

## CLASIFICACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICO-CONSTRUCTIVAS DE LA ENVOLVENTE EDILICIA PARA FUNDAMENTAR MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

**Emilia Urteneche<sup>1</sup>, Dante A. Barbero<sup>1</sup>, Santiago T. Fondoso Ossola<sup>1</sup>, Irene Martini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata (FAU – UNLP)  
Calle 47 N° 162, La Plata, CP 1900, Buenos Aires  
www.iipac.unlp.edu.ar +54-221-423-6587/90 int. 250 E-mail: emiliaurteneche@iipac.laplata-conicet.gov.ar

*Recibido 09/2022; Aceptado 11/2022*

**RESUMEN.-** El parque edilicio del sector salud en Argentina es, generalmente, ineficiente con respecto al consumo energético. Esto genera desequilibrios entre la habitabilidad, las altas tarifas y los presupuestos necesarios para afrontar las demandas de climatización, por ejemplo, las cuales están directamente vinculadas con la eficiencia energética de la envolvente edilicia. Este trabajo presenta un análisis de las características técnico-constructivas de la envolvente edilicia actual del sector salud, a los efectos de reconocer “casos representativos” para luego proponer medidas que permitan mejorar la eficiencia energética de la envolvente edilicia y estudiar la viabilidad de la incorporación de energías renovables en el futuro. Para obtener una clasificación que encuentre los “casos representativos” se aplicará un método de agrupamiento (clustering). Una vez realizado el agrupamiento, se procederá a reconocer el número de grupos que mejor describen al conjunto de edificios analizados. Por último, se describen las similitudes técnico-constructivas que presentan los establecimientos de cada uno de los grupos encontrados por el algoritmo y se sugieren algunas posibles medidas para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia existente (por grupo), lo cual permitirá sentar las bases para posteriores estudios que consideren la posible incorporación de energías renovables.

**Palabras clave:** ahorro de energía, reciclado edilicio, sector salud.

## CLASSIFICATION OF HEALTH BUILDINGS ON THE BASIS OF THE TECHNICAL-CONSTRUCTIVE CHARACTERISTICS OF THE BUILDING ENVELOPE TO SUPPORT ENERGY EFFICIENCY MEASURES

**ABSTRACT.-** Health buildings in Argentina are generally inefficient in relation to the energy consumption. This generates unbalances between habitability, high rates and the necessary budgets to afford the air conditioning demands, which are directly linked with the energy efficiency in the building envelope. This paper presents an analysis of the technical-constructive characteristics of the current building envelope of the health sector, in order to identify “representative cases” and then propose measures to improve the energy efficiency of the building envelope and to study the feasibility of incorporating renewable energies in the future. In order to obtain a classification that finds the “representative cases”, a clustering method will be applied. Once the clustering has been carried out, the number of groups that best describe the set of buildings analysed will be identified. Finally, the technical-constructive similarities between the establishments in each of the groups found by the algorithm are described and some possible measures for improving the energy efficiency of the existing building envelope (per group) are suggested, which will lay the foundations for further studies that consider the possible incorporation of renewable energies.

**Keywords:** energy saving, retrofit building, health sector.

### 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una realidad innegable, motivo por el cual cada vez son más los países que están trabajando en el desarrollo de políticas y estrategias que ayudan a combatir de manera conjunta esta situación. Una de las causas directamente relacionadas con este contexto es el aumento exponencial del consumo de energía a nivel mundial (Naciones Unidas, 2015). Cada día se consume más energía dependiendo en gran medida de las

fuentes no renovables (Svampa y Viale, 2021). Desde hace ya varias décadas, el crecimiento continuo de la demanda energética y las consecuencias en las energías convencionales a nivel global, en su mayor parte proveniente de energías no renovables, requiere de la implementación inmediata de medidas de reducción de la demanda de la energía. Cerca del 40% de la energía que se consume está vinculada con los edificios (Kuchen, 2018) y fundamentalmente con el suministro a los sistemas de climatización, iluminación, agua caliente sanitaria, y en el caso del sector

terciario se añaden los procesos y los servicios. Actualmente, la eficiencia energética y la sustitución de fuentes convencionales por renovables forman parte de las principales preocupaciones de todos los países, donde coinciden múltiples factores tanto económicos, como así también políticos y sociales. Así, varios países europeos y latinoamericanos vienen incorporando mejoras en la evaluación e implementación de medidas de eficiencia energética en los diferentes sectores de la sociedad.

