

Metodología para la rehabilitación edilicia del sector salud a partir del mejoramiento del nivel de eficiencia energética de su envolvente

Emilia Urteneche (*) | Irene Martini (**) | Dante Andrés Barbero (***)

Resumen: En Argentina, la generación de energía se produce, principalmente, a partir de fuentes de origen fósil. El 32% del consumo de energía final corresponde al parque edilicio construido de los sectores residencial y comercial-público. Los edificios para la salud son los más consumidores por unidad de superficie, por ello se los reconoce como energo-intensivos. Este trabajo plantea una metodología para analizar, proponer y evaluar estrategias tecnológico-constructivas para mejorar la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud, reducir la demanda y optimizar la habitabilidad.

Palabras clave: eficiencia energética – envolvente edilicia – sector salud – reciclado edilicio – estrategias tecnológico-constructivas.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 70]

(*) (**) (***) Ver CV de Emilia Urteneche, Irene Martini y Dante Andrés Barbero en página 70 y 71

Introducción

La energía es un bien estratégico que contribuye a satisfacer necesidades sociales y es esencial para el sistema productivo, por lo tanto, es un factor fundamental para el desarrollo social y económico de un país. Asimismo, el aumento exponencial a nivel mundial del consumo de energía de origen fósil es una de las causas que más contribuye al cambio climático. De acuerdo con los datos brindados por la Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista S.A. (CAMMESA) en Argentina, la cobertura mensual de la demanda eléctrica mediante energías limpias en abril de 2025 fue del 18,6%. Además, el 32 % del consumo de energía final corresponde al parque edilicio construido de los sectores residencial y comercial-público, por lo cual los edificios constituyen un escenario

con potencial para conseguir ahorros de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas (Secretaría de Energía, 2024). La rehabilitación energética o retrofit de la edilicia existente comprende el conjunto de actuaciones que se realizan en un edificio con el objetivo de mejorar la Eficiencia Energética (EE) del mismo. La rehabilitación energética incluye, entre otras medidas, el reciclado de la envolvente edilicia, que consiste en reacondicionar la misma para que cumpla con los parámetros higrotérmicos establecidos y tenga mejor comportamiento desde el punto de vista energético, al mismo tiempo que se obtienen mejores condiciones de habitabilidad para los usuarios.

En este contexto, los hospitales, que pertenecen al sector comercial-público en el Balance Energético Nacional (BEN), son los que presentan el mayor consumo de energía por unidad de superficie, por lo cual en diversos estudios se los reconoce como energo-intensivos (Bawaneh et al., 2019; Celis et al., 2019; Fondoso Ossola, 2025; Martini, 2010; Urteneche, 2024). El uso continuado de equipos de calefacción y refrigeración, con el fin de mantener niveles satisfactorios de confort térmico y de calidad del aire interior, así como el uso de iluminación artificial de forma continua junto con el equipamiento electromecánico, dan lugar a un consumo energético relativamente mayor en comparación con otros tipos de edificios.

La necesidad de intervenir en el sector salud se debe principalmente a que el parque edilicio nacional es energéticamente poco eficiente, presentando conflictos entre la necesidad de mantener niveles de habitabilidad razonables, alta operatividad y elevados presupuestos para afrontar las demandas requeridas. Se advierte que los procesos de actualización llevados a cabo en los últimos años en los establecimientos hospitalarios, en general, estuvieron centrados en nuevos requerimientos funcionales y tecnológicos, sin contemplar estrategias tendientes a la rehabilitación energética de las edificaciones. Por este motivo, el mejoramiento del nivel de EE en los edificios energo-intensivos del sector salud resulta fundamental para lograr ahorros de energía, al mismo tiempo que se sientan las bases para la transición hacia fuentes de energías renovables.

Los resultados alcanzados por Ré y Filippín en su trabajo (2021) evidencian que la rehabilitación de la envolvente edilicia permite una reducción de al menos, el 47% en los requerimientos energéticos para calefacción. En esta misma línea, el trabajo realizado por Basualdo (2017) contempla el mejoramiento de la EE de la envolvente edilicia de la Unidad de Pronta Atención (UPA) de Lomas de Zamora (Provincia de Buenos Aires, Argentina) a partir de la incorporación de aislación térmica en el piso y el techo. Las propuestas de mejoramiento de la envolvente se comparan teniendo en cuenta el ahorro energético anual. Por el contrario, Fernández y Garzón (2025) se centran exclusivamente en las superficies opacas de la envolvente edilicia vertical de los Centros de Atención Primaria de la Salud (CAPS) en San Miguel de Tucumán. Para ello, evalúan diferentes soluciones de aislamiento térmico considerando sus prestaciones térmicas, costo económico y ciclo de vida. Por otra parte, el trabajo de Arocas, Coria Hoffmann y Bosc (2018) propone estrategias en un edificio perteneciente a un hospital de alta complejidad, focalizándose en el mejoramiento

to de motores, equipamiento e iluminación, mientras que las propuestas para el mejoramiento de la envolvente edilicia consisten en la incorporación de carpinterías con DVH (doble vidriado hermético) y la pintura exterior. Por último, Fondoso Ossola (2025 op. cit.) formula estrategias energéticas para las distintas áreas de los edificios que conforman el sector salud, configurando una plataforma técnico-instrumental capaz de brindar alternativas en el corto, mediano y largo plazo, para disminuir el consumo de energía y su consecuente impacto en el ambiente.

