

ESTRATEGIAS TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE EDILICIA DEL SECTOR SALUD

**Tesis doctoral presentada por
EMILIA URTENECHÉ**

**ante la
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la
Universidad Nacional de La Plata**

**para acceder al grado académico de
DOCTORA EN ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**Directora: Dra. Irene Martini
Co-director: Dr. Dante A. Barbero**

**La Plata, Argentina
Octubre, 2024**

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	11
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE GRÁFICOS	15
LISTA DE TABLAS	16
LISTA DE PLANILLAS	18
LISTA DE CATÁLOGOS DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVAS DE LA ENVOLVENTE EDILICIA	20
LISTA DE FICHAS DE PRECIOS DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICO- CONSTRUCTIVAS DE LA ENVOLVENTE EDILICIA.....	21
1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
1.1 Marco conceptual	23
1.2 Tema y problema de investigación	29
1.3 Estado del arte	31
1.4 Hipótesis	43
1.5 Objetivos	43
1.6 Pertinencia, aporte al conocimiento y relevancia.....	45
1.7 Síntesis	47

2	DESARROLLO METODOLÓGICO	48
2.1	Delimitación del objeto de estudio	49
2.2	Metodología desarrollada para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud.....	60
2.2.1	Análisis y diagnóstico	60
2.2.2	Propuesta.....	77
2.2.3	Evaluación.....	81
2.3	Síntesis.....	86
3	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	87
3.1	Análisis y Diagnóstico	88
3.2	Propuesta	125
3.3	Evaluación	142
3.4	Síntesis	163
4	CONCLUSIONES	164
4.1	Conclusiones generales	165
4.2	Conclusiones particulares	169
4.3	Aportes del trabajo.....	173
4.4	Posibles trabajos futuros.....	174
	REFERENCIAS.....	175
	ANEXO 1. Uso de hoja de cálculo para la verificación del comportamiento higrotérmico de la envolvente edilicia opaca.	183

ANEXO 2. Uso de la herramienta desarrollada para el cálculo de la transmitancia térmica (K) de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical. ..	202
ANEXO 3. Fichas de precios de cada solución tecnológico-constructiva de la envolvente edilicia vertical y horizontal.	209

AGRADECIMIENTOS

Gracias, al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por la beca otorgada, la cual permitió el desarrollo de la presente investigación; como así también, gracias a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) por brindarme formación de calidad, tanto de grado como de posgrado. Gracias a la Dirección y a la Secretaría del Doctorado, y en especial, a todos los docentes que me crucé en esta etapa de formación, por su vocación y entrega.

Gracias al Ministerio de Salud de la Provincia y al área de arquitectura de los hospitales relevados, por su colaboración.

Gracias, a mis directores, siempre presentes en este recorrido, por su confianza, su tiempo, compromiso y dedicación. A Irene, gracias por haberme invitado al Instituto, por su generosidad, su entusiasmo y su admirable tenacidad. A Dante, gracias por enseñarme con paciencia otra disciplina muy distinta a la arquitectura, por su templanza, su mirada crítica y su constante acompañamiento y predisposición. A Charly, gracias por acompañarme inclusive después de haberse retirado, por su pragmatismo e ingenio, pero sobre todo por su calidez y su simpleza.

Gracias, a mis compañeros del Instituto de Investigaciones de Políticas del Ambiente Construido (IIPAC, CONICET-UNLP) por tanto trabajo y momentos compartidos, por los consejos sinceros, el apoyo sentido, las charlas de los almuerzos, los amistosos en calle 3, los viajes, encuentros y festivales, pero sobre todo, por el compromiso y pasión por la investigación.

Gracias, a mi familia y a mis amigos por el aguante. A Ju y a mis amigas queridas, gracias por estar siempre en cada paso, por la compañía y el aliento. A Ian, gracias por acompañarme con amor y brindarme calma. Y a mis sponsors oficiales, mis viejos, Inés y Tiva, gracias por su amor y apoyo incondicionales, por haberme dado la oportunidad de estudiar y por transmitirme el valor del esfuerzo, la perseverancia, la dedicación y el compromiso.

El aumento exponencial a nivel mundial del consumo de energía de origen fósil es una de las causas que más contribuye al cambio climático. En Argentina, aproximadamente el 59% de la energía se genera a partir de fuentes de origen fósil y el 34% del consumo de energía final corresponde al parque edilicio construido de los sectores residencial y comercial-público (Secretaría de Energía, 2022), por lo cual los edificios constituyen un escenario con potencial para conseguir ahorros de energía y emisiones. Además, la irrupción global de la pandemia de Covid-19 llevó a algunos sectores a incrementar su demanda, y en un marco de inestabilidad sanitario-ambiental creciente, con posibilidades de recurrencia, resultaría necesario realizar acciones que procuren reducir el consumo de energía y sustituir fuentes convencionales por renovables. En este contexto, los edificios para la salud, que pertenecen al sector comercial-público en el Balance Energético Nacional, son los que presentan el mayor consumo de energía por unidad de superficie, por lo cual se los reconoce como energo-intensivos. Esto se debe al uso continuado de equipos de climatización, con el fin de mantener niveles satisfactorios de confort térmico y de calidad del aire interior, así como a la utilización de iluminación artificial de forma continua junto con el equipamiento sanitario electromecánico. Se puede observar que, las demandas de energía para climatización están directamente vinculadas a los niveles higrotérmicos requeridos, a las características climáticas del lugar, y a la eficiencia energética de la envolvente edilicia, ya que los materiales que la componen son los que realizan el intercambio de calor entre el interior y el exterior.

En este trabajo se plantea 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 mejoran las condiciones de habitabilidad. Para ello, se planteará una metodología que permitirá, en primer lugar, identificar y cuantificar los indicadores relacionados con el consumo energético que tienen mayor incidencia en el ahorro energético y la habitabilidad, tanto a nivel establecimientos (hospitales) como a nivel de las áreas que los componen, así como también, analizar la situación tecnológica-constructiva de la edilicia existente del sector salud.

A los efectos de implementar estrategias a escala masiva (red de hospitales), se considerarán las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes y/o representativas para cada componente de

la envolvente (muros, ventanas y techos) por área hospitalaria, para luego, proponer mejoras orientadas al reciclado edilicio integral de la envolvente edilicia, a partir de técnicas de “diseño pasivo”. Las propuestas de mejoramiento serán comparadas entre sí mediante una evaluación multicriterio, con el objetivo de determinar las estrategias óptimas. Finalmente, luego de identificar las propuestas de mejoramiento más eficientes, se realizará una estimación del ahorro energético que supondría la adopción de cada una de ellas tanto a nivel de las áreas hospitalarias, como de los establecimientos; y, por último, se realiza un ejercicio de expansión a la red de salud en estudio (total de los establecimientos).

ABSTRACT

The exponential worldwide increase in fossil fuel energy consumption is one of the main contributors to climate change. In Argentina, approximately 59% of energy is generated from fossil fuel sources and 34% of final energy consumption corresponds to the residential and commercial-public building stock (Secretaría de Energía, 2022). Therefore, buildings constitute a potential scenario for energy and emissions savings. Moreover, the global outbreak of the Covid-19 pandemic led some sectors to increase their demand, and in a framework of growing health and environmental instability, with the possibility of recurrence, it would be necessary to take actions that seek to reduce energy consumption and replace conventional sources with renewable ones. In this context, health buildings, which belong to the commercial-public sector in the National Energy Balance, have the highest energy consumption per unit area and are therefore recognised as energy-intensive. This is due to the continuous use of air conditioning equipment in order to maintain satisfactory levels of thermal comfort and indoor air quality, as well as the continuous use of artificial lighting together with electromechanical sanitary equipment. It can be seen that the energy demands for air conditioning are directly linked to the required hygrothermal levels, to the climatic characteristics of the place, and to the energy efficiency of the building envelope, since the materials that compose it are the ones that carry out the heat exchange between the interior and the exterior.

This research presents an analysis, proposition and evaluation of technological-constructive strategies for improving the energy efficiency of the building envelope of the health sector, which contribute to achieving savings in terms of energy consumption, while at the same time improving

the conditions of habitability. To this end, a methodology will be proposed that will first identify and quantify the indicators related to energy consumption that have the greatest impact on energy savings and habitability, both at the level of establishments (hospitals) and at the level of their component areas, as well as analysing the technological-constructive situation of existing buildings in the health sector.

In order to implement strategies on a massive scale (network of hospitals), the most frequent and/or representative technological-constructive solutions for each component of the building envelope (walls, windows and roofs) will be considered for each hospital area, and then improvements oriented to the integral building recycling of the building envelope will be proposed, based on "passive design" techniques. The improvement proposals will be compared with each other by means of a multi-criteria evaluation in order to determine the optimal strategies. Finally, after identifying the most efficient improvement proposals, an estimate will be made of the energy savings that would result from the adoption of each of them at the level of both the hospital areas and the establishments; and finally, an expansion exercise will be carried out for the health network under study (all the establishments).

ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

El desarrollo del trabajo está organizado en cuatro capítulos: (1) **Diseño de la investigación**; (2) **Desarrollo metodológico**; (3) **Aplicación de la metodología** y (4) **Conclusiones**. En el primer capítulo, de carácter introductorio, se expondrá el marco conceptual desde el cual se desarrollará el trabajo, se fundamentará la elección del tema de investigación, al mismo tiempo que se plantearán las preguntas disparadoras a las que se busca dar respuesta a partir de las hipótesis de trabajo y, por último, se expondrán los trabajos antecedentes relacionados con la presente investigación junto con los principales aportes en relación con el tema en estudio. Luego, en el siguiente capítulo (capítulo 2: Desarrollo metodológico), se realizará la delimitación del objeto de estudio y se explicará la metodología utilizada, la cual se divide en tres etapas: (1) **Análisis** del consumo energético y **diagnóstico** de la Eficiencia Energética (EE) de la envolvente edilicia del sector salud; (2) **Propuesta** de estrategias tecnológico-constructivas para el mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud y (3) **Evaluación** de cada una de las estrategias de reciclado de la envolvente edilicia del sector salud, considerando aspectos relacionados con el comportamiento higrotérmico y económicos. Luego, en el capítulo 3 se aplicará la metodología al objeto de estudio, teniendo en cuenta las tres etapas mencionadas anteriormente (Análisis y diagnóstico; Propuesta y Evaluación). Por último, en el capítulo 4, se expondrán las conclusiones generales resultantes del desarrollo de cada una de las etapas de la metodología planteada y se verificarán las hipótesis enunciadas; luego, se desarrollarán las conclusiones particulares como resultado de la aplicación de la metodología al objeto de estudio y, por último, se mencionarán los aportes y la relevancia de la investigación, así como también los posibles trabajos futuros que podrían realizarse a partir de la presente tesis. En función de lo expuesto, la estructura y organización de la tesis se muestran a continuación en el esquema de la Figura 1.