A nivel nacional, desde el punto de vista del consumo final de energía, en el año 2021 se observa que aproximadamente el 34% corresponde a la edificación construida abarcando a los sectores residencial y comercial-público (Ministerio de economía, 2021). Dentro de este último sector, el comercial y público, se incluye el subsector salud. Si bien este sector no representa el mayor porcentaje de consumo dentro de la matriz energética nacional, resulta fundamental intervenir en la reducción de la demanda energética ya que los establecimientos de salud hospitalarios se consideran los edificios con el mayor consumo de energía por unidad de superficie (Alexis y Liakos, 2013; Ma et al., 2019). Dicho consumo energético se debe principalmente al uso continuo de equipos de climatización para mantener niveles satisfactorios de confort térmico y de calidad del aire interior, con el fin de controlar la propagación de enfermedades. Estas demandas de energía para climatización están directamente vinculadas a la eficiencia energética de la envolvente edilicia, ya que, los materiales que la componen son los encargados de realizar el intercambio de calor entre el espacio interior y el entorno.

A partir de los relevamientos técnico-constructivos, se observa que el parque edilicio del subsector Salud en Argentina es, en general, poco eficiente con respecto al consumo energético, advirtiendo desequilibrios entre la necesidad de mantener niveles de habitabilidad razonables, alta operatividad y elevados presupuestos para afrontar las demandas requeridas. Un trabajo previo del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), facilitó la identificación del estado actual de la edificación sanitaria y su envolvente, sistematizando sus condiciones higrotérmicas y su estado en cuanto al cumplimiento de las normativas vigentes. Se observó que, en la mayoría de los establecimientos relevados, las soluciones constructivas que conforman la envolvente vertical y horizontal de los mismos, no cumplen con las condiciones de acondicionamiento higrotérmico que exige la Ley 13.059/ 2003 de la provincia de Buenos Aires (Urteneche et al., 2021).

Por otro lado, existe una tendencia desde el año 1995 en la cual el consumo de energía de los establecimientos del sector ha aumentado un 36%. Es probable que esta tendencia se mantenga e inclusive aumente debido a múltiples factores que impulsan el uso de energía en dicho sector. Entre ellas se pueden mencionar: (i) que el número de persona mayores de 60 años se triplique hasta alcanzar los dos millones de personas en el año 2050; (ii) que cada vez se requiera más equipos para mejorar la calidad de los diagnósticos y la prestación asistencial y (iii) que existe la necesidad de ampliar los equipos informáticos y electrónicos. Sumado al crecimiento del uso de la energía, se espera que sus costos aumenten un 25% en los próximos 5 años siendo de esta manera el efecto financiero extremadamente grande.

Es por ello que resulta fundamental desarrollar estrategias metodológicas tendientes a mejorar el uso de los recursos energéticos en los edificios del sector salud, así como minimizar la demanda por medio de la introducción de medidas de eficiencia con la posibilidad de analizar la factibilidad de sustitución de fuentes convencionales por renovables. Así, la formulación de propuestas

para el reciclaje general y sistematizado de la edificación existente del sector salud, con criterios de diseño pasivo representa una alternativa viable para reducir el consumo energético del sector y los gastos presupuestarios consecuentes, favoreciendo el almacenamiento térmico del edificio, mejorando la habitabilidad, el confort higrotérmico y los aspectos ambientales. Para lograr esto, es necesario poder aplicar medidas a escala “masiva” y para ello se requiere encontrar conjuntos de hospitales con característica tecno-constructivas “homogéneas”, a partir de métodos de **agrupamiento** que permitan identificar los edificios de similar comportamiento energético.

Los métodos de agrupamiento forman parte de los modelos descriptivos (Hernández Orallo et al. 2004) e intentan construir grupos homogéneos en cuanto a que la distancia entre los elementos de un mismo grupo es menor a la distancia con elementos de otro grupo. Normalmente, los métodos de agrupamiento utilizan la distancia euclídea para calcular la similitud o proximidad entre pares de elementos. Es decir, a mayor proximidad, mayor similitud, y menor distancia entre pares de elementos.