En función de lo expuesto, el presente trabajo tiene por objetivo plantear una metodología que permita analizar, proponer y evaluar estrategias tecnológico-constructivas para el mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud, que contribuyan a lograr ahorros en términos de demanda de energía, al mismo tiempo que se mantienen (y eventualmente mejoran) las condiciones de habitabilidad.

Metodología

A los efectos de alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo, se plantea el desarrollo de una metodología que consta de tres etapas: (1) **Análisis** del consumo energético y **diagnóstico** de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud; (2) **Propuesta** de estrategias tecnológico-constructivas para el mejoramiento de la EE de la envolvente edilicia del sector salud y (3) **Evaluación** de las estrategias tecnológico-constructivas para el mejoramiento de la EE de la envolvente edilicia del sector salud. A continuación, se desarrollan las etapas mencionadas anteriormente:

Análisis y diagnóstico

En esta etapa, se busca analizar el comportamiento energético del sector salud, a partir de estudiar los datos productivo-sanitarios, tecnológico-constructivos y energéticos de los establecimientos que lo conforman, los cuales se sistematizan en una planilla llamada “AyD_datos” (A y D hace referencia a la primera etapa de la metodología: Análisis y Diagnóstico) elaborada en una hoja de cálculo (Ver planillas 1 y 2).

En el módulo de “Datos productivo-sanitarios” de la planilla “AyD_datos” (Planilla 1), se incluye el departamento al cual pertenece cada establecimiento; su alcance de acuerdo al área de incumbencia que les corresponda; la atención que brindan según sea general o especializada; la categoría de pacientes que atienden, es decir, agudos, crónicos, o ambos; la tipología y el número de camas con las que cuentan. Para la obtención de estos datos, se puede consultar el Registro Federal de Establecimientos de Salud (REFES), el cual incluye a todos los establecimientos sanitarios del país del sector público y privado, con y sin internación, que se encuentran funcionando en cada una de las jurisdicciones provinciales

según la reglamentación vigente en ellas. El REFES forma parte del Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentino (SISA) y se puede acceder al mismo desde el sitio web del Ministerio de Salud de la Nación⁰¹.

En cuanto al módulo de “Datos tecnológico-constructivos” de la planilla “AyD_datos” (Planilla 2), se incluye la tipología edilicia y la superficie expuesta de envolvente vertical y horizontal en m² cuantificada a partir de los planos de cada establecimiento.

ESTABLECIMIENTO	1. DATOS PRODUCTIVO-SANITARIOS					
	DEPARTAMENTO	ALCANCE	ATENCIÓN	CATEGORÍA	TIPOLOGÍA	Nº CAMAS

Planilla 1. Planilla "AyD_datos". Módulo de datos productivo-sanitarios.
Fuente: Elaboración propia

ESTABLECIMIENTO	2. DATOS TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVOS		
	TIPOLOGÍA EDILICIA	ENVOLVENTE VERTICAL (MUROS + VENTANAS)	ENVOLVENTE HORIZONTAL (CUBIERTAS)
		SUPERFICIE (m ²)	SUPERFICIE (m ²)

Planilla 2. Planilla "AyD_datos". Módulo de datos tecnológico-constructivos.
Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a los datos energéticos (Planilla 3), luego de obtener los consumos reales anuales de cada establecimiento, a partir de la lectura de los medidores de electricidad y de gas natural, se aplica la metodología MEEP (Módulos Edilicios Energético-Productivos) (Martini, 2010 *op. cit.*) para conocer las necesidades energéticas (teóricas) tanto a nivel general (establecimientos completos) como desagregado (áreas hospitalarias). La metodología MEEP utiliza un enfoque analítico y considera que el sector salud está integrado por un conjunto de establecimientos sanitarios que conforman una red. Los edificios o nodos de dicha red pueden desagregarse en diferentes áreas hospitalarias, las cuales están compuestas por servicios que, a su vez, están integrados por unidades funcionales, en las que se evalúa para su funcionamiento, la suma de las necesidades energéticas mínimas establecidas por dicha metodología (en los MEEP). A partir de considerar las diferentes escalas de análisis, su integración bottom-up permite evaluar los comportamientos

edilicios energéticos y productivos de la red de salud.