Además, se han seleccionado como portada de cada uno de los capítulos, referentes de la arquitectura sanitaria a nivel nacional, con el objetivo de que las buenas prácticas sean visibilizadas y difundidas.

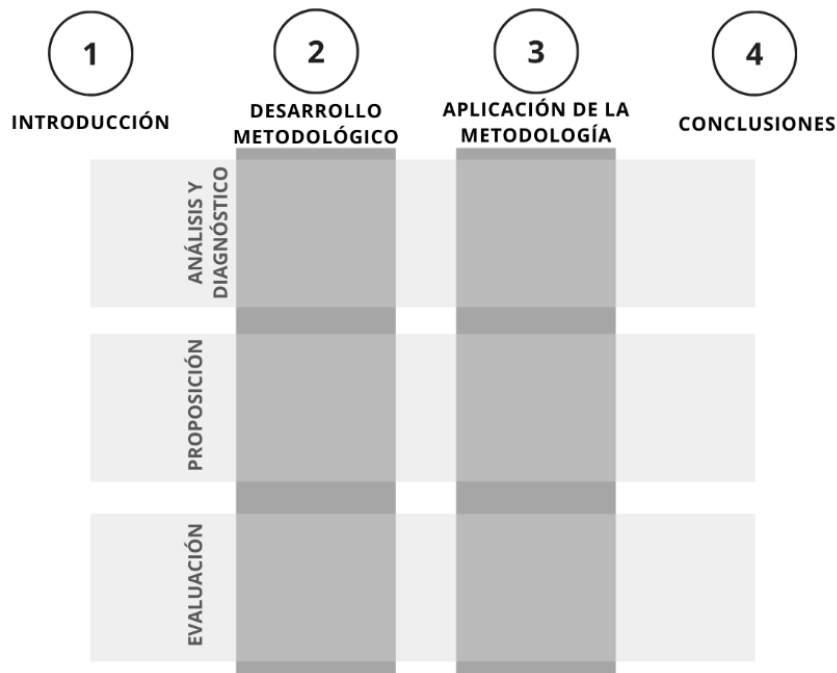


Figura 1: Estructura y organización de la tesis.
Fuente: elaboración propia.

Por último, cabe señalar que esta tesis cuenta con tres Anexos, los cuales serán mencionados oportunamente durante el desarrollo del trabajo. El primero (Anexo 1: Uso de hoja de cálculo para la verificación del comportamiento higrotérmico de la envolvente edilicia opaca) está referido a la sistematización de los cálculos de verificación del comportamiento higrotérmico de los muros y techos, mientras que el segundo (Anexo 2: Uso de la herramienta desarrollada para el cálculo de la transmitancia térmica -K- de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical) trata sobre el desarrollo y aplicación de una planilla en una hoja de cálculo para sistematizar el cálculo de la transmitancia térmica de las ventanas. Por último, el Anexo 3, titulado “Fichas de precios de cada solución tecnológico-constructiva de la envolvente edilicia vertical y horizontal” incluye las fichas de precios de las distintas propuestas tecnológico-constructiva para los muros, techos y ventanas.

LISTA DE ABREVIATURAS

AA – Área hospitalaria de Atención Ambulatoria
AD – Área hospitalaria de Administración
AIE – Agencia Internacional de la Energía
AyD – Análisis y Diagnóstico
BEN – Balance Energético Nacional
CAMMESA – Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima
CAPS – Centro de Atención Primaria de la Salud
CEEMA - Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente
CI – Costo de Inversión
CIDEE-EA - Calculador Integral de Eficiencia Energética de la Envolvente Arquitectónica
CIR – Área hospitalaria de Cirugía
CONFECLISA – Confederación Argentina de Clínicas, Sanatorios y Hospitales Privados
CyB – Área hospitalaria de Circulaciones y Baños
DER – Deep Energy Retrofit (Rehabilitación energética profunda)
DVH – Doble Vidriado Hermético
DyT – Área hospitalaria de Diagnóstico y Tratamiento
EBC – Energy in Buildings and Communities (Energía en Edificios y Comunidades)
EE – Eficiencia Energética
EERR – Energías Renovables
EIFS – Exterior Insulation Finish System (Sistema de aislamiento térmico exterior)
EMES – Edificios Municipales Energéticamente Sustentables
EMP – Empresas de Medicina Prepaga
EPS - Espuma de Poliestireno Expandido
ESCIE – Establecimiento de Salud con Internación Especializada
ESCIEM – Establecimiento de Salud con Internación Especializada en Maternidad
ESCIEP – Establecimiento de Salud con Internación Especializada en Pediatría
ESCIESM – Establecimientos de Salud con Internación Especializada en Salud Mental
ESCITE – Establecimientos de Salud con Internación Especializada en Tercera Edad
ESCIG – Establecimiento de Salud con Internación General
Esp. – Espesor
F.A.E.P. - Factor Área Envolvente/Piso

GEI – Gases de Efecto Invernadero
HIAC – Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos
HIAEP – Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos Especializado en Pediatría
HIEAC – Hospital Interzonal Especializado en Agudos y Crónicos
HIGA – Hospital Interzonal General de Agudos
HG – Hipótesis general
HP – Hipótesis particular
HP1 – Hipótesis particular 1
HP2 – Hipótesis particular 2
HP3 – Hipótesis particular 3
HP4 – Hipótesis particular 4
HPs – Hipótesis particulares
Htal. – Hospital
HZE – Hospital Zonal Especializado
HZGA – Hospital Zonal General de Agudos
IIPAC – Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido
IN – Área hospitalaria de Internación
INSSJyP-PAMI – Instituto Nacional de Servicios Sociales para Jubilados y Pensionados-Programa de Asistencia Médica Integral
K – Coeficiente de transmitancia térmica
LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
LV – Lana de vidrio
MEEP – Módulos Edilicios Energético-Productivos
MRGLP – Micro-Región Gran La Plata
N/C – No corresponde
ODS – Objetivos de Desarrollo Sostenible
OS – Obras Sociales
PRONEV - Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas
REFES – Registro Federal de Establecimientos de Salud
RPT – Ruptura de Puente Térmico
R.S.I. – Resistencia Superficial Interior
SAyA – Área hospitalaria de Servicios Auxiliares y de Apoyo
SISA – Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentina
UPA – Unidad de Pronto Atención

URE – Uso Racional de la Energía

UREE – Uso Racional y Eficiente de la Energía

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estructura y organización de la tesis.	10
Figura 2: Sistemas de salud en Argentina.	51
Figura 3: Establecimientos de salud del sistema público de la Micro-Región Gran La Plata (MRGLP), con internación y alcance regional y zonal.	53
Figura 4: Mapa de confort para la ciudad de La Plata.	55
Figura 5: Carta psicrométrica con datos de la ciudad de La Plata (invierno) elaborada en Climate Consultant 6.0.	56
Figura 6: Carta psicrométrica con datos de la ciudad de La Plata (verano) elaborada en Climate Consultant 6.0.	58
Figura 7: Niveles de integración de la metodología Módulos Edilicios Energético-Productivos (MEEP).	63
Figura 8: Edición de un archivo en formato arff mediante el software Weka.	72
Figura 9: Configuración de parámetros en el software Weka.	73
Figura 10: Procedimiento utilizado en el método de reglas de asociación para identificar elementos más frecuentes.	74
Figura 11: Comparación de situaciones existente y propuesta para un área hospitalaria determinada.	83
Figura 12: Tipologías hospitalarias identificadas en la red de salud estudiada.	91
Figura 13: Integración de los niveles planteados en la metodología MEEP.	92
Figura 14: Imagen termográfica del área de internación del HIGA "San Roque" (orientación norte).	113
Figura 15: Imagen termográfica del área de internación del HIGA "San Roque" (orientación sur).	114
Figura 16: Visualización en el software Weka de los datos correspondientes al área hospitalaria de internación.	117
Figura 17: Visualización en el software Weka de los datos correspondientes al área hospitalaria de atención ambulatoria.	117
Figura 18: Hospitales de la red de salud en estudio.	119
Figura 19: Síntesis de las ternas de soluciones tecnológico-constructivas resultantes.	120
Figura 20: Hospitales de la red de salud en estudio.	121
Figura 21: Síntesis de los valores de las variables K y CI correspondientes al área hospitalaria de internación.	155
Figura 22: Síntesis de los valores de las variables K y CI correspondientes al área hospitalaria de atención ambulatoria.	155
Figura 23: Verificación de hipótesis general y particulares.	166

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: (Sup.) Consumo de energía final por sectores (2021) (Inf.) Consumo de energía final porcentual por sectores (2021).	49
Gráfico 2: Consumos reales vs. Consumos obtenidos a partir de la aplicación de la metodología MEEP.....	94
Gráfico 3: Porcentaje de participación de cada hospital de la red según su número de camas. ..	99
Gráfico 4: Porcentaje de participación de cada hospital de la red según su consumo energético.	99
Gráfico 5: Relación entre el consumo energético real anual y la cantidad de camas de cada hospital.....	100
Gráfico 6: Relación entre el consumo energético real anual y la superficie de cada hospital.	101
Gráfico 7: Porcentaje de participación en el consumo energético de cada área de un hospital obtenido a partir de la planilla “AyD_procesamiento de datos”.....	102
Gráfico 8: Consumo energético teórico por usos en las áreas hospitalarias de internación, diagnóstico y tratamiento y atención ambulatoria.	104
Gráfico 9: Valores del índice que relaciona la superficie de la envolvente con el número de camas, para cada hospital.....	105
Gráfico 10: Estimación de la reducción del consumo energético a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de internación.....	158
Gráfico 11: Estimación de la reducción del consumo energético a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de atención ambulatoria.	160
Gráfico 12: Estimación de la reducción teórica del consumo energético de las áreas de internación y atención ambulatoria de la red de salud en estudio.	161
Gráfico 13: Estimación de la reducción teórica del consumo energético total de la red de salud en estudio.	161
Gráfico 14: Estimación de la reducción teórica del consumo energético en el HIEAC “San Juan de Dios”	162
Gráfico 15: Verificación gráfica de condensación intersticial en la hoja “verifica” de la planilla CEEMACON.xls.....	185