En el presente trabajo se utiliza un método de agrupamiento (K-means o K-medias) para identificar edificios de salud “homogéneos” en lo que refiere a las características técnico-constructivas de la envolvente edilicia, lo cual determina la eficiencia energética de la misma. Yañez (1986) estableció en su trabajo una clasificación de los hospitales de acuerdo a su partido arquitectónico. En la misma línea, Czajkowski (1993) clasificó los edificios hospitalarios teniendo en cuenta el análisis tipológico y su evolución. La posibilidad de encontrar establecimientos de similares características, en ocasiones, suele permitir sugerir medidas uniformes para todos los elementos que forman parte de un grupo (hospitales en este caso) y de allí la importancia de esta labor inicial. A partir de los grupos detectados se espera poder sugerir estrategias para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia de cada uno de los conjuntos de hospitales que forman parte del sector salud, en lugar de hacerlo de manera particularizada, para cada establecimiento.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología desarrollada consta de seis etapas: (i) Identificación de las características técnico-constructivas de la envolvente edilicia en cada uno de los hospitales; (ii) Transformación de los valores alfanuméricos en valores numéricos; (iii) Asignación del peso que corresponde a cada columna y normalización de los valores; (iv) Ejecución del algoritmo para distintos números de grupos a encontrar; (v) Determinación del número de clases óptimo a partir del análisis del diagrama de Elbow y (vi) Proposición de estrategias tecnológicas-constructivas para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia para cada grupo detectado. Cada una de las etapas se desarrolla a continuación.

*Identificación de las características técnico-constructivas de la envolvente edilicia en cada uno de los hospitales:* En esta etapa se realiza un registro a partir de planos y relevamientos in-situ para identificar las soluciones tecnológicas de los muros, carpinterías y techos presentes en cada edificio hospitalario, las cuales se tildarán con una “x” en la planilla de la Tabla 1.

*Transformación de los valores alfanuméricos en valores numéricos:* Una vez identificadas las soluciones tecnológicas de la edificación existente, que figuran con una “x” en la planilla anterior son reemplazadas en la nueva planilla por el valor 1 y a su ausencia (un blanco en la planilla anterior) se le asigna el valor 0.

Tabla 1: Identificación de las soluciones tecnológicas para cada elemento de la envolvente edilicia.

EDIFICIOS	ENVOLVENTE VERTICAL						ENVOLVENTE HORIZONTAL		
	MUROS			CARPINTERÍAS			TECHOS		
	S1	...	SL	S1	...	SK	S1	...	SJ
Edificio 1									
...									
Edificio N									

Asignación del peso que corresponde a cada elemento de la envolvente edilicia y normalización de los valores: Obtenidos los valores numéricos, se reemplazan los "1" por el valor que corresponda luego de efectuar la normalización. Se procede a asignar los valores de manera que pueda calcularse la distancia entre hospitales utilizando la fórmula de la distancia euclídea. Así, por ejemplo, si se tienen 3 elementos de la envolvente edilicia (muros, carpinterías y techos) y cada elemento tiene la misma importancia que el resto, cada uno tendrá un peso de raíz cuadrada de  $\frac{1}{3}$  (que es aproximadamente 0,57735). La distancia máxima entre 2 hospitales se dará cuando los hospitales difieran en los valores de cada una de sus columnas. En tal caso la distancia máxima posible resultará ser igual a 1. Por ejemplo:

Hospital 1= (0 ; 0,57735; 0)

Hospital 2= (0,57735; 0 ; 0,57735)

Si se aplica la fórmula de la distancia a estos valores resultará:

$$[(0-0,57735)^2+(0,57735-0)^2+(0-0,57735)^2]^{1/2}=(3.1/3)^{1/2}=(1)^{1/2}=1.$$

Una vez que los valores distintos de cero de cada columna son reemplazados por el que se deduce siguiendo los lineamientos del ejemplo anterior, se puede aplicar el algoritmo de agrupamiento.