En función de lo expuesto, y a partir de la aplicación de la metodología MEEP, se obtienen los consumos energéticos teóricos de cada una de las áreas hospitalarias identificadas como: internación (IN), cirugía (CIR), atención ambulatoria (AA), diagnóstico y tratamiento (DyT), administración (AD), servicios auxiliares y de apoyo (SayA) y circulaciones y baños (CyB).

Finalmente, en el módulo de “Datos energéticos” (Planilla 3), se incorpora el consumo energético real anual de cada establecimiento, a partir de la lectura de los medidores de electricidad y de gas natural, como así también el consumo energético teórico para cada una de las áreas hospitalarias, obtenido a partir de la metodología MEEP. Además, se incluye la superficie real construida en m² de cada una de las áreas, extraída de los planos de cada establecimiento.

ESTABLECIMIENTO	3. DATOS ENERGÉTICOS							
	CONSUMO ENERGÉTICO REAL		CONSUMO ENERGÉTICO s/MEEP					
			IN		CIR		AA	
	ELECTRICIDAD TEP/año	GAS TEP/año	SUPERFICIE (m ²)	CONSUMO TEP/año	SUPERFICIE (m ²)	CONSUMO TEP/año	SUPERFICIE (m ²)	CONSUMO TEP/año

Planilla 3. Fragmento de planilla "AyD_datos". Módulo de datos tenergéticos.
Fuente: Elaboración propia

Con la información contenida en las planillas anteriores es posible establecer diferentes análisis, a partir de relacionar las distintas variables consideradas y sistematizarlas a través de la generación de nuevos índices e indicadores. Para ello, en la misma hoja de cálculo que la planilla “AyD_datos”, se encuentra la planilla llamada “AyD_procesamiento de datos” (Planilla 4), que contiene expresiones que relacionan las variables energo-productivas, a partir de la carga de los datos productivo-sanitarios, energéticos y tecnológico-construtivos de la planilla “AyD_datos”. De esta manera, a partir del procesamiento de estos datos, es posible obtener otros como por ejemplo, el porcentaje de participación relativa que las áreas hospitalarias tienen en cada establecimiento de acuerdo a su consumo energético teórico; el requerimiento energético de las variables iluminación, equipamiento y climatización para cada una de las áreas hospitalarias; la demanda total anual en climatización y el peso de esta variable en el consumo energético total de cada establecimiento; la superficie total construida y la correspondiente a la envolvente de cada establecimiento, entre otra información (Ver Planilla 4 a continuación).

[illegible]

Posteriormente, se realiza un diagnóstico de la envolvente edilicia existente, para lo cual se debe estudiar la planimetría y relevar in-situ los establecimientos de la red de salud en estudio, con el objetivo de reconocer en cada uno de ellos, las soluciones tecnológico-constructivas de base de la envolvente edilicia existente. Finalmente, se elabora un catálogo llamado “Envolvente existente” con todas las soluciones tecnológico-constructivas relevadas, tanto para la envolvente edilicia horizontal (cubiertas) como para la envolvente edilicia vertical, en sus superficies opacas (muros) y transparentes (ventanas). En este catálogo, realizado en una hoja de cálculo, se sintetizan no sólo las características tecnológico-constructivas, sino también su comportamiento térmico-energético (transmitancia térmica y factor solar) y la verificación del cumplimiento de la normativa de acondicionamiento higrotérmico vigente (Ver catálogos 1, 2 y 3).

En las planillas correspondientes a la envolvente vertical opaca (Catálogo 1) y horizontal (Catálogo 2), se incluye un esquema de la solución constructiva relevada; el sistema constructivo empleado, así como la descripción del mismo con cada uno de sus componentes; el coeficiente de transmitancia térmica (K) calculado y, por último, las verificaciones correspondientes: Norma IRAM 11605 y Norma IRAM 11625 (riesgo de condensación superficial e intersticial).

COMPONENTE: MURO					
ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	Transmitancia térmica K (W/m ² °C)	VERIFICACIONES		
			N. IRAM 11605 (invierno)		N. IRAM 11625 riesgo de condensación
					superficial intersticial
M1					V
...					V
Mn					V

Catálogo 1. Envolvente existente: componente muro.
Fuente: Elaboración propia

COMPONENTE: TECHO							
ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	Transmitancia térmica (K) W/m ² °C		VERIFICACIONES			
				N. IRAM 11605		N. IRAM 11625 riesgo de condensación	
		Verano	Invierno	Verano	Invierno	superficial	intersticial
T1							V
...							V
Tr							V

Catálogo 2. Envolvente existente: componente techo.
Fuente: Elaboración propia

En la planilla correspondiente a la envolvente vertical transparente del catálogo “Envolvente existente” (Catálogo 3) se incluye un esquema de la ventana relevada; la especificación de la protección solar interior y exterior de la misma; la materialidad del marco y la hoja de la carpintería; el coeficiente de transmitancia térmica (K) calculado; la verificación a la Norma IRAM 11507-4 y, por último, el factor de exposición solar.