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Valores máximos de transmitancia térmica en superficies opacas para La Plata (temperatura de diseño -2,5 °C según Norma IRAM 11603).....	59
Tabla 2: Valores máximos de transmitancia térmica para ventanas.	59
Tabla 3: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el consumo anual (TEP/año.m ²) para cada área hospitalaria.	63
Tabla 4: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el porcentaje de los usos de iluminación, equipamiento y climatización en el consumo energético de cada área hospitalaria.....	64
Tabla 5: Soluciones tecnológico-constructivas de la envolvente edilicia presentes en las distintas áreas hospitalarias.....	71
Tabla 6: Técnicas de intervención en la envolvente edilicia y tipos de aislamiento térmico.	77
Tabla 7: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el consumo anual (TEP/año.m ²) para cada área hospitalaria.	93
Tabla 8: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el porcentaje de los usos de iluminación, equipamiento y climatización en el consumo energético de cada área hospitalaria.....	95
Tabla 9: Conjuntos de reglas de asociación obtenidos para el área hospitalaria de internación al ejecutar el algoritmo Apriori usando el software Weka.	118
Tabla 10: Conjuntos de reglas de asociación resultantes.....	120
Tabla 11: Técnicas de intervención y tipos de aislantes térmicos para la envolvente opaca.....	126
Tabla 12: Técnicas de intervención para la envolvente transparente.....	127
Tabla 13: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de internación.	143
Tabla 14: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de atención ambulatoria.	143
Tabla 15: Comparación de pares de propuestas para el área de internación.	143
Tabla 16: Comparación de pares de propuestas para el área de atención ambulatoria.	144
Tabla 17: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de internación.	145
Tabla 18: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de atención ambulatoria.....	145
Tabla 19: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de internación.	145
Tabla 20: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de atención ambulatoria.	146
Tabla 21: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de internación.....	147
Tabla 22: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de atención ambulatoria.	147
Tabla 23: Comparación de pares de propuestas para el área de internación.	148
Tabla 24: Comparación de pares de propuestas para el área de atención ambulatoria.	148
Tabla 25: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de internación.	149

Tabla 26: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de atención ambulatoria.....	149
Tabla 27: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de internación.	149
Tabla 28: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de atención ambulatoria.	150
Tabla 29: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de internación.	151
Tabla 30: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de atención ambulatoria.....	151
Tabla 31: Comparación de pares de propuestas para el área de internación.	151
Tabla 32: Comparación de pares de propuestas para el área de atención ambulatoria.	152
Tabla 33: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de internación.....	153
Tabla 34: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de atención ambulatoria.	153
Tabla 35: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de internación.	153
Tabla 36: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de atención ambulatoria.	153
Tabla 37: Estimación de la reducción del consumo energético en los hospitales seleccionados, a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de internación.	158
Tabla 38: Estimación de la reducción del consumo energético en los hospitales seleccionados, a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de atención ambulatoria.....	160

LISTA DE PLANILLAS

Planilla 1: Planilla "AyD_datos". Módulo de datos productivo-sanitarios.	61
Planilla 2: Planilla "AyD_datos". Módulo de datos tecnológico-constructivos.	61
Planilla 3: Fragmento de planilla "AyD_datos". Módulo de datos energéticos.	65
Planilla 4: Planilla "AyD_procesamiento de datos"	66
Planilla 5: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial de superficies opacas de la envolvente edilicia.	68
Planilla 6: Hoja de cálculo para la verificación de K y factor solar de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.....	70
Planilla 7: Módulo de datos productivo-sanitarios de la planilla "AyD_datos".	89
Planilla 8: Módulo de datos tecnológico-constructivos de la planilla "AyD_datos".	90
Planilla 9: Módulo de datos energéticos de la planilla "AyD_datos".	96
Planilla 10: Planilla "AyD_procesamiento de datos".	97
Planilla 11: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial del muro M3.	109
Planilla 12: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial del techo T2.	110
Planilla 13: Planilla para la verificación de K y factor solar de la ventana V6.	112
Planilla 14: Soluciones tecnológico-constructivas (numeradas) presentes en la envolvente edilicia de las áreas de internación.	115
Planilla 15: Soluciones tecnológico-constructivas (numeradas) presentes en la envolvente edilicia de las áreas de atención ambulatoria.	115
Planilla 16: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial de la estrategia de reciclado (I_1-A_1) para el muro M5.	136
Planilla 17: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial de la estrategia de reciclado (I_2-A_3) para el techo T8.....	137
Planilla 18: Planilla para la verificación de K y factor solar de la ventana existente (V2) luego de aplicar la técnica de intervención I_2	138
Planilla 19: Carga de datos en la hoja "datos" de la planilla CEEMACON.xls.	183
Planilla 20: Carga de datos en la hoja "capas" de la planilla CEEMACON.xls.	184
Planilla 21: Verificación en la hoja "verifica" de la planilla CEEMACON.xls.	185
Planilla 22: Tipo de muro - M1	186
Planilla 23: Tipo de muro - M2	186
Planilla 24: Tipo de muro - M3	187
Planilla 25: Tipo de muro - M4	187
Planilla 26: Tipo de muro - M5	188
Planilla 27: Tipo de muro - M6	188
Planilla 28: Tipo de techo - T1	189
Planilla 29: Tipo de techo - T2	189
Planilla 30: Tipo de techo - T3	190
Planilla 31: Tipo de techo - T4	191
Planilla 32: Tipo de techo - T5	191
Planilla 33: Tipo de techo - T6	192

Planilla 34: Tipo de techo - T7	193
Planilla 35: Tipo de techo - T8	193
Planilla 36: Tipo de techo - T9	194
Planilla 37: Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) para muro M5.	195
Planilla 38: Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₃) para muro M5.	195
Planilla 39: Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₃) para muro M5.	196
Planilla 40: Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₄) para muro M5.	196
Planilla 41: Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₂) para muro M2.	197
Planilla 42: Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₄) para muro M2.	197
Planilla 43: Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₁) para muro M2.	198
Planilla 44: Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₂) para muro M2.	198
Planilla 45: Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) para techo T8.	199
Planilla 46: Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₃) para techo T8.	200
Planilla 47: Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) para techo T2.	201
Planilla 48: Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₃) para techo T2.	201
Planilla 49: Estructura de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.	203
Planilla 50: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a la ventana V1.	204
Planilla 51: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a las ventanas V2 y V3.	205
Planilla 52: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a la ventana V4.	205
Planilla 53: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a las ventanas V5 y V6.	206
Planilla 54: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a las ventanas V7 y V8.	206
Planilla 55: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de la propuesta de ventana I _{1-A1} (para V3) e I _{1-A2} (para V2).	207
Planilla 56: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de la propuesta de ventana I _{1-A4}	208
Planilla 57: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de la propuesta de ventana I ₂	208

LISTA DE CATÁLOGOS DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVAS DE LA ENVOLVENTE EDILICIA

Catálogo 1: Envolverte existente: componente muro.	67
Catálogo 2: Envolverte existente: componente techo.	67
Catálogo 3: Envolverte existente: componente ventana.	69
Catálogo 4: Estrategias de reciclado para el componente muro.	78
Catálogo 5: Estrategias de reciclado para el componente techo.	78
Catálogo 6: Estrategias de reciclado para el componente ventana.	79
Catálogo 7: Envolverte existente: componente muros.	107
Catálogo 8: Envolverte existente: componente techos.	108
Catálogo 9: Envolverte existente: componente ventanas.	111
Catálogo 10: Estrategias de reciclado para el componente muro del área hospitalaria de internación.	128
Catálogo 11: Estrategias de reciclado para el componente techo del área hospitalaria de internación.	130
Catálogo 12: Estrategias de reciclado para el componente ventana del área hospitalaria de internación.	131
Catálogo 13: Estrategias de reciclado para el componente muro del área hospitalaria de atención ambulatoria.	133
Catálogo 14: Estrategias de reciclado para el componente techo del área hospitalaria de atención ambulatoria.	134
Catálogo 15: Estrategias de reciclado para el componente ventana del área hospitalaria de atención ambulatoria.	135

LISTA DE FICHAS DE PRECIOS DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVAS DE LA ENVOLVENTE EDILICIA

Ficha 1: Ficha de precios para propuesta tecnológico-constructiva de reciclado del componente muro.....	80
Ficha 2: Ficha de precios para la propuesta tecnológico-constructiva de reciclado (I ₁ -A ₁) del componente muro.....	139
Ficha 3: Ficha de precios para la propuesta tecnológico-constructiva de reciclado (I ₂ -A ₃) del componente techo.	140
Ficha 4: Ficha de precios para la propuesta tecnológico-constructiva de reciclado del componente ventana mediante la técnica de intervención I ₂	141
Ficha 5: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) del componente muro.	210
Ficha 6: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₂) del componente muro.	211
Ficha 7: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₃) del componente muro.	212
Ficha 8: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₄) del componente muro.	213
Ficha 9: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₂ -A ₁) del componente muro.	214
Ficha 10: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₂ -A ₂) del componente muro.	215
Ficha 11: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₂ -A ₃) del componente muro.	216
Ficha 12: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₂ -A ₄) del componente muro.	217
Ficha 13: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) para techo plano.	218
Ficha 14: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) para techo inclinado.....	218
Ficha 15: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₃) para techo inclinado.....	219
Ficha 16: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₂ -A ₃) para techo plano.	220
Ficha 17: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) del componente ventana.	221
Ficha 18: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₂) del componente ventana.....	221
Ficha 19: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₂) del componente ventana.	222
Ficha 20: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₁ -A ₄) del componente ventana.	222
Ficha 21: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I ₃ -A ₁) del componente ventana.	223

CAPÍTULO 1

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este primer capítulo se inicia con el marco conceptual desde el cual se desarrolla la investigación y caracteriza el enfoque del trabajo. Luego, se realiza una introducción al tema de investigación y se fundamenta su elección, al mismo tiempo que se plantean las preguntas disparadoras, a las que se busca dar respuesta a partir de las hipótesis de trabajo. También se exponen los trabajos antecedentes a esta investigación y sus principales aportes en relación con el tema abordado.

