según IRAM 11604 no sea del todo exacto nos permitió detectar y cuantificar las pérdidas por transmisión de cada elemento componente de la envolvente y conocer la incidencia de cada uno de ellos en el total y así poder reducir las mismas y lograr que cada uno de ellos cumpla con las exigencias normativas y se reduzca de esta forma el consumo de energía.

En base al diagnóstico resultante se plantearon propuestas y/o estrategias de intervención para la adecuación de la envolvente a las exigencias y así poder obtener un edificio energéticamente más eficiente cumplimentando así los objetivos del presente trabajo.

La solución implementada permitió evaluar el ahorro de energía para calefaccionar el edificio (Tabla 6).

Tabla 6. Comparativa de valores resultantes para ζ_m , clase de eficiencia, Gcálculo, Qcalef y CECA

Edificio actual						Edificio actual					
IRAM 11900:2010			IRAM 11604:2001			IRAM 11900:2010			IRAM 11604:2001		
ζ_m °C	Km W/m ² .k	Clase	G cal W/m ² .k	Q calef Kwh/año	CECA \$/año	ζ_m °C	Km W/m ² .k	Clase	G cal W/m ² .k	Q calef Kwh/año	CECA \$/año
5.87	2.02	H	1,44	287716.67	281741.25	4.97	1.66	H	1.21	241761.92	236740.90

Fuente: Elaboración propia

La propuesta consistió en incorporar sobre la envolvente vertical opaca existente, una aislación térmica en base al “Sistema E.I.F.S” (Exterior Insulation and Finishing System). Esta solución, aplicada desde el exterior, está compuesta por la superposición de cinco capas: fijación, capa aislante, capa impermeabilizante y capa exterior de terminación

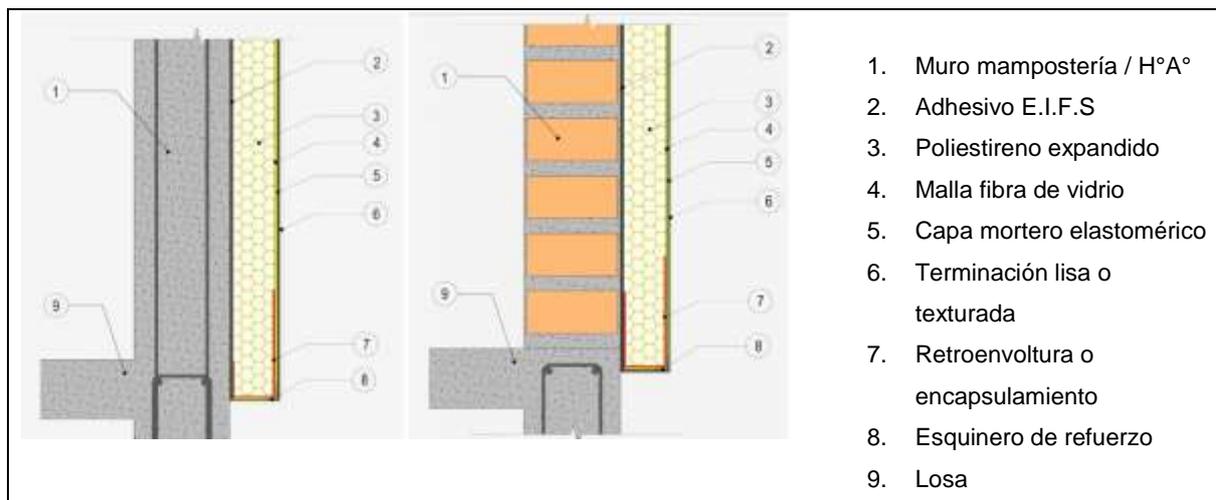
Para dicha capa aislante se adoptaron planchas de poliestireno expandido, de un espesor de 40mm y densidad de 20 kg/m³. El mismo es adherido al cerramiento con un adhesivo y reforzado con una malla de fibra embebida en una delgada capa de mortero elastomérico. La terminación superficial se puede realizar con un revestimiento que puede ser liso o texturado. Según los estudios realizados, con esta propuesta se obtiene una disminución de la transmitancia térmica (K) en el cerramiento, como se puede observar en la tabla 7. En la figura 6 se presenta un detalle de los componentes del panel utilizado tanto para soporte de hormigón como de mampostería.