Ejecución del algoritmo para distintos números de grupos a encontrar: Con la asignación del peso a cada elemento de la envolvente edilicia, se prueba el algoritmo para distintos valores de k (números de grupos a encontrar) y se registra, en cada caso, la clase a la que pertenece cada elemento (hospital).

Determinación del número de clases óptimo a partir del análisis del diagrama de Elbow: En esta etapa se utiliza el Diagrama de Elbow para visualizar la distancia promedio al centroide en función del número k de clases a encontrar. El criterio para determinar el número de clases adecuado se puede encontrar, en principio, analizando las pendientes de las rectas que unen los distintos pares de puntos del diagrama de Elbow. Una pendiente negativa pequeña significará que agregar esa nueva clase no reduce significativamente la distancia promedio al centroide y, por lo tanto, no resulta conveniente incorporar otra clase más.

Proposición de estrategias tecnológicas-constructivas para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia: Finalmente en la última etapa, a partir del número de clases apropiado elegido en el paso anterior, se brindan posibles medidas para cada grupo detectado.

### 3. RESULTADOS

A partir de la aplicación de la metodología desarrollada, se presentan los resultados obtenidos para los establecimientos del sistema de salud público que tienen internación, con alcance regional y zonal de la Micro-Región Gran La Plata (MRGLP), compuesta por los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada. La misma pertenece a la zona bioclimática III según Norma IRAM 11603, caracterizada como templada cálida y a la subzona b, donde se tienen amplitudes térmicas pequeñas. En cuanto a su organización político-institucional, la red de hospitales en estudio, se ubica en la Región Sanitaria XI dentro de la provincia de Buenos Aires, una de las áreas con mayor número de establecimientos sanitarios (Ministerio Provincial de Salud, 2020). Esta red de salud presenta una gran variedad, tanto en complejidad sanitaria como en diversidad morfológica asociada a sus cortes históricos.

Identificación de las características técnico-constructivas de la envolvente edilicia en cada uno de los hospitales: A partir del estudio de los planos y relevamientos in-situ, se identificaron las soluciones tecnológicas empleadas en cada uno de los elementos de la envolvente edilicia (muros, carpinterías y cubiertas) de cada hospital (Tablas 2a y b).

Transformación de los valores alfanuméricos en valores numéricos: En esta etapa las soluciones tecnológicas encontradas, que figuran con una "x" en la planilla anterior son reemplazadas en la nueva planilla por el valor 1 y a su ausencia (un blanco en la planilla anterior) se le asigna el valor 0.

Asignación del peso que corresponde a cada elemento de la envolvente edilicia y normalización de los valores: En esta etapa se reemplazan los "1" por el valor que corresponda luego de efectuar la normalización. Los valores normalizados se deducen a partir de la figura 1.

Tablas 2a y b: Identificación de las soluciones tecnológicas para cada elemento de la envolvente edilicia.

EDIFICIOS	ENVOLVENTE VERTICAL												
	MUROS					CARPINTERÍAS							
	LC 30	LC 42	LC 30 visto	LC 42 visto	LH no portante	Tabique hormigón armado	Sin protección			Con protección			
							Madera	Chapa	Aluminio	Profilat	Madera	Chapa	Aluminio
HIGA "San Roque"					x			x		x		x	
HIAE "Dr. Alejandro Korn"	x	x		x	x		x	x	x		x	x	
HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"					x			x	x				x
HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	x				x				x			x	
HIGA "Gral. San Martín"		x	x		x	x	x	x	x		x	x	x
HZGA "Dr. Larrain"	x		x										x
HZE "Dr. Noel Sbarra"	x				x			x	x			x	x
HZGA "Cestino"	x		x								x		
HIAEP "Sor Maria Ludovica"	x	x			x			x	x		x	x	
HIEAC "San Juan de Dios"	x	x	x		x		x	x	x		x		