1.1	Marco conceptual	23
1.2	Tema y problema de investigación	29
1.3	Estado del arte	31
1.4	Hipótesis	43
1.5	Objetivos	44
1.6	Pertinencia, aporte al conocimiento y relevancia.....	45
1.7	Síntesis	47

1.1 Marco conceptual

A partir de la Revolución Industrial, a finales del siglo XVIII, tuvo lugar una explotación desmedida e irracional de los recursos naturales. Desde mediados del siglo XX se ha registrado, a nivel mundial, un crecimiento sostenido de la demanda energética con alta dependencia de los combustibles fósiles y una creciente contaminación generada por emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), contribuyentes con el cambio climático. Luego de la crisis del petróleo, ocurrida en 1973, las variaciones en la capacidad de obtención y precios de los combustibles de origen fósil, junto con el impacto ambiental que provocan sus correspondientes emisiones, llevaron a un cambio de paradigma en las políticas gubernamentales. En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) de las Naciones Unidas dio a conocer el Informe Brundtland denominado *Nuestro futuro común*. En este reporte se definió el concepto de **desarrollo sostenible** como aquel que “permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 1987). Se trata de un modelo de desarrollo que tiene en cuenta los impactos ambientales, económicos y sociales a largo plazo, y busca equilibrar las necesidades de las personas con la conservación del medio ambiente y la promoción de la justicia social. Luego de múltiples reuniones internacionales (Conferencias de las Partes –COP– entre otras), en 2015, los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 Objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la cual se establece un plan para alcanzar los Objetivos en 15 años. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se interrelacionan entre sí e incorporan desafíos globales como la pobreza, la desigualdad, la emergencia climática, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. Actualmente, se está progresando en diferentes lugares, pero, en general, las medidas encaminadas a lograr los Objetivos todavía no avanzan a la velocidad ni en la escala necesarias. Dado que quedan menos de diez años para alcanzar los Objetivos previstos, en la Cumbre sobre los ODS celebrada en septiembre de 2019, los líderes mundiales solicitaron un decenio de acción y resultados en favor del desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2020).

Desde el punto de vista del urbanismo, para Salvador Rueda, (2007), hablar de desarrollo sostenible resulta contradictorio, ya que “[...] el desarrollo supone un aumento creciente de la presión sobre los sistemas de soporte y la sostenibilidad lo contrario.” Según el autor, el modelo de **ciudad sostenible** es posible de alcanzar con el desarrollo de la ciudad del conocimiento. Al trasladar el término de desarrollo sostenible a la arquitectura, el primer antecedente lo constituye

la llamada **arquitectura vernácula**. Ésta es el resultado de la interacción entre la cultura y la identidad local con el medio ambiente. Se refiere al conjunto de técnicas, materiales y formas constructivas tradicionales de una región o cultura específica, desarrolladas y adaptadas a lo largo del tiempo de acuerdo con las condiciones climáticas, geográficas, culturales y sociales de la zona. Los edificios son construidos por las comunidades locales y utilizan materiales y técnicas regionales. Luego de la crisis petrolera del '73, resurge como fuente de energía la solar, entre otras, y el término de **arquitectura solar**, cuyo enfoque en el diseño arquitectónico utiliza al sol como fuente de energía y luz natural. El objetivo principal de la arquitectura solar es maximizar el aprovechamiento de la energía irradiante, teniendo en cuenta la eficiencia energética y la reducción consecuente del consumo de energía, lo que reduce los costos y el impacto ambiental. *"Sin correr tras el hallazgo de formas forzosamente originales, sin búsqueda de efectos estéticos, novedosos, la adaptación estricta y consecuente de la vivienda al clima ha conducido progresivamente, a una nueva arquitectura, autóctona y auténtica"* expresa Wladimiro Acosta en su libro *Vivienda y clima* (1976). Posteriormente, algunos arquitectos, entre los que se destacan Olgyay y Givoni, adoptan el término de **arquitectura bioclimática**, que es un enfoque de diseño arquitectónico que tiene en cuenta las condiciones climáticas y las características del entorno, con el desarrollo de tecnologías y procedimientos respetuosos de los recursos naturales (Gonzalo, 2003). Si bien muchas veces los términos de arquitectura bioclimática y **arquitectura sustentable** se utilizan como sinónimos, ésta última incorpora las tres dimensiones del desarrollo sostenible: la ambiental, la económica y la social. La dimensión ambiental tiene por objetivo minimizar el impacto ambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida; la dimensión económica busca que los proyectos sean económicamente viables y rentables, en tanto que el fin de la dimensión social es mejorar la calidad de vida de los usuarios y fomentar la equidad social. Más recientemente, se incorpora el término **Diseño Ambientalmente Consciente (DAC)** para referirse a aquel que en el proyecto de un edificio contempla la utilización de materiales de bajo consumo energético en su ciclo de vida, prevé un bajo costo en el mantenimiento edilicio y en la medida de lo posible, incluye la incorporación de fuentes de energía renovables (Czajkowski, 2016). En síntesis, se observa que es habitual hacer una diferenciación entre una arquitectura sustentable, en contraposición con la arquitectura tradicional. Pero tal como dice el arquitecto portugués Eduardo Soto de Moura, ganador del premio Pritzker en el año 2011, "La arquitectura no tiene que ser sostenible. La arquitectura, para ser buena, lleva implícito el ser sostenible. [...] La preocupación por la sostenibilidad delata mediocridad. No se puede aplaudir un edificio porque sea sostenible.

Sería como aplaudirlo porque se sostiene”.¹ La arquitectura de calidad es respetuosa con el medio ambiente, implica el uso de materiales que conlleven baja energía para su producción y que sean reciclables, abogando por una baja emisión de CO₂, con formas y sistemas tecnológicos que favorezcan el confort (Garzón, 2007). En la misma línea, el arquitecto mexicano Héctor Barroso expone que “La arquitectura no ha de catalogarse tampoco como ecológica, sostenible o regional, sencillamente, porque para ser considerada como tal la arquitectura debe incorporar entre sus cualidades esos requisitos, todos ellos deben ser partes inherentes de la misma. Obviamente, debe adecuarse a su entorno y a las características de su contexto (el término regional carece de sentido aplicado a una buena arquitectura)”.²

El término de desarrollo sostenible enfocado a la arquitectura se debe apoyar, al menos, en dos aspectos fundamentales: el uso racional y eficiente de los recursos, tanto energéticos como materiales y la minimización del impacto ambiental de la implantación, producción y uso de los edificios (Azqueta, 2017). Es necesario diferenciar el término de **Uso Racional de la Energía (URE)** del de **Eficiencia Energética (EE)**. El primero es un hecho cultural que precede al de la EE, pero que es condición necesaria para que ésta última tenga lugar. Se refiere al consumo responsable de la energía y para eso, es indispensable la educación energética. La Eficiencia Energética implica consumir mejor y, por ende, reducir las emisiones al mínimo posible, sin afectar el confort de los usuarios. El Ministerio de Economía de la Nación define la EE como “el conjunto de acciones que permiten mejorar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios que se obtienen a partir de su uso, sin afectar la calidad de vida de los usuarios”. La EE permite sentar las bases para aumentar la participación de las Energías Renovables (EERR) en la matriz energética nacional. Ahora bien, la EE en la arquitectura puede estar centrada en las instalaciones, en los procesos tecnológicos-constructivos que conforman la envolvente edilicia o en el modo en que los usuarios usan los edificios, más relacionado este último aspecto al URE. En este trabajo se hará hincapié en la aplicación de la EE a la **envolvente edilicia**. Se adopta la definición de la Norma IRAM 11900 (IRAM, 2017b), en la que se determina la envolvente como el cerramiento del edificio. Incluye tanto los opacos como los transparentes, pero no incluye los pisos en contacto con el suelo. No obstante, sí incluye los pisos sobre espacios exteriores, por ejemplo, los pisos sobre plantas libres. De acuerdo con Bustamante Parra (2014), la envolvente edilicia integra dos componentes clásicos de los edificios: la cubierta y las fachadas, y puede decirse que surge gracias al Movimiento

¹ Entrevista de Anatxu Zabalbeascoa al arquitecto portugués Eduardo de Souto de Moura (1952) para diario EL PAIS de España, edición impresa del 30 de junio de 2007.

² Entrevista al arquitecto mexicano Héctor Barroso para la Revista Croquis N° 213 (2022).

Moderno, que planteó la independización de la estructura del cerramiento. Es así que la envolvente edilicia incluye la envolvente vertical con sus superficies opacas (muros) y transparentes (ventanas) y la envolvente horizontal (cubierta). En este trabajo, se utilizarán como sinónimos los términos: cubierta y techo, para referirse a la envolvente horizontal.

La envolvente edilicia, como frontera o espacio de transición entre el interior y el exterior, no sólo protege y delimita al objeto arquitectónico, sino que también se encarga de los intercambios de aire, luz, sonido y calor con el ambiente exterior, en armonía con los requerimientos de confort higrotérmico de los usuarios y en respuesta a los condicionantes del clima local (González Vásquez y Molina-Prieto, 2018). El **confort higrotérmico** se refiere a la ausencia de malestar o incomodidad con respecto a las condiciones interiores de temperatura y humedad. Es una percepción individual, por lo que varía según cada usuario. Existen diversos métodos que vinculan las variables climáticas con el confort higrotérmico, por ejemplo, el **diagrama de Givoni**, el cual relaciona la temperatura y la humedad relativa y define una zona de confort de verano y otra de invierno. El confort higrotérmico dependerá del **acondicionamiento térmico** del ambiente interior, el cual incluye la climatización del mismo. Es habitual que se subestime el papel que tiene la envolvente edilicia en el acondicionamiento térmico del interior del edificio, por lo que generalmente se recurre a instalaciones termo-mecánicas que cumplan ese rol y suplan la ineficiencia de la misma. No obstante, mediante **estrategias de diseño pasivo** aplicadas al proyecto arquitectónico y a los elementos constructivos empleados, es posible modificar las condiciones ambientales en el interior, para mejorar la sensación de confort y reducir la demanda de energía requerida, generalmente convencional³ (IRAM, 2017). En el diagrama de Givoni se pueden observar qué estrategias de diseño pasivo es conveniente aplicar en cada caso.