COMPONENTE: VENTANA						
ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	PROTECCIÓN SOLAR		MATERIALIDAD MARCO y HOJA	TRANSMITANCIA TÉRMICA (K) W/m ² ·C	VERIFICACIÓN N. IRAM 11507-4
		Interior	Exterior			
V1						V
...						V
Vk						V

Catálogo 3. Envolvente existente: componente ventana.
Fuente: Elaboración propia

El análisis de la envolvente edilicia existente permite identificar la diversidad de soluciones tecnológico-constructivas posibles para cada componente de ésta (muro, ventana y techo) para posteriormente, hallar las soluciones que se encuentran en forma conjunta más frecuentemente con el objeto de conocer los patrones tecnológico-constructivos que caracterizan cada área hospitalaria. Mediante la aplicación de reglas de asociación, es posible encontrar las soluciones tecnológico-constructivas de la envolvente edilicia que aparecen más frecuentemente en forma conjunta en cada una de las áreas hospitalarias. Esto facilita la propuesta de estrategias de mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia por área hospitalaria, para su implementación en forma masiva en el sector salud.

Propuesta

En esta etapa, se proponen estrategias para el mejoramiento de la Eficiencia Energética de las soluciones tecnológico-constructivas de la envolvente edilicia que aparecen más frecuentemente en cada una de las áreas hospitalarias. En el caso de la envolvente edilicia opaca (muros y techos), cada estrategia de reciclado es identificada con el par “In – Ap”, conformado por una técnica de intervención (In) y un material aislante térmico (Ap). En el caso de la envolvente edilicia vertical transparente (componente ventana), se proponen distintas técnicas de intervención (I₁, I_{...}, I_n) vinculadas a las soluciones tecnológico-constructivas existentes relevadas. Asimismo, para cada técnica de intervención propuesta (I_n), se presentan diferentes opciones.

A partir de ello, se plantea elaborar un catálogo de propuestas de mejoramiento de la eficiencia energética para cada componente de la envolvente edilicia (muro, ventana y techo),

en el que también se incluyen las características tecnológico-constructivas de la situación existente, a los efectos de comparar los coeficientes de transmitancia térmica (K), así como las verificaciones correspondientes y los Costos de Inversión (CI) asociados (Ver catálogos 4, 5 y 6 a continuación).

ÁREA HOSPITALARIA:				COMPONENTE: MURO		
DESCRIPCIÓN	Espesor de aislación propuesto m	Transmitancia térmica (K) W/m ² ·C	VERIFICACIONES			Costo de inversión (CI) \$/m ²
			N. IRAM 11605 (invierno)	N. IRAM 11625 riesgo de condensación		
				superficial	intersticial	
SITUACIÓN EXISTENTE						
						Λ
M1						V
M2						V
...						V
Mn						V
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO						
I ₁ Técnica de intervención						Λ
I ₁ -A ₁ Aislamiento						V
I ₁ -A ₂ Aislamiento						V
I ₁ -A _p Aislamiento						V
... Técnica de intervención						V
I _n Técnica de intervención						V

Catálogo 4. Estrategias de reciclado para el componente muro.
Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA:					COMPONENTE: TECHO				
DESCRIPCIÓN	Espesor de aislación propuesto m	Transmitancia térmica (K) en W/m ² ·C		VERIFICACIONES				Costo de inversión (CI) \$/m ²	
				N. IRAM 11605		N. IRAM 11625 riesgo de condensación			
		Verano	Invierno	Verano	Invierno	Superficial	Intersticial		
SITUACIÓN EXISTENTE									
T1								Λ	
T2								V	
...								V	
Tr								V	
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO									
I ₁ Técnica de intervención								Λ	
I ₁ -A ₁ Aislamiento								V	
I ₁ -A ₂ ... Aislamiento								V	
I _n -A _p Aislamiento								V	
... Técnica de intervención								V	
I _n Técnica de intervención								V	

Catálogo 5. Estrategias de reciclado para el componente techo.
Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA:					COMPONENTE: VENTANA		
DESCRIPCIÓN	Protección solar		Materialidad marco y hoja	Transmitancia térmica (K) W/m ² ·°C	VERIFICACIÓN N. IRAM 11507-4	Factor solar	Costo de inversión (CI) \$/m ²
	Interior	Exterior					
SITUACIÓN EXISTENTE							Λ
V1							v
V2							v
...							v
Vs							v
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO							Λ
I ₁ Técnica de intervención							v
Técnica de intervención							v
I _n Técnica de intervención							v