EDIFICIOS	ENVOLVENTE HORIZONTAL								
	TECHOS								
	Chapa sin cielorraso	Chapa con cielorraso	Chapa con cielorraso + aislación	Chapa + losa con cielorraso suspendido	Teja curva con cielorraso	Losa HA con cielorraso aplicado	Losa HA con cielorraso suspendido	Losa HA con cielorraso suspendido con aislación térmica	Losa con viguetas y ladrillo cerámico con cielorraso suspendido
HIGA "San Roque"	X	X					X		
HIAC "Dr. Alejandro Korn"	X	X		X	X				
HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"						X			
HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"		X			X		X	X	
HIGA "Gral. San Martín"	X	X	X	X		X	X	X	
HZGA "Dr. Larrain"							X		
HZE "Dr. Noel Sbarra"			X				X		
HZGA "Cestino"							X		
HIAEP "Sor Maria Ludovica"		X	X				X		
HIEAC "San Juan de Dios"	X	X		X	X	X	X		X

En base a los valores que surgen a partir del árbol anterior, se procede a asignar los pesos de manera que pueda calcularse la distancia entre hospitales utilizando la fórmula de la distancia euclídea. Una vez que los valores distintos de cero de cada columna son reemplazados, el paso siguiente consiste en aplicar el algoritmo de agrupamiento (Tabla 3).

*Ejecución del algoritmo para distintos números de grupos a encontrar:* Con la asignación del peso a cada elemento de la envoltura, se ejecuta el algoritmo para distintos valores de k

(números de grupos a encontrar) y se registra, en cada caso, la clase a la que pertenece cada hospital (Tabla 4).

En la tabla 4 se observa que para k=2, el agrupamiento coincide con la antigüedad edilicia de los establecimientos. De esta manera, se puede distinguir un grupo de hospitales (1) construidos a mediados del siglo XX, mientras que en el otro grupo (2) las edificaciones se remontan a fines del siglo XIX. Asimismo, puede observarse que a medida que se eleva el número de grupos (k>2), es menos directa la relación entre las soluciones tecnológicas de

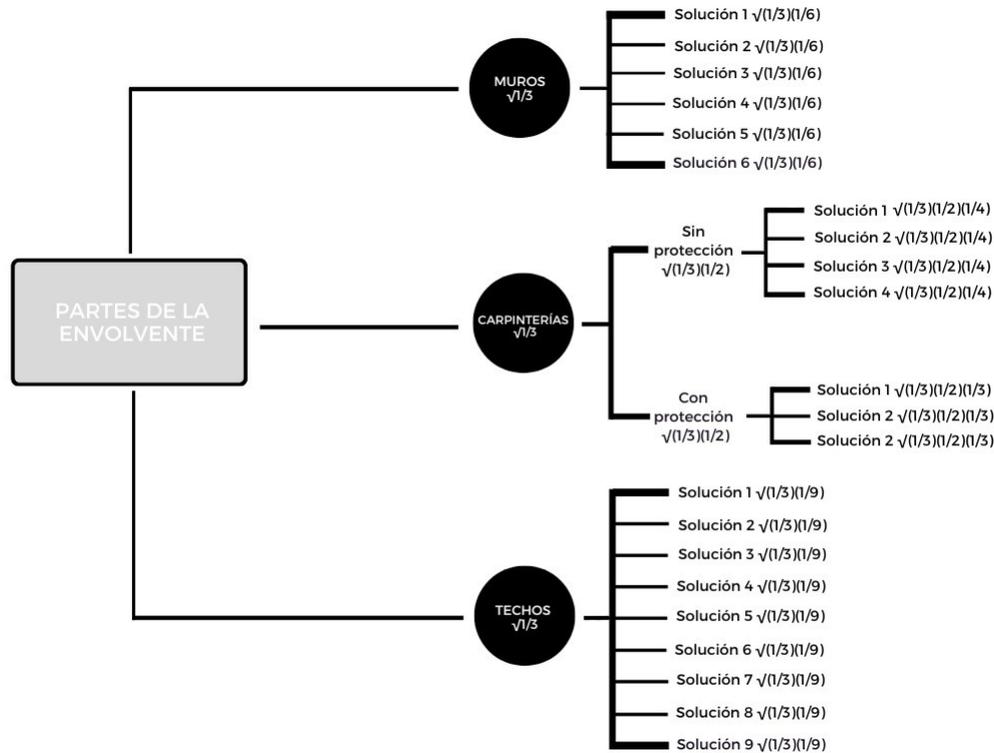


Fig. 1: Árbol que muestra el peso asignado a cada elemento de la envoltura edilicia.