Una de las estrategias de diseño pasivo aplicada a la envolvente edilicia puede ser, por ejemplo, mejorar la eficiencia a través de la incorporación de **aislamiento térmico**, al conjunto de materiales que conforman la envolvente edilicia a fin de reducir el coeficiente de transmitancia térmica (K) de las superficies opacas y transparentes que la componen. La **transmitancia térmica** indica el flujo de calor a través de la unidad de superficie de un elemento constructivo sujeto a una diferencia de temperatura del aire a ambos lados del elemento de 1 °C y se calcula de acuerdo con el método y las características térmicas de materiales y capas constructivas indicadas en la Norma IRAM 11601. Asimismo, los valores máximos admisibles de transmitancia térmica en (W/m².K) están

³ La energía convencional hace referencia a las fuentes de energía que han sido tradicionalmente utilizadas y que están basadas en la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural.

establecidos en la Norma IRAM 11605. En el caso de las superficies transparentes, entra en juego otra variable definida como **factor solar**, que es la parte de radiación solar que atraviesa la ventana. Una de las estrategias de diseño pasivo aplicada a la envolvente vertical transparente es la incorporación de **protección solar**. Esto consiste en el diseño de elementos arquitectónicos que protegen del exceso de sol y calor, como persianas, parasoles, celosías, entre otros. Por otra parte, y en contraposición a la estrategia de aislamiento térmico, se puede recurrir a la **inercia térmica**, que es la propiedad que poseen los materiales de construcción que indica la cantidad de calor que pueden conservar y la velocidad con que lo ceden o lo absorben, dependiendo de la densidad, la forma del material, el calor específico, la combinación de capas de los materiales y de su coeficiente de conductividad térmica (IRAM 2017 op. Cit.). La capacidad de acumulación de calor de los materiales permite la atenuación de las fluctuaciones de temperatura en el interior y el desfase térmico entre la temperatura exterior y la interior.

Las estrategias de diseño pasivo deben ser incorporadas a la arquitectura desde la etapa de proyecto, no obstante, es posible recurrir a la **rehabilitación energética** o **retrofit** de la edificación existente, que comprende el conjunto de actuaciones que se realizan en un edificio con el objetivo de mejorar la 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 muchas ocasiones, la rehabilitación energética de los edificios existentes tiene como objetivo acceder a algún programa de **etiquetado energético**, que consiste en un sistema de calificación de la eficiencia energética de los edificios. De esta manera, los edificios obtienen una etiqueta energética que refleja su nivel de eficiencia.

El parque edilicio actual de la Argentina presenta, en general, una marcada ineficiencia en cuanto al consumo energético, especialmente en aquellos sectores que incluyen **edificios energointensivos**, como es el caso del sector salud. Es necesario aclarar que, en este trabajo se hace referencia al “sector salud”, ya que se entiende que el mismo presenta rasgos particulares para ser abordado como tal, aunque en realidad, es un subsector que forma parte del sector comercial y público en el Balance Energético Nacional (BEN). Los establecimientos de salud requieren en general, suministro energético de forma permanente para su funcionamiento durante las veinticuatro horas, todos los días del año, por lo que la energía representa un importante costo de funcionamiento (Arocas et al., 2019). Cuando se habla de **establecimientos de salud**, se hace

referencia a cualquier ámbito físico destinado a la prestación de asistencia sanitaria en promoción, protección, recuperación y rehabilitación, en todas o en alguna de estas modalidades, dirigida a la población, con régimen de internación o cualquiera sea el nivel de categorización (Ministerio de Salud de la Nación, 2017). De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (2017), una **red asistencial** está conformada por un conjunto de establecimientos asistenciales, sean de los servicios estatales de salud, de las instituciones de seguridad social o de privados en convenio, que según la normatividad señalada por la Secretaría de Salud se articulan a nivel jurisdiccional, estatal o federal, los cuales deberán colaborar y complementarse entre sí para resolver de manera efectiva las necesidades de salud de la población. Se trata, por tanto, de un sistema de organizaciones públicas de diverso origen y/o privadas en convenio que se coordinan, potencian y complementan en actividades destinadas a la promoción, prevención, tratamiento, rehabilitación y reinserción social de las personas con problemas de salud. En la red debe haber complementariedad, integración y corresponsabilidad al interior y entre los establecimientos que la componen (Organización Panamericana de la Salud 2017 op. Cit.). En este contexto, se denomina **región sanitaria** al nivel territorial con responsabilidad de gestionar en red y sistema de referencia entre los distintos niveles de atención y de apoyar la integración entre las distintas instituciones. De esta manera, una determinada región sanitaria, está compuesta por una suma de redes edilicias, las cuales representan la integración de los establecimientos de salud o nodos, que a su vez están constituidos por **áreas hospitalarias** representativas: internación (IN), cirugía (CIR), atención ambulatoria (AA), diagnóstico y tratamiento (DyT), administración (AD), servicios auxiliares y de apoyo (SAyA) y circulaciones y baños (CyB).

1.2 Tema y problema de investigación

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. En Argentina, aproximadamente el 59% de la energía se genera a partir de fuentes de origen fósil y el 34% 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 importantes ahorros de energía y emisiones (Secretaría de Energía, 2022 op. Cit.). Además, la irrupción global de la pandemia de Covid-19 llevó a algunos sectores a incrementar su demanda, y en un marco de inestabilidad sanitaria-ambiental creciente con posibilidades de recurrencia, resulta necesario realizar acciones que procuren reducir el consumo de energía y sustituir fuentes convencionales por renovables en el mediano y largo plazo. En este contexto, los edificios destinados a la salud, que pertenecen al sector comercial-público en el Balance Energético Nacional, son los que presentan el mayor consumo de energía por unidad de superficie, por lo cual se los reconoce como energo-intensivos. 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. Se puede observar que, las demandas de energía para climatización están directamente vinculadas a los niveles higrotérmicos requeridos para cada sector específico, a las características climáticas del lugar, y a la eficiencia energética de la envolvente edilicia, ya que los materiales que componen ésta última son los encargados de realizar el intercambio de calor entre el espacio interior y el entorno.

El **tema de investigación** que se aborda en esta tesis es el comportamiento energético de la envolvente edilicia de los edificios del sector salud. El **problema de investigación** está relacionado con el comportamiento energético deficiente que, en general, presenta la envolvente del parque edilicio construido del sector salud. En este sentido, la aplicación de metodologías de diagnóstico, orientadas al uso eficiente de la energía a través del reciclado edilicio, en este caso para los edificios energo-intensivos de la red de salud, permite generar las bases para la formulación de estrategias integrales de implementación masiva. Estas estrategias incluyen mejoras en la

envolvente edilicia y en la conservación térmica, en consonancia con los criterios de uso sustentable de los recursos y la mejora del hábitat. Para su abordaje se tendrá en cuenta la diversidad edilicia y tecnológica tomando en consideración las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes. En función de lo expuesto, la pregunta marco que orienta la investigación es la siguiente:

¿Qué alternativas tecnológico-constructivas de reciclado edilicio son viables para una implementación sistemática y masiva en el contexto de la Micro-Región Gran La Plata a los efectos de abordar la diversidad edilicia-tecnológica y mejorar la eficiencia energética de la envolvente de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud?

Luego, de la pregunta principal desarrollada anteriormente, se derivan las siguientes:

- ¿Cómo es el comportamiento energético de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud de la Micro-Región Gran La Plata, tanto a nivel global (establecimiento) como diferencial (áreas hospitalarias)?
- ¿Cuáles son y qué magnitud tienen los indicadores relacionados con el consumo energético de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud de la Micro-Región Gran La Plata, tanto a nivel global (establecimiento) como diferencial (áreas hospitalarias)?
- ¿Cuáles son las tecnologías constructivas más frecuentes de la envolvente edilicia de las áreas hospitalarias de los establecimientos del sistema público del sector salud de la MRGLP?
- ¿Cuáles son las estrategias tecnológico-constructivas más apropiadas en cada área, teniendo en cuenta su especificidad, su ocupación/uso, su diversidad tecnológica, su comportamiento higrotérmico y el costo de inversión, para el mejoramiento de la envolvente de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud?

1.3 Estado del arte

El crecimiento exponencial en el consumo de energía a nivel mundial emerge como una de las principales causas que impulsan el cambio climático. Se estima que alrededor del 60 % de todas las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) están directamente vinculadas al uso de energía (según Naciones Unidas, 2015). En Argentina, aproximadamente el 34 % del consumo final de energía corresponde al parque edilicio existente de los sectores residencial y comercial-público. Esta situación convierte a los edificios en un ámbito clave para lograr significativos ahorros energéticos y reducciones de emisiones (según la Secretaría de Energía, 2022 op. Cit.). Además, la pandemia de Covid-19 ha exacerbado la dependencia energética en varios sectores, incrementando así la demanda. Por ende, se hace imperativo implementar medidas que fomenten la reducción del consumo de energía y la transición hacia fuentes renovables a mediano y largo plazo. Esto es especialmente relevante en un contexto de recursos limitados y volátiles, donde la preocupación por la salud pública y el medio ambiente está en constante aumento, con la posibilidad de futuras crisis sanitarias y ambientales. Dentro de este escenario, los edificios dedicados a la salud, pertenecientes al sector comercial-público, sobresalen por su alto consumo de energía por unidad de superficie, siendo catalogados como energo-intensivos.