Catálogo 6. Estrategias de reciclado para el componente ventana.
Fuente: Elaboración propia

Evaluación

En esta etapa, para definir cuál de las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado de la envolvente edilicia formuladas en la etapa anterior es la óptima, es necesario considerar el comportamiento higrotérmico y el Costo de Inversión (CI), junto con otros criterios que puedan incorporarse como, por ejemplo, la posibilidad de uso del área hospitalaria durante las tareas de obra que implican cada una de las estrategias de reciclado, fachadas con valor patrimonial, entre otros. Ante este tipo de problemas, en los cuales se desea evaluar todos los criterios a la vez para optar por una de entre varias alternativas, la utilización de la metodología de evaluación multicriterio es particularmente apropiada (Barbero et al., 2024).

La metodología de evaluación multicriterio consta de las siguientes etapas:

Etapa 1: Se definen los criterios relevantes acerca de las alternativas que interesa comparar.

Etapa 2: Para cada una de las alternativas a evaluar, se deben conocer los valores correspondientes de cada criterio y se procede a escribirlos en forma de vector, uno debajo de otro, dando lugar a una representación matricial.

Etapa 3: Se comparan todos los posibles pares de alternativas y se eliminan aquellas que resulten ser alternativas (o soluciones) dominadas utilizando el criterio de dominancia de Pareto (Pareto y Bonnet, 1909). Si existen N alternativas posibles, entonces la función que señala el número de pares de alternativas que se deben comparar entre sí viene dada por $f(N)=(N \times (N - 1)) / 2$.

Etapa 4: Se normaliza cada criterio y se reescribe la matriz anterior con valores normalizados. Así, pues, en esta etapa se analiza cada criterio para ver si valores más altos reflejan una situación más favorable o si son los valores más bajos los que reflejan una situación

mejor, para luego normalizarlos. Esto da lugar a la aplicación de dos fórmulas diferentes, según sea el caso:

Caso 1: En caso de que valores menores reflejen una mejor situación se procede a normalizar tal criterio siguiendo la siguiente fórmula:

$$f(x) = (\text{MÁXIMO} - x) / (\text{MÁXIMO} - \text{MÍNIMO}) \quad [1]$$

donde MÁXIMO y MÍNIMO son los valores máximos y mínimos teóricos posibles (que tal vez no estén presentes en las alternativas a comparar).

Caso 2: En caso de que valores mayores reflejen una mejor situación se procede a normalizar el criterio siguiendo la siguiente fórmula

$$f(x) = (x - \text{MÍNIMO}) / (\text{MÁXIMO} - \text{MÍNIMO}) \quad [2]$$

donde MÁXIMO y MÍNIMO son los valores máximos y mínimos teóricos posibles (que tal vez no estén presentes en las alternativas a comparar).

En este punto sólo quedan las alternativas no dominadas. Esto significa que estas alternativas son todas igualmente buenas en el sentido de que no se puede decir que haya una mejor que otra.

Etapas 5: Se consulta a los actores involucrados acerca de la importancia que se debe asignar a cada uno de los criterios para construir una función de preferencia. En el caso de que se desconozcan las preferencias (peso asignado a cada criterio) de las personas consultadas, se puede dar como resultado las alternativas que llegaron a la etapa 4 (soluciones no dominadas). En caso de que se conozcan las preferencias de las personas consultadas, se puede continuar con esta etapa y las siguientes, para lo cual se debe crear una función que permita evaluar la aptitud de cada alternativa. Suponiendo que cada alternativa (representada por un vector $X_1, X_2, \dots, X_N$) consta de N criterios, y que el peso de cada criterio es c_i ($i=1..N$), entonces la función F que asigna un valor a cada alternativa es una construcción lineal ponderada cuya fórmula es:

$$F(X_1, X_2, \dots, X_N) = \sum_{i=1}^N c_i \cdot X_i \quad [3]$$

De donde:

$$\sum_{i=1}^N c_i = 1$$

En la fórmula anterior, la suma de los c_i debe ser igual a 1. Así, si se tienen N criterios, y se desea asignar el mismo peso a cada uno, los valores de c_i deberían ser todos igual a $1/N$.

Etapla 6: Se aplica a cada vector (es decir, a cada alternativa) de la matriz con valores normalizados, la función de preferencia para obtener una calificación.

Etapla 7: Se construye un ranking ordenando las alternativas de mayor a menor según el puntaje obtenido y se elige la que haya alcanzado una mayor calificación luego de haber aplicado la función de preferencia a cada una de ellas. Aquella alternativa con mayor valor será la mejor (óptima). La alternativa óptima podría no ser única si más de una alcanzan el mismo valor.