Tabla 3: Planilla con los datos listos para aplicar el algoritmo de agrupamiento.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	CSP1	CSP2	CSP3	CSP4
HIGA "San Roque"	0	0	0	0	0.2357965	0	0	0.2042058	0	0
HIAC "Dr. Alejandro Korn"	0.2357965	0.2357965	0	0.2357965	0.2357965	0	0.2042058	0.2042058	0.2042058	0.2042058
HIGA "Dr. Prof. Rodolfo Rossi"	0	0	0	0	0.2357965	0	0	0.2042058	0.2042058	0
HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	0.2357965	0	0	0	0.2357965	0	0	0	0.2042058	0
HIGA "Gral. San Martín"	0	0.2357965	0.2357965	0	0.2357965	0.2357965	0.2042058	0.2042058	0.2042058	0
HZGA "Dr. Larrain"	0.2357965	0	0.2357965	0	0	0	0	0	0	0
HZE "Dr. Noel Sbarra"	0.2357965	0	0	0	0.2357965	0	0	0.2042058	0.2042058	0
HZGA "Cestino"	0.2357965	0	0.2357965	0	0	0	0	0	0	0
HIAEP "Sor Maria Ludovica"	0.2357965	0.2357965	0	0	0.2357965	0	0	0.2042058	0.2042058	0
HIEAC "San Juan de Dios"	0.2357965	0.2357965	0.2357965	0	0.2357965	0	0.2042058	0.2042058	0.2042058	0

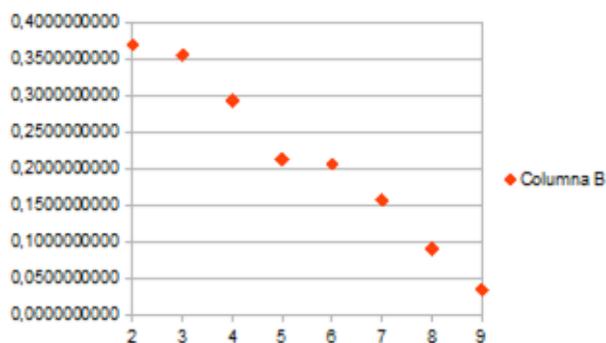


Fig. 2: Diagrama de Elbow donde se muestra la distancia promedio al centroide en función del número  $k$  de clases a encontrar ( $k$

la envolvente edilicia y el corte histórico de cada establecimiento.

**Determinación del número de clases óptimo a partir del análisis del diagrama de Elbow:** En esta etapa se utiliza el Diagrama de Elbow para visualizar la distancia promedio al centroide en función del número  $k$  de clases a encontrar y se elige el número de grupos que brinde una mejor respuesta al problema planteado.

A los efectos de determinar el número de clases “óptimo”, hay que tener en consideración, por un lado, el número de elementos (hospitales) a clasificar y, por otra parte, la reducción en términos de distancia promedio al centroide que implica incorporar una clase más al agrupamiento. A partir del diagrama de la figura 2, se puede observar que, por ejemplo, no resulta útil considerar un número de clases óptimo igual a 3 o a 6. En primer lugar, no sería conveniente establecer  $k=3$ , puesto que la pendiente negativa de la recta que une los números de clases 2 y 3 es poco pronunciada. De manera similar, la distancia promedio al centroide entre la clase 5 y 6 no varía significativamente, motivo por el cual no es necesario incorporar una nueva clase al agrupamiento. En consecuencia, se considera  $k=2$  el número de clases “óptimo”, dado que reúne las dos condiciones antes citadas, a saber: se considera que el número de elementos a clasificar es reducido (son sólo 10) y que la pendiente en el diagrama de Elbow que se observa si se agregase una clase más señala que ésta última opción no es conveniente.

**Proposición de estrategias tecnológicas-constructivas para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia:** En esta etapa, a partir del número de clases apropiado elegido en el paso anterior ( $k=2$ ), se brindan posibles medidas de mejoramiento específicas por grupo identificado.