De acuerdo con Arocas, Coria Hoffmann y Bosc (2019), en su trabajo de identificación de indicadores energéticos en una instalación hospitalaria, los edificios destinados a la salud son energo-intensivos porque, a diferencia de los edificios residenciales y de otros edificios del sector comercial-público, requieren suministro energético de forma permanente para su funcionamiento durante las veinticuatro horas de todos los días del año, por lo que la energía representa un importante costo de funcionamiento. Sin embargo, Shen et al., (2019) afirma que el patrón de consumo energético de los edificios hospitalarios presenta características intermitentes pese a la continuidad en el uso. Según Kolokotsa et al., (2012), es habitual tener diferencias significativas en los patrones de consumo de los hospitales, no sólo debido a las distintas zonas climáticas sino también por el uso (general, especializado, etc.), el estado de la envolvente del edificio, su nivel de aislamiento, la gestión energética, la antigüedad y el mantenimiento de los equipos mecánicos, entre otras variables. Alexis y Liakos (2013) estudiaron el caso específico de un hospital en Grecia y de esta investigación se desprendió la conclusión de que, el uso continuado de equipos de calefacción y refrigeración, con el fin de mantener unos niveles satisfactorios de confort térmico y de calidad del aire interior para los pacientes, así como el uso de iluminación artificial de forma

continúa junto con varios equipos sanitarios eléctricos, dan lugar a un consumo energético relativamente mayor en comparación con otros tipos de edificios. Según Papantoniou, (2012 op. Cit.), los edificios hospitalarios suelen estar entre los edificios públicos menos eficientes energéticamente en la mayoría de los países desarrollados. Un reporte del gobierno canadiense sobre el consumo de energía en los sectores comercial e institucional (Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency, 2007) ubica a los hospitales como los edificios con mayor consumo de energía por superficie construida ($2,65 \text{ GJ/m}^2$). Bawaneh et al., (2019) mostró que, en los hospitales estadounidenses, la intensidad energética es aproximadamente 2,6 veces superior a la de otros edificios comerciales, oscilando desde $640,7 \text{ kWh/m}^2$ en las zonas más cálidas hasta $781,1 \text{ kWh/m}^2$ en las zonas más frías. El trabajo desarrollado por Pérez-Lombard, Ortiz y Pout (2008), basado en una revisión del consumo de energía de los edificios, establece que los hospitales tienen una participación del 9 % en Estados Unidos, el 11 % en España y el 6 % en el Reino Unido con respecto al consumo de energía del conjunto de los edificios comerciales. En el caso de España, una cama hospitalaria consume, en promedio, lo mismo que cuatro viviendas de 100 m^2 , según exponen Celis y equipo (2019), quienes abordaron la EE en relación con la arquitectura hospitalaria española. La Red global de Hospitales verdes y saludables (2011), a través de su Agenda, informa que el Servicio Nacional de Salud de Inglaterra estima que su huella de carbono es de más de 18 millones de toneladas de CO_2 por año, lo que equivale al 25 % de las emisiones del sector público y que en Latinoamérica, los hospitales brasileños utilizan enormes cantidades de energía que representan más del 10 % del total del consumo energético del sector comercial del país.

Asimismo, es necesario delinear estrategias apropiadas para el contexto nacional, que permitan en el futuro mediano, hacer intervenciones masivas en la edificación urbana existente. Actuar sobre el parque edilicio permitirá modificar el consumo energético asociado a ciertos sectores que componen la matriz energética nacional (Discoli et al., 2016). En los últimos años, el Estado nacional y el provincial han incorporado estrategias de URE y EE a nivel edilicio, pero todavía no se cuenta con regulaciones y normativas que integren la complejidad de los sistemas demandantes de energía y permitan un desarrollo equilibrado. En el año 2003, se sancionó la Ley N° 13.059 de la Provincia de Buenos Aires, cuya finalidad es establecer las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios. En el año 2010, se publicó en el Boletín Oficial de la Provincia, el Decreto Reglamentario 1.030, que aprueba la reglamentación de la Ley N° 13.059. De esta manera, se exige que toda obra nueva o intervención sobre una existente, deberá cumplimentar la normativa IRAM vigente sobre acondicionamiento térmico de edificios (cuyo

cumplimiento era hasta entonces, de aplicación voluntaria). Sin embargo, los principales problemas de esta ley de escasa aplicación, fueron las variadas exigencias constructivas, la autonomía de las municipalidades y el sistema descentralizado de control e inspección (Chávez, Martini y Discoli, 2016). En el año 2007, se publicó el Decreto N° 140/2007, el cual declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía, y crea en su Anexo II el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROUREE) en edificios públicos. Este programa tiene como objetivo reducir los niveles de consumo en los edificios de la Administración Pública Nacional mediante: la implementación de medidas de mejora de la EE, la introducción de criterios para la gestión de la energía y la concientización del personal en el uso racional de los recursos. En el año 2009, se aprueba la primera edición de la Norma IRAM 11900: "Etiqueta de Eficiencia Energética de calefacción para edificios". La norma establecía ocho niveles de eficiencia térmica de la envolvente siguiendo el formato de las etiquetas de EE de los electrodomésticos. El Ministerio de Energía de la Nación en su *Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía* asegura que aislar térmicamente las paredes, techos y pisos puede llegar a representar una reducción del consumo de calefacción y aire acondicionado en una vivienda de entre un 35% a un 70% (Subsecretaría de ahorro y Eficiencia Energética - Ministerio de energía y minería de la República Argentina (MinEM), 2017). Más recientemente, en 2017 se realizó una nueva versión de la Norma IRAM 11900, la cual establece el cálculo de las prestaciones energéticas para inmuebles de uso residencial, integrando mayor cantidad de variables con respecto a su primera versión: calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, iluminación interior y Energías Renovables. Se han logrado avances en el etiquetado energético residencial, como la implementación del Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV), creado a partir de la Resolución N°5 de fecha 6 de enero del 2023 de la Secretaría de Energía del Ministerio de Economía. El PRONEV tiene como objetivo general implementar un sistema de etiquetado de eficiencia energética de viviendas unificado para todo el territorio nacional, que permita clasificarlas según su grado de eficiencia en el requerimiento global de energía primaria, mediante una etiqueta de EE. En función de lo expuesto, resulta fundamental adaptar y ajustar los avances del etiquetado energético llevados a cabo en el sector residencial, al resto del parque edilicio construido, en particular al sector salud. Además, resultaría interesante que el programa de etiquetado considere, junto con las características físicas del entorno urbano, del edificio y/o de los artefactos de consumo, el nivel de influencia del habitante en la EE, el cual está supeditado a su conocimiento sobre el URE (Alonso Frank, 2019).

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. Buonomano y cols. (2014) señalan que, al presentar el mayor consumo de energía por unidad de superficie, los hospitales se convierten en excelentes objetivos para el ahorro de costos y para la incorporación de estrategias de EE. Además, a esto se suma la complejidad del sector en cuanto a la coexistencia de tres sistemas de salud (público, privado y de las obras sociales) escasamente integrados entre sí y a la sobre demanda en el sistema público (Bitencourt y Monza, 2017). Discoli (1998) en su trabajo de diagnóstico de la gestión productiva-energético-ambiental de las redes territoriales del sector salud, sostiene que, si bien las prestaciones asistenciales relacionadas a la salud son evaluadas sistemáticamente mediante diversos índices, no existe un seguimiento similar en los aspectos relacionados a la calidad edilicia o a la eficiencia de los sistemas electromecánicos, que inciden directamente en la calidad de los servicios prestados. Asimismo, 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.

En cuanto a la clasificación de los establecimientos hospitalarios, existen distintos tipos, ya sea según su alcance de acuerdo con el área de incumbencia que les corresponda, según la atención que brindan (general o especializada), según la categoría de pacientes que atienden, es decir, agudos, crónicos, o ambos, entre otras. Por otro lado, en los trabajos de Czajkowski, (1993) y Sartorio y Evans, (2000), se establecen clasificaciones desde el punto de vista edilicio, teniendo en cuenta la evolución del programa hospitalario. Czajkowski, (1993 op. Cit.) por ejemplo, planteó en su trabajo, una clasificación de los hospitales de acuerdo con la tipología edilicia, distinguiendo tres tipologías hospitalarias principales: claustral, pabellonal y monobloque, de las que se desprenden algunas variantes. En la tipología edilicia claustral, el hospital se conforma en torno a patios, mientras que en el caso de la tipología pabellonal, está compuesto por distintos edificios que pueden estar ligados por circulaciones abiertas, semicubiertas o cerradas, dando lugar a distintos modelos posibles dentro de la misma tipología. Por otra parte, la tipología monobloque se caracteriza por sus circulaciones verticales a través de medios mecánicos y por la unificación de los servicios del hospital en un mismo edificio. Se pueden distinguir algunas variantes de la tipología monobloque: el modelo polibloque, el cual incorpora varios bloques; el bibloque coligado, en el cual se separa en un edificio de poca altura, las áreas con mayor movimiento del

público (como diagnóstico y tratamiento o atención ambulatoria), y en otro de mayor altura, las áreas de internación, cirugía, entre otras, y se unen ambos bloques por varias circulaciones horizontales y el modelo bloque basamento, en el cual esta separación se da en altura, ubicando en los primeros pisos, a modo de plataforma, las áreas con mayor movimiento del público. Por último, el modelo de edificio sistémico se trata de una estructura abierta, flexible, pensada como una trama para su futuro crecimiento. Asimismo, hay algunos hospitales que se expanden de manera no planificada, perdiendo así las características de su tipología original. La metodología utilizada en esta clasificación (método inductivo por contrastaciones múltiples) permite realizar construcciones que pueden contener errores considerables, por lo que se recomienda utilizar el análisis cluster o de grupos, el cual brinda agrupamientos de manera jerárquica en función de la menor distancia entre los diferentes ítems que componen el universo en estudio (Czajkowski 1993 op. Cit.). Los métodos de agrupamiento o clustering intentan encontrar grupos de elementos próximos entre sí y, al mismo tiempo, distantes de elementos de otros grupos. Para ello, utilizan la distancia euclídea para medir la similitud de los diferentes elementos. Cada grupo posee un centroide, el cual se corresponde con las coordenadas promedio de los elementos que pertenecen al grupo y, por tanto, aquel elemento que resulte más próximo al centroide sería el “más representativo” del grupo.