De esta manera, al finalizar la aplicación de la metodología de evaluación multicriterio, se obtendrán las estrategias de reciclado más convenientes considerando simultáneamente los criterios a tener en cuenta para cada una de las partes de la envolvente edilicia, en cada una de las áreas hospitalarias. Luego, se integrarán las propuestas tecnológico-constru-ctivas resultantes para cada componente (muros, techos y ventanas), conformando nueva-mente una tupla, a fin de comparar la situación de la envolvente edilicia existente o base, mencionada en el punto 2, con la situación mejorada (Ver Figura 1).

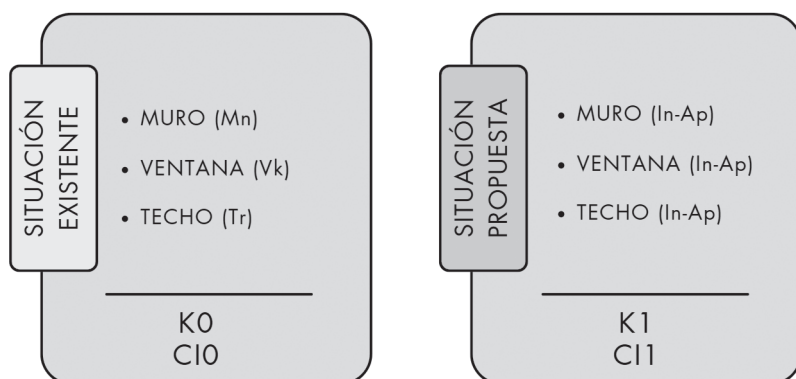


Figura 1. Comparación de situaciones existente y propuesta para un área hospitalaria determinada. Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que en la Figura 1, K_0 es resultante del promedio de los coeficientes de transmitancia térmica de cada una de las soluciones tecnológico-constru-ctivas para muros, ventanas y techos, en la situación existente mientras que K_1 resulta del promedio de los coeficientes de transmitancia térmica de cada propuesta tecnológica constructiva óptima para muros, ventanas y techos, en un área hospitalaria determinada. De este modo, es posible determinar cuánto se redujo (en %) el coeficiente de transmitancia térmica promedio en la situación propuesta, con respecto a la situación existente o condición de base, en un área hospitalaria específica, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Reducción del } K_{prom} \text{ (en \%)} = 100\% - \left(\frac{K_1 \times 100\%}{K_0} \right) \quad [4]$$

Ahora bien, en Martini (2010 op. Cit.) se puede observar que las pérdidas de calor por envolvente conforman una de las variables que intervienen en el cálculo de las necesidades energéticas de climatización mediante un balance térmico simplificado según la siguiente fórmula:

$$C_{\text{climatización}} = C_{\text{ocupación}} + C_{\text{iluminación}} + C_{\text{equipamiento}} \\ + C_{\text{GAD}} + C_{\text{renovaciones}} + C_{\text{envolvente}} \quad [5]$$

Donde:

$C_{\text{climatización}}$: Consumo en climatización en kWh/día.m²

$C_{\text{ocupación}}$: Aportes de calor por ocupación en kWh/día.m²

$C_{\text{iluminación}}$: Aportes de calor por iluminación en kWh/día.m²

$C_{\text{equipamiento}}$: Aportes de calor del equipamiento en kWh/día.m²

C_{GAD} : Aportes de calor por ganancia directa a través de ventanas en kWh/día.m²

$C_{\text{renovaciones}}$: Pérdidas de calor por renovaciones de aire en kWh/día.m²

$C_{\text{envolvente}}$: Pérdidas de calor por envolvente en kWh/día.m²

El peso de cada una de las variables de la ecuación anterior dependerá del área hospitalaria que se esté analizando. Del trabajo de Martini (2010 op. cit.), se obtienen cada una de las variables y se aplica el porcentaje de reducción del K_{prom} a las pérdidas de calor por envolvente ($C_{\text{envolvente}}$), ya que el resto de las variables se mantienen constantes. Luego, a partir de la ecuación [5], se calcula el $C_{\text{climatización}}$ con el nuevo valor de $C_{\text{envolvente}}$. De este modo, se determina el porcentaje de reducción de la demanda de climatización en el área hospitalaria que se esté analizando y se aplica a cada uno de los hospitales de la red de salud en estudio, en los cuales se pretenda mejorar la EE de la envolvente edilicia. De esta manera, se determina la disminución de la demanda energética del área hospitalaria en cuestión de cada hospital analizado, a partir de la reducción de las necesidades energéticas de climatización. Por último, es posible recalcular el consumo energético teórico para cada Hospital, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria analizada.