- El primer grupo está conformado por el Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “San Roque”, el Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “Dr. Prof. Rodolfo Rossi”, el Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) “Dr. Ricardo Gutiérrez”, el Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) “Dr. Larrain”, el Hospital Zonal Especializado (HZE) “Dr. Noel Sbarra” y el Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) “Cestino”. Estos edificios se construyeron a mediados del siglo XX, en general poseen muros de ladrillo cerámico hueco no portante ( $K=1,61 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ) y techos inclinados de chapa ondulada de hierro galvanizado con cielorraso suspendido ( $K=1,77 \text{ W/m}^2\text{°C}$  para condición de verano). En estos casos, que no suele existir una restricción desde el punto de vista del patrimonio histórico y cultural, se recomienda la incorporación de aislación térmica desde el exterior. El sistema EIFS (Exterior Insulation Finish System) se compone por planchas de poliestireno expandido (EPS), las cuales se adhieren al muro existente por medio de

adhesivo (o fijaciones mecánicas) para luego aplicar sobre estas una capa de base coat (mezcla de polímeros acrílicos y cemento portland). Para darle resistencia mecánica, se refuerza con una malla de fibra de vidrio que cubre toda la superficie de las planchas de EPS. El acabado final se realiza con revestimiento plástico o con pintura exterior. Dicha implementación permite incluir la masa térmica de los muros como estabilizadores de los ambientes, a partir de su inercia térmica ( $K=0,85 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ). En cuanto a los techos, se propone incorporar aislación térmica exterior con 6 cm de EPS ( $20 \text{ Kg/m}^3$ ) debajo de la cubierta existente ( $K=0,44 \text{ W/m}^2\text{°C}$  para condición de verano). Esta estrategia para cubiertas inclinadas es una alternativa de aislación mediante la colocación de placas de EPS entre el entablado o machimbre y la cubierta original de tejas o chapa.

- El segundo grupo está conformado por el Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos (HIAC) “Dr. Alejandro Korn”, el Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “Gral. San Martín”, el Hospital Interzonal de Agudos Especializado en Pediatría (HIAEP) “Sor María Ludovica” y el Hospital Interzonal Especializado en Agudos y Crónicos (HIEAC) “San Juan de Dios”. Estas edificaciones se remontan a fines del siglo XIX y se caracterizan por sus muros portantes de ladrillo cerámico macizo ( $K=2,05 \text{ W/m}^2\text{°C}$  para el muro de 0,3 m de espesor) y techos inclinados de tejas curvas con cielorraso suspendido ( $K=1,69 \text{ W/m}^2\text{°C}$  para condición de verano). En muchos casos, tienen carácter patrimonial, por lo que se recomienda la incorporación de aislamiento térmico desde el interior. En los muros se propone colocar 38 mm de lana de vidrio con foil de aluminio en su cara interna, protegida mecánicamente con placas de roca de yeso de 12 mm sobre estructura metálica ( $K=0,61 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ). Dicha intervención excluye la masa térmica de los muros, generando espacios térmicamente más dinámicos, orientados a usos intermitentes con climatizaciones específicas. En los techos se incorpora en el cielorraso suspendido, aislación interior con 80 mm de lana de vidrio, que tiene un foil de aluminio en una de sus caras, actuando como barrera de vapor ( $K=0,41 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ).

Es conveniente recordar aquí, que uno de los objetivos del mejoramiento de la envolvente edilicia es cumplir con las condiciones de acondicionamiento higrotérmico exigidas por las Normas IRAM y por la Ley 13.059/2003 de la Provincia de Buenos Aires, manteniendo e inclusive mejorando los niveles de habitabilidad.

### 3. CONCLUSIONES

Si bien existen catálogos de tipologías para viviendas urbanas (Rosenfeld et al. 1992) que componen el sector residencial, para el sector salud no existe una clasificación semejante. Por lo tanto,

este trabajo presenta una clasificación inédita en cuanto al sector analizado, la cual permite sentar las bases para la proposición de futuras medidas de mejoramiento de la eficiencia energética para cada grupo encontrado. Esto permite el desarrollo de medidas de implementación “masivas” aplicables a todo el sector salud.