Tabla 7. Valores comparativos de K de los distintos componentes opacos del cerramiento vertical.

Componentes opacos del cerramiento vertical	K [W/m ² .K]		
	Existente	Admisible	Propuesta
Antepecho mampostería	2.78	0.74	0.65
Dintel de H°A°	3.23	0.74	0.88
Placa cierre viga TT	3.85	0.74	0.70

Fuente: Elaboración propia

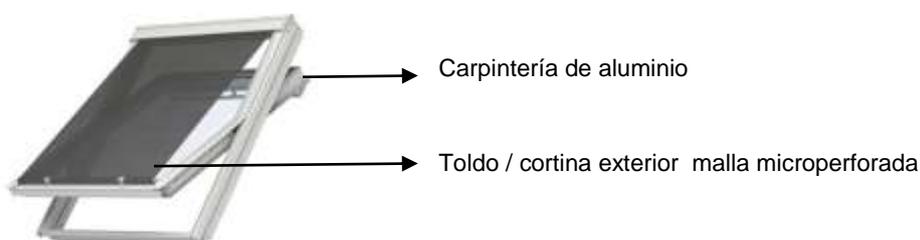
Figura 6. Detalle del sistema E.I.F.S adaptado según ficha técnica



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los cerramientos transparentes la propuesta consiste en fijar en las aberturas una protección solar, cortina exterior / toldo vertical de malla de poliéster microperforado, adaptable a los tres tipos de ventanas de aluminio estudiadas: banderola, proyectante y corrediza con la que cuenta el edificio (Fig. 7). Esta malla reduce la captación de calor en un 72% e impide que los rayos del sol lleguen al vidrio y calienten el mismo ahorrando energía en verano. Para los vidrios se pensó en la incorporación de una película de control solar (3M Low E 35) que se adhiere al vidrio original. Esta película tiene un alto rechazo del calor (75%), reduce el deslumbramiento y permite una alta transmisión de luz visible (88%) mejorando el área de trabajo. Además, permite, durante los meses fríos del invierno, que buena parte de la radiación solar de onda corta atraviese el vidrio y refleja la mayor parte la radiación de calor onda larga, que producen, entre otras fuentes, el sistema de calefacción, conservando dicha energía en el interior.

Figura 7. Cortina exterior / toldo. Caso ventana proyectante



Fuente: Elaboración propia

Con las soluciones adoptadas, tildo más la película de control solar Low-E, encontramos una disminución importante de la transmitancia térmica del vidrio, lo podemos ver en la tabla 8.

Tabla 8. Valores comparativos de K de los vidrios sin y con protección exterior más lámina 3M Low-E

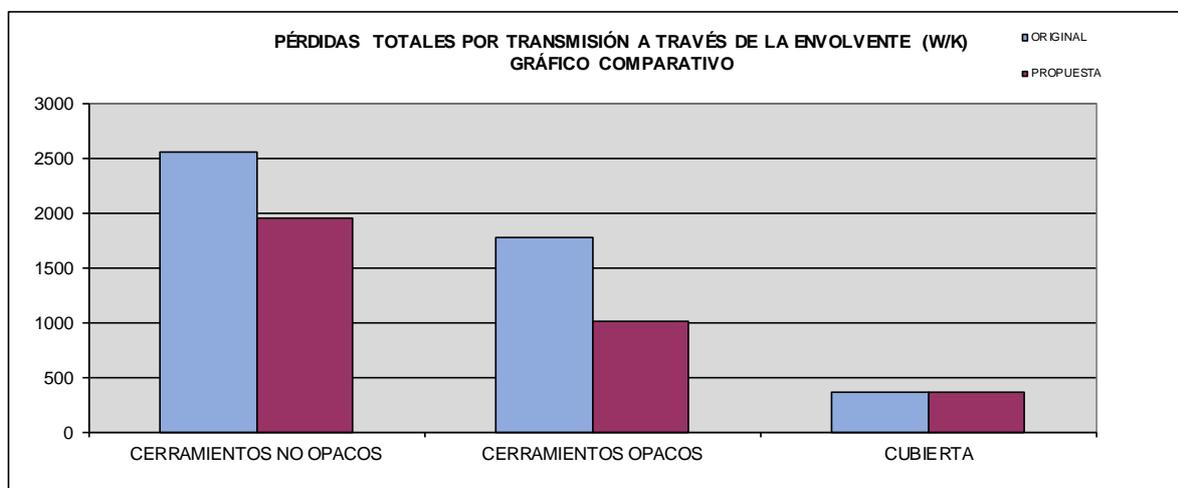
Tipos de vidrio	K [W/m ² .K]	
	Existente	Propuesta
	Sin protección	Cortina + Low-E
Vidrio 6mm (Tipo 1 y 2)	5.70	2.85
Vidrio 3+3 (Tipo 3 y 4)	3.65	2.85