A diferencia de los métodos de agrupamiento, en el trabajo realizado por Amat Rodrigo, (2018), se utilizó el algoritmo Apriori para la búsqueda de reglas de asociación que permitan encontrar relaciones dentro de un conjunto de transacciones, es decir, ítems o atributos que tienden a ocurrir de manera conjunta. Las reglas de asociación tuvieron su origen en el trabajo de Agrawal y colaboradores (Agrawal et al., 1993) y constituyen un método, para encontrar conocimiento (en forma de reglas), a priori desconocido, desde grandes volúmenes de datos. Se considera un método descriptivo porque encuentra relaciones (en términos de frecuencia) entre atributos o campos en una base de datos.

Ahora bien, en lo que respecta a la clasificación edilicia tipológica, Baserga (2020) estudió la incidencia de los principales parámetros vinculados a la forma edificatoria en el comportamiento energético de los edificios. Algunos de los indicadores de forma son la compacidad y el factor de forma, que resulta de computar la superficie de la envolvente, dividido por el volumen que la misma encierra mientras que, el Factor Área Envolvente/Piso (F.A.E.P.) introducido por Estevez et al., (2013), vincula el área de la envolvente (fachadas y cubiertas) con la superficie útil del edificio. Además, se podría establecer una relación entre las superficies de fachadas y de envolvente total

o bien, entre las superficies de cubiertas y de envolvente total, lo cual permitiría comparar, en cada tipología hospitalaria, la superficie expuesta, vertical y horizontal, de la envolvente edilicia. Por otra parte, Sartorio y Evans, (2000) utilizaron en su trabajo un índice que relaciona la superficie de envolvente con el número de camas en establecimientos hospitalarios. Por último, en el trabajo de Barea et al., (2008), se valoraron las potencialidades energéticas de los edificios en relación con la cantidad de envolvente expuesta y su orientación. Sin embargo, a pesar de las distintas caracterizaciones mencionadas, no se planteó aún una clasificación orientada a la calidad constructiva y a la eficiencia energética de la envolvente edilicia, por ejemplo, que permita avanzar con un programa de certificado energético edilicio en el sector salud, lo cual facilitaría, por ejemplo, la elaboración de documentos y guías de EE para dicho sector. En España, por ejemplo, se cuenta con la *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación en Hospitales y Centros de Atención primaria* (IDAE y CEI, 2001) y con la *Guía de ahorro y eficiencia energética en Hospitales* (Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, 2010). La primera guía tiene como objetivo establecer un procedimiento a seguir por el técnico, en las fases de diseño, cálculo, selección de equipos y estudio energético y económico de alternativas, así como para los aspectos de mantenimiento de la instalación de iluminación de hospitales y otros centros relacionados con la salud, con la finalidad de cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual, crear ambientes confortables y racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible. Por otra parte, la *Guía de ahorro y eficiencia energética en Hospitales* (FENERCOM 2013 op. Cit.) abarca desde criterios de diseño de edificios hospitalarios eficientes, pasando por nuevas tecnologías de iluminación, climatización, producción de agua caliente sanitaria, etc., hasta la implantación de los sistemas de gestión centralizados y el papel futuro de las denominadas empresas de servicios energéticos en el sector hospitalario.

El primer paso hacia la implementación de un programa de certificado energético edilicio sería establecer un diagnóstico de desempeño energético para los edificios hospitalarios. En esta línea, Vera Sepúlveda (2008) estudia distintas metodologías con el objetivo de determinar un estándar de desempeño energético en hospitales de la Región Metropolitana de Chile. La metodología MEEP (Módulos Edilicios Energético-Productivos) desarrollada por Martini (2010) utiliza un enfoque analítico y consiste en descomponer los comportamientos edilicios energéticos y productivos de la red de salud a partir del análisis particular y detallado. De esta manera, un determinado sector urbano está compuesto por una suma de Redes edilicias. Estas redes representan la suma de Establecimientos o Nodos, integrados por Áreas representativas. Las áreas definidas constituyen un conjunto de Servicios de prestación compuestos por Unidades Funcionales que representan la

suma de las necesidades energéticas mínimas de los Módulos Edilicios Energético-Productivos (MEEP) base y los MEEP periféricos. Los MEEP base se definen como diferenciales de análisis de los establecimientos de una red y los MEEP periféricos son aquellos que, a pesar de que en muchos casos no alcanzan la categoría de diferencial de prestación porque representan a los servicios que son complementarios a los producidos por los MEEP base, en algunos casos tienen un peso energético significativo. Otro de los trabajos de (Martini et al., 2000) que expone la metodología MEEP fue tomado como referencia por López Cristià (2011) para establecer una serie de recomendaciones y pautas que permitan, en estudios posteriores, plantear una metodología para determinar cuál sería un consumo de energía óptimo para cada grupo de hospitales con características similares. El trabajo de Rodríguez González y cols. (2011), propone un índice de EE para los edificios que podría ser aplicado en el sector salud. Este índice se calcula como una relación entre el rendimiento de un edificio real (en términos de consumo de energía o de emisiones de CO₂) y el de un edificio de referencia. Arocas, Coria Hoffman y Bosc (2019 op. Cit) desarrollaron criterios para ordenar la implementación de mejoras, en base a indicadores energéticos específicos para hospitales y con ello formular un Programa de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE) que permite a los responsables tomar decisiones y realizar el seguimiento de su implementación. Por su parte, Nourdine y Saad (2020) buscaron identificar los indicadores críticos de rendimiento energético en los hospitales que podrían ser monitorizados y optimizados para una gestión eficiente de la energía. En el trabajo realizado por Radwan y cols. (2016), se tomó un hospital de Alejandría (Egipto) como caso de estudio para la aplicación de medidas tales como la disminución de la intensidad de la iluminación, la incorporación de aislamiento en muros y el recambio de los sistemas de ventilación y aire acondicionado. En la misma línea, en el estudio llevado a cabo por Buzzi Ferraris, (2019), se examinó el caso del Hospital Infantil de Queensland, en Brisbane, Australia, el cual fue elegido para la rehabilitación energética intensiva (Deep Energy Retrofit - DER), en el marco del Programa EBC⁴ de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Este caso representó un gran proyecto de renovación de edificios, capaz de reducir en un 50% el consumo de energía con un tiempo de amortización de aproximadamente un año. Por su parte, Mohammadpour y cols. (2017) estudiaron la aplicación de medidas de reciclado edilicio en tres hospitales diferentes en la ciudad de México. Hay estudios que demuestran que la necesidad de

⁴ El Programa de Energía en Edificios y Comunidades (EBC) de la AIE (Agencia Internacional de la Energía) lleva a cabo actividades de investigación y desarrollo encaminadas a conseguir una demanda de energía y unas emisiones de carbono próximas a cero en el entorno construido. Estos proyectos conjuntos de investigación se dirigen a tecnologías de ahorro energético y los resultados también se utilizan en la formulación de políticas y normas internacionales y nacionales de conservación de la energía (International Energy Agency, 2019).

medicación disminuyó un 22% en las habitaciones con luz solar, las estancias hospitalarias se redujeron un 8,5% y las tasas de recuperación fueron más rápidas en las habitaciones con vistas a la naturaleza (World Green Building Council, 2013). Por otro lado, Wang y cols., (2016) elaboraron una lista de obstáculos relacionados a la aplicación de mecanismos para el mejoramiento de la EE en los centros sanitarios de China. El documento concluyó en que los principales inconvenientes son la falta de incentivos (subvenciones, premios y fondos especiales), de normas y de requisitos administrativos auditables y obligatorios para la EE de los centros sanitarios.

Por lo general, los factores que generan los mayores consumos de energía en la arquitectura son los desequilibrios térmicos en el interior de la edificación, generados por las ganancias y las pérdidas de calor, por lo cual entra en juego un elemento clave: 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 (González Vásquez y Molina-Prieto, 2018). Diulio y cols. (2019) demostraron en su trabajo que la envolvente edilicia tiene una mayor capacidad para amortiguar las variaciones de temperatura y humedad relativa, que para alcanzar valores específicos de estos parámetros. El trabajo de Salem Szklo y cols. (2004), mostró que el consumo de electricidad en los grandes hospitales de Brasil se debe en un 41% a la climatización, en un 26% a la iluminación y en un 5% aproximadamente, al calentamiento del agua. Del mismo modo, en el trabajo de Bawaneh y cols. (2019 op. Cit.), el análisis de datos energéticos muestra que la calefacción, la refrigeración y la ventilación de los espacios, junto con el calentamiento de agua son los principales consumidores de energía en los sistemas sanitarios de EE. UU. El trabajo realizado por González Vásquez y Molina-Prieto (2018 op. Cit.) estudia la importancia de la envolvente edilicia en la arquitectura y tiene como objetivo visibilizar la importancia de la misma en términos de habitabilidad a partir de tres variables: iluminación natural, materialidad y EE. Por su parte, Maristany, Abadía y Rivoira (2017) se propusieron como objetivo en su trabajo, desarrollar una metodología de análisis que posibilite evaluar el comportamiento, las propiedades, el rendimiento y la respuesta de las envolventes frente a los problemas ambientales. De Schiller Y Evans (2005) abordaron el rol de la envolvente en la edificación sustentable y reafirmaron el valor que tiene la misma en el impacto ambiental de los edificios, tanto en el ambiente exterior, con su contribución a la isla de calor de la ciudad, como en el ambiente interior, en lo que respecta a la productividad, la salud y el confort de los usuarios. Esto es especialmente importante en los edificios del sector salud, caracterizados por el uso continuo de equipos de climatización, con el fin de mantener unos niveles satisfactorios de confort térmico y de calidad del aire interior para los pacientes. Goia y cols. (2010) estudiaron