Resultados y conclusiones

La primera etapa de la metodología consiste en el análisis del consumo energético y el diagnóstico de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud. Para ello, en primer lugar, se utiliza la metodología MEEP, que permite descomponer la red de salud

en establecimientos, y éstos en áreas hospitalarias, para identificar y cuantificar los indicadores relacionados al consumo energético teniendo en cuenta el consumo global (establecimiento) y diferencial (área hospitalaria). Como resultado de la aplicación de la metodología MEEP, es posible conocer las áreas hospitalarias con mayor demanda de energía y a su vez, distinguir las cargas por iluminación, equipamiento y climatización en cada una de ellas. Luego, se realiza un diagnóstico de las soluciones tecnológico-constructivas presentes en cada componente de la envolvente edilicia (muro, ventana y techo) y se construyen catálogos ad hoc. Posteriormente, se identifican las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes y/o representativas de cada componente de la envolvente, en cada una de las áreas hospitalarias, a partir del uso de reglas de asociación.

Como resultado de la segunda etapa de la metodología, se obtienen las estrategias de mejoramiento de la Eficiencia Energética, consideradas en un catálogo construido ad hoc, para cada una de las soluciones tecnológico-constructivas de la envolvente edilicia más frecuentes y/o representativas en cada una de las áreas hospitalarias encontradas en la etapa anterior.

En la tercera etapa, las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado de la envolvente edilicia son evaluadas utilizando un enfoque multicriterio, obteniendo como resultado la propuesta de mejora óptima para cada componente de la envolvente edilicia en cada una de las áreas hospitalarias. Por último, es posible determinar la disminución de la demanda energética del área hospitalaria en cuestión de cada hospital analizado, a partir de la reducción de las necesidades energéticas de climatización. De esta manera, se calcula el consumo energético teórico para cada Hospital, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria analizada.

De esta manera, el trabajo cumple con el objetivo propuesto, en tanto se desarrolló una metodología que permite analizar, proponer y evaluar estrategias tecnológico-constructivas orientadas al mejoramiento de la EE de la envolvente edilicia del sector salud. La metodología planteada evidencia su potencial para contribuir a la reducción de la demanda energética, al mismo tiempo que se mejoran las condiciones de habitabilidad en los hospitales.

Adicionalmente, la utilización de reglas de asociación para determinar las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes en cada componente (ventanas, muros y techos) de la envolvente edilicia, constituye un hecho inédito en la disciplina.

En conclusión, el reciclaje sistematizado de la edilicia existente del sector salud, con criterios de diseño pasivo, representa una alternativa viable para reducir en forma sustantiva el consumo energético del sector y los gastos presupuestarios consecuentes, a la vez que se mejoran la habitabilidad, el confort higrotérmico y los aspectos ambientales. Al mismo tiempo, si se tiene en cuenta que en el sector salud los costos de la energía están integrados en el presupuesto general proporcionado por el Ministerio de Salud, en el caso del ámbito

público, los altos valores significan una reducción de la disponibilidad de presupuesto para otros fines. En consecuencia, al reducir la demanda de energía, se reduce el costo necesario para cubrir tales gastos y por lo tanto se ahorran recursos que podrían ser destinados a otras áreas (del sector salud u otro).

Referencias

- Arocas, S. M., Coria Hoffmann, G. D., y Bosc, C. (2018). Estrategias metodológicas para la realización de un diagnóstico de instalaciones hospitalarias de un Programa de Ahorro y Eficiencia Energética. Aplicación en el Pabellón de Alta Complejidad del HIGA. VI Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica/ I Congreso Argentino de Ingeniería Ferroviaria. www.caim2018.com.ar
- Bawaneh, K., Nezami, F. G., Rasheduzzaman, M., y Deken, B. (2019). Energy consumption analysis and characterization of healthcare facilities in the United States. *Energies*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/en12193775>
- Barbero, D. A., Urteneche, E., y Martini, I. (2024). Metodología para el estudio comparativo de propuestas tecnológicas-constructivas orientada al mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia. *Anales de Investigación en Arquitectura*, 14(2). <https://doi.org/10.18861/ania.2024.14.2.3802>
- Celis, F., Echeverría, E., Da Casa, F., Chías, P., y Domínguez, P. (2019). Eficiencia energética y arquitectura hospitalaria en España. III Encuentro Latinoamericano y Europeo Sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007>
- Fernández, A., y Silvia Garzón, B. (2025). Estrategias de rehabilitación de aplicación generalizada en muros de caps en Tucumán, Argentina. *Hábitat Sustentable*, 15(1), 44–53. <https://doi.org/10.22320/07190700.2025.15.01.04>
- Fondoso Ossola, S. T. (2025). *Formulación, análisis y evaluación de estrategias energéticas alternativas para el subsector salud, en el marco de la construcción de escenarios*. Tesis de Doctorado. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP.
- IRAM. (1996). Norma IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.
- IRAM. (2006). Norma IRAM 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrótérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios.
- IRAM. (2017a). Norma IRAM 11507-4. Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Parte 4 - Requisitos complementarios. Transmitancia térmica y factor solar.
- Martini, I. (2010). *Diagnóstico y mejoramiento de los procesos de gestión edilicia energética productiva en la red de salud*. Tesis de Doctorado. UNSa.
- Pareto, V., y Bonnet, A. (1909). *Manuel D'économie politique* (5 edition). Giard & Briere.
- Ré, G. y Filippín, C. (2021). Evaluación energética y rehabilitación de la envolvente edilicia de una escuela en zona bioambiental templada cálida, Argentina. *Informes de la*