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la eficiencia energética, Norma IRAM 11900:2010 de etiquetado, la clase de eficiencia energética obtenida teniendo en cuenta las posibles alternativas de mejora, sigue siendo la clasificación H, la más baja, pero se ha logrado disminuir casi un grado la variación media ponderada de temperatura (ζ_m) y mejorado la transmitancia térmica media ponderada K_m de la envolvente.

Ante la problemática expuesta la medida de actuación fomenta la posibilidad de rehabilitar energéticamente la envolvente, de forma que cumpla y mejore las exigencias mínimas en cuanto a transmitancia térmica reduciendo el consumo de energía en calefacción. La puesta en práctica de las medidas propuestas supone una reducción de las pérdidas por transmisión del 40% para los cerramientos opacos y 23% para los vidriados (Fig.8).

Fig. 8: Pérdida por transmisión a través de la envolvente según sus elementos componentes (W/K)



Fuente: Elaboración propia.

Referencias

AGENCIA CHILENA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA – AchEE. **Guía de Eficiencia Energética Para Establecimientos Educativos**. 1. ed. Santiago, Chile. Editorial Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), 2012, 356 p.

ALIAS, H. M. et al. **Estudio de alternativas de mejoramiento térmico de las envolventes del edificio de la FAU - UNNE, mediante el software RETScreen**. Repositorio RIUNNE Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU). Cátedra Estructuras II. Área de la Tecnología y la Producción. Resistencia, Chaco, 2013. ISSN 1666-4035.

CZAJKOWSKI, J. et al. **Diseño bioclimático y economía energética edilicia**. Fundamentos y métodos. La Plata, Argentina. Editorial Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2002. ISBN 978-987-05-4908-9.

GONZALO, G. et al. **Propuestas de diseño para el mejoramiento de las condiciones ambientales en edificios de la Universidad Nacional de Tucumán**. Ponencia presentada en el VII Congreso de Medio Ambiente de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM). Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la ciudad de La Plata, Argentina, 22 al 24 de Mayo, 2012.

IRAM - Instituto de Racionalización de Materiales. Argentina. **Normas técnicas argentinas: 11601:1996; 11603:2012; 11604:2001; 11605:1996; 11625:2000; 11630:2000; 11900:2010; 11507-4:2010**.

MILNE, M. LIGETT, R. Free Software Analyzes climate conditions in selected area. Climate Consultant 6.0.17. American Solar Energy Society Meeting, 2009.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA PRESIDENCIA DE LA NACIÓN. Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética. **Proyecto de autodiagnóstico de Eficiencia Energética en Escuelas Técnicas**. Manual de contenidos y guía de aplicación. Argentina. Editorial INTI-Energía. Capítulo 11, Oportunidades de mejora, 2017, 269 p. Capítulo 12, Guía de autodiagnóstico, 2017, 279 p.

ROSARIO. Ordenanza 8757. **Aspectos higrotérmicos y demanda energética de las construcciones**. Municipalidad de Rosario. Anexo I, 2011. Decreto 1647, 2021.

TURNING TECHNOLOGIES, LLC. Building performance analysis software. Insight 360 2.6.0.24, Autodesk, 2015.

VOLANTINO, V. L. et al. Etiquetado de eficiencia energética de calefacción para edificios IRAM 11900:2009. Correlaciones con la IRAM 11604:2001 y la validación. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**; Argentina, v. 14, p. 47-54, 2010. ISSN: 0329-5184.