Como es bien sabido, el mejoramiento de la eficiencia energética suele traer aparejado un menor consumo de energía (que en la Argentina la producción de energía a partir de fuentes no renovables representa más del 50 %) y consecuentemente una reducción de los perjuicios ocasionados en términos ambientales (ej.: reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, entre otros). Dado los compromisos asumidos por el país en cuanto a reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes, lograr mejorar la eficiencia energética de la envolvente del sector salud significaría una mejora en ese aspecto en el sector comercial y público (dentro del cual se encuentra el sector salud) y, en última instancia, una reducción de la demanda energética del sector salud en la matriz energética nacional por sectores.

Cabe aclarar que, si bien el área de estudio de la investigación corresponde a la MRGLP, los aportes producidos en este trabajo podrían ser aplicados a otros casos de estudios de similares características con sus correspondientes ajustes y adaptaciones. Asimismo, la inclusión de medidas de eficiencia energética en los establecimientos del sector salud, puede ser una referencia urbana que influya en la comunidad, cuyas implementaciones podrían ser tomadas como ejemplo a los efectos de ser extrapoladas a otros sectores y/o edificios.

En síntesis, contar con una metodología para el análisis de las características técnico-constructivas de la envolvente edilicia actual del sector salud, reconociendo “casos representativos”, puede dar respuesta y delinear el perfil actual y futuro de consumo del sector en forma masiva, aplicando estrategias alternativas de eficiencia energética y posible sustitución de fuentes por renovables específicas por grupo seleccionado. Asimismo, el desarrollo de este trabajo representa una buena oportunidad para replantear y actualizar conceptos, metodologías y modalidades de instrumentación a la luz de la modificación sustantiva de la situación actual del contexto nacional y regional, así como de los lineamientos políticos y las normativas reglamentadas al respecto.

## REFERENCIAS

- Alexis, G. K., & Liakos, P. (2013). A case study of a cogeneration system for a hospital in Greece. Economic and environmental impacts. *Applied Thermal Engineering*, 54(2), 488–496. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.02.019>
- Czajkowski, J. D. (1993). Evolución de los edificios hospitalarios. Aproximación a una visión tipológica. *Actas del IV Congreso Latinoamericano y 7° Jornadas Interdisciplinarias de la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria*. Buenos Aires.
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. *Ley 13059*. Dirección URL: <<https://normas.gba.gov.ar/ar-b/ley/2003/13059/3792>> [consulta: 1 de julio de 2022].
- Hernández Orallo, J. Ramírez Quintana, M. J. y Ferri Ramírez, C. (2004). Introducción a la minería de datos. *Pearson-Prentice Hall*.
- IRAM. (1996). IRAM 11605: Condiciones de habitabilidad en edificios.
- IRAM. (2012). IRAM 11603 Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto de Racionalización Argentino de Materiales (IRAM).
- Kuchen, E. (2018). Eficiencia Energética y confort en edificios públicos. *PROYECTARQ*, 28–31.
- Ma, H. Li, C. Lai, J. Yang, F. y Li, Z. (2019). Investigation on energy consumption of public buildings in Tianjin. *Energy Procedia*, 158, 3427-3432.
- Ministerio de economía. (2021). Balance Energético Nacional 2021. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Ministerio Provincial de Salud. (2020). Información en Salud. Recursos/Servicios. <https://www.ms.gba.gov.ar/sitios/infoen-salud/estadistica/recursos-y-servicios-de-salud/>
- Naciones Unidas. (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. *Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Medio Ambiente y El Desarrollo*. <https://doi.org/10.54114/revan-lisis.v17i1.17556>
- Rosenfeld, E., y Czajkowski, J. D. (1992). Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires.
- Svampa, M. Viale, E. (2021). El colapso ecológico ya llegó: Una brújula para salir del (mal) desarrollo. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.
- Urteneche, E. Martini, I. Barbero, D. A. y Discoli, C. A. (2021). Estado del arte de la envolvente edilicia del subsector salud en la Microrregión Gran La Plata. *ASADES*, 25, 49–59. <https://asades.org.ar/revista-averma-edicion-2021/>
- Yañez, E. (1986). Hospitales de seguridad social. Limusa.