Construcción, 73(563): e407. <https://doi.org/10.3989/ic.79374>
Secretaría de Energía. (2024). *Balance Energético Nacional 2024*. <https://www.argentina.gob.ar/econom%C3%ADa/energ%C3%ADa/planeamiento-energetico/balances-energeticos>
Urteneche, E. (2024). *Estrategias tecnológico-constructivas para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud*. Tesis de Doctorado. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP.

Abstract: In Argentina, energy is mainly generated from fossil fuel sources. Thirty-two percent of final energy consumption corresponds to the building stock in the residential and commercial-public sectors. Healthcare buildings are the largest consumers per unit area and are therefore recognized as energy-intensive. This study proposes a methodology for analyzing, proposing, and evaluating technological and construction strategies to improve the energy efficiency of healthcare building envelopes, reduce demand, and optimize habitability.

Keywords: energy efficiency – building envelope – healthcare sector – building recycling – technological and construction strategies.

Resumo: Na Argentina, a energia é gerada principalmente a partir de fontes fósseis. Trinta e dois por cento do consumo final de energia corresponde ao parque edilício dos setores residencial e comercial-público. Os edifícios de saúde são os maiores consumidores por unidade de área e, portanto, são reconhecidos como intensivos em energia. Este estudo propõe uma metodologia para analisar, propor e avaliar estratégias tecnológicas e construtivas para melhorar a eficiência energética das envolturas de edifícios de saúde, reduzir a demanda e otimizar a habitabilidade.

Palavras-chave: eficiência energética – envolvente de edifício – setor de saúde – reciclagem de edifícios – estratégias tecnológicas e construtivas.

Urteneche, Emilia: Arquitecta por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata (FAU-UNLP). Año 2019.
Doctora en Arquitectura y Urbanismo (FAU-UNLP). Año 2024.
Actualmente se desempeña como Becaria postdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC, CONICET-UNLP). Desarrolla su actividad en investigación en los campos del hábitat, la energía y el ambiente.

Cuenta con publicaciones de artículos en revistas con referato indizadas como *Energías Renovables y Medio Ambiente (ERMA)*, *Estudios del hábitat*, *Anales de Investigación en Arquitectura*, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)* y *Estoa*.

Es jefa de trabajos prácticos en la asignatura Edificios I de la Facultad de Ingeniería (FI-UNLP) y ayudante de curso diplomada de la materia Teoría de la arquitectura (nivel I) en FAU-UNLP. Docente-Investigadora Categoría III.

Martini, Irene: Arquitecta por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata (FAU-UNLP). (1994). Magister en Políticas Ambientales y Territoriales en el Instituto de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Bs As. (2003). Doctora en Ciencias, Área Energías Renovables de la Universidad Nacional de Salta. (2010).

Investigadora Principal CONICET. Vice-Directora del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido-CONICET-UNLP.

Desarrolla su actividad en investigación en los campos del hábitat, la energía y el ambiente. Cuenta con publicaciones de artículos en revistas con referato indizadas; libros; capítulos de libro y trabajos en Congresos.

Ha participado y dirigido proyectos de investigación CONICET, ANPCyT, UNLP y BID. Docente de la cátedra de Estructuras de la FAU-UNLP y Profesora del Doctorado en Geografía de la USAL. Docente-Investigadora Categoría I.

Barbero, Dante Andrés: Es Licenciado en Informática (Facultad de Ciencias Exactas, UNLP), Analista de Computación y Doctor en Ciencias Informáticas (Facultad de Informática, UNLP), Magister en Paisaje, Medio Ambiente y Ciudad (Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP) y Posdoctorado (Centro de Estudios Avanzados, UNC).

Actualmente se desempeña como Investigador Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) en el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC, CONICET-UNLP).

Ha sido docente de posgrado y de grado. Actualmente es docente en el nivel terciario.

Ha publicado recientemente artículos en revistas científicas especializadas como *Energías Renovables y Medio Ambiente (ERMA)*, *Estudios del hábitat*, *Anales de Investigación en Arquitectura*, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)* y *Estoa*.