la evolución de la envolvente, pasando por el *muro cortina* y la *fachada de doble piel*, para llegar al concepto de *fachadas integrales avanzadas*, en las cuales la envolvente se vincula con los sistemas electromecánicos de climatización del edificio. En el trabajo de (López Plazas, 2006), que plantea el uso y la gestión como factores determinantes en el consumo energético en las edificaciones universitarias seleccionadas, se incluye un escenario de optimización de la demanda a partir de la mejora de la envolvente edilicia. En el año 2013, el Gobierno Nacional en conjunto con el Ministerio de Ciencia y Tecnología, planteó a través de las mesas de implementación del Plan Argentina 2020, la necesidad de establecer lineamientos orientados a diferentes áreas de Ciencia y Tecnología. Entre éstas se pueden mencionar las líneas orientadas a investigar sistemas de acumulación de energía. Para ello, se realizó una mesa de implementación con la temática específica “Almacenamiento de energía” en la cual se planteó que, ante la gran demanda de energía, la misma se puede reducir actuando sobre la eficiencia de la envolvente edilicia, revalorizando e incorporando atributos termo-físicos a su materialidad (Discoli, 2014). En la misma línea, en el año 2020, el Instituto de Cemento Portland Argentino solicitó al Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales (INENCO) de la Universidad Nacional de Salta, el desarrollo de un método de predimensionamiento de la masa térmica para asistir a profesionales dedicados a diseño y proyecto de viviendas con criterios de EE (Flores Larsen et al., 2022). Se trata de reconocer y recuperar, a partir de pautas de reciclado edilicio y EE, la materialidad como una masa de acumulación térmica, que puede aprovecharse como almacenamiento de energía de base para sostener los niveles térmicos de habitabilidad esenciales. De esta manera, la envolvente edilicia tiene un rol activo en la arquitectura, ya que es un límite dinámico y selectivo entre el interior y el exterior, en el cual es posible aplicar estrategias de diseño pasivo y expresivas.

El trabajo desarrollado por Martínez (2012) expone algunas propuestas para la mejora termo-energética de la envolvente de viviendas en el Gran San Miguel de Tucumán. Para ello, se utilizó el software RETScreen, que pone a disposición de manera gratuita el gobierno de Canadá. Al proponer modificaciones en el agrupamiento y la orientación de las viviendas, este trabajo se orienta a obra nueva y no a la rehabilitación del parque edilicio existente. Por otro lado, Palomero Cámara y cols. (2013) abordaron en su trabajo la cuantificación del beneficio medioambiental de la rehabilitación energética edilicia, en este caso, de la vivienda social. Reus Netto (2018) desarrolló en su trabajo una metodología de cálculo del consumo energético para acondicionamiento de edificios residenciales en clima templado y concluyó que mediante el cumplimiento de los valores mínimos del coeficiente K de transmitancia térmica para muros exteriores y techos, sería posible reducir más del 20% en consumo energético y el 30% en las

emisiones de CO₂. El trabajo de Escobar, Alias y Jacobo (2013) es un caso de aplicación en el que se estudiaron alternativas de mejoramiento del nivel de aislación térmica de muros y techos del edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste (Resistencia, Chaco). A tal efecto, también se utilizó el software RETScreen, el cual sólo permite comparar de forma simultánea el caso real con una única propuesta de mejoramiento. Los autores plantean como conclusión que se encuentran ante una disyuntiva respecto a lo que es conveniente priorizar (cuestiones económicas, estéticas o térmicas) en las propuestas. En este caso, la aplicación de una metodología de evaluación multicriterio podría ser muy útil, tal como sugieren los trabajos de (Alvarez y Ripoll Meyer, 2018; Azar y Hauglustaine, 2001; Donnarumma y Fiore, 2017; Gololov y Yezioro, 2007; Moschetti et al., 2022; Ongpeng et al., 2022; Romani et al., 2022). Algo similar sucede con el trabajo de Andersen et al. (2017), en el cual se desarrollan 24 estrategias de mejoramiento de la envolvente edilicia y se identifican las estrategias de mayor impacto de acuerdo a la reducción de la demanda energética, sin tener en cuenta otros factores, como por ejemplo el costo de inversión o el período de amortización. Por otra parte, de Gastines, Correa y Pattini (2015), se centran específicamente en las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical residencial de la ciudad de Mendoza, a través de la evaluación del balance energético y el impacto de las tecnologías y la orientación. Más recientemente, Elsinger, Fernández y Garzón (2020) desarrollaron un Calculador Integral de Eficiencia Energética de la Envolvente Arquitectónica (CIDEE-EA) para la zona bioclimática II de la Norma IRAM 11603 y lo aplicaron a modo de ejemplo, en el rediseño de la envolvente de una vivienda de San Miguel de Tucumán. Por último, en el marco del Proyecto Edificios Municipales Energéticamente Sustentables (EMES)⁵ del Programa EUROCLIMA, coordinado por la UNLP, se ejecutaron algunas obras de rehabilitación energética en edificios municipales en las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires. Las intervenciones consistieron en aislar térmicamente la envolvente edilicia a través de la incorporación del sistema de aislamiento térmico exterior (EIFS) en el caso de los muros; la adopción de la solución de techo invertido para las cubiertas y el reemplazo de las aberturas por carpinterías con doble vidriado hermético (DVH).

En el área de estudio de esta investigación, la Micro-Región Gran La Plata (MGLP), que corresponde a la zona bioambiental III b (templada cálida húmeda), la calidad de la envolvente de las

⁵ El proyecto Edificios Municipales Energéticamente Sustentables (EMES) cuenta con la financiación de la Unión Europea, a través del programa EUROCLIMA+ y se ejecuta por medio de la Agencia Francesa de Desarrollo en la Argentina. La Universidad Nacional de La Plata (UNP) es la entidad responsable y líder del proyecto, como representante del Consorcio que integran, la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (RAMCC) y el Copenhagen Centre on Energy Efficiency.

edificaciones desde un punto de vista térmico es, por lo general, deficiente y la EE aún no ha sido integrada al proceso de construcción de edificios en la mayoría de los casos, por lo cual existe un gran potencial de ahorro. Por lo general, el hecho de que no sea un clima riguroso hace que muchas veces se desestimen las adecuadas condiciones de acondicionamiento higrotérmico en los edificios. Sin embargo, se han desarrollado proyectos sobre la edificación urbana existente conformando una cartera de pautas y estrategias para el reciclado edilicio residencial mejorando su EE (Diulio et al., 2016; Rodríguez, 2015). El trabajo de Rodríguez (2015) propuso posibles medidas de mejora diferenciando los componentes de la envolvente edilicia existente (muros, ventanas y cubiertas) y sus variantes constructivas de acuerdo con el tipo de vivienda. Más recientemente, se ha desarrollado una metodología para aproximarse a una primera identificación de la envolvente edilicia-urbana, a partir del procesamiento de imágenes aéreas y/o satelitales. Si bien se requerirían estudios complementarios, como un análisis exhaustivo de los distintos materiales constructivos, la metodología desarrollada permitió evaluar el potencial de superficies edilicias a mejorar energéticamente y posibilitar así, el reciclado masivo en el medio urbano (Viegas et al., 2020).

En lo que refiere al mejoramiento de la EE de la envolvente edilicia del sector salud, el trabajo de Basualdo, Reus Netto y Czaikowski (2015) tiene por objetivo plantear una propuesta de mejoramiento de la envolvente edilicia del Hospital de Alta Complejidad “El Cruce” de Florencio Varela que permita disminuir la demanda energética del mismo. En un trabajo posterior realizado por Basualdo (2017), se contempla el mejoramiento de la EE de la envolvente edilicia de la Unidad de Pronto 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. Sin embargo, en ambos estudios, se analizan las propuestas de mejoramiento de la envolvente teniendo en cuenta únicamente el ahorro energético anual, excluyendo los costos de inversión y mantenimiento, entre otros factores intervinientes. El trabajo realizado por Arocas, Coria Hoffmann y Bosc (2018) propone estrategias en un edificio perteneciente a un hospital de alta complejidad, focalizándose en el mejoramiento de motores, equipamiento e iluminación, mientras que las propuestas para el mejoramiento de la envolvente edilicia son, únicamente, la incorporación de carpinterías con DVH (doble vidriado hermético) y la pintura exterior. Fernández y Garzón (2020), 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. Si bien ésta representa una alternativa viable, debería replicarse en las distintas escalas de la red de salud.

En función de lo expuesto, esta tesis plantea 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. La construcción de diferentes estrategias tendientes a optimizar el uso de recursos y minimizar la demanda energética por medio del mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud, permite construir conocimientos, fundamentos, argumentos e instrumentos de apoyo a la construcción de escenarios energéticos urbanos en distintas escalas territoriales y horizontes temporales (Fondoso Ossola et al., 2022). Este trabajo se inscribe en las líneas de investigación del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), CONICET/UNLP. Este Instituto ha desarrollado y se encuentra desarrollando amplios aportes al estudio del comportamiento de la energía del sector salud y el ambiente urbano desde el año 1985.

1.4 Hipótesis

Hipótesis general:

La formulación de propuestas tecnológico-constructivas sistematizadas y su aplicación masiva, orientada al reciclado de la envolvente edilicia existente del sector salud, incorporando criterios de diseño pasivo, representan una alternativa viable para el mejoramiento de la Eficiencia Energética, favoreciendo así la habitabilidad y el confort higrotérmico.

Hipótesis particulares:

- Para conocer el comportamiento energético de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud de la Micro-Región Gran La Plata, tanto a nivel de área hospitalaria como a nivel de establecimiento de salud, es necesario adoptar un enfoque analítico que permita identificar áreas y hospitales con mayores demandas de energías.
- La aplicación de un enfoque analítico posibilita reconocer los indicadores relacionados con el consumo energético de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud de la Micro-Región Gran La Plata, tanto a nivel global (establecimiento) como diferencial (áreas hospitalarias).
- A partir de la utilización de un enfoque analítico, es posible identificar las tecnologías constructivas presentes en cada área hospitalaria, con el fin de determinar aquellas que aparecen más frecuentemente (o son más representativas).
- A partir de las soluciones tecnológicas constructivas más frecuentes, es posible formular propuestas para el mejoramiento de la envolvente edilicia, sintetizadas en un catálogo y seleccionar, a partir de una evaluación multicriterio, las estrategias óptimas, considerando simultáneamente el comportamiento energético y el costo de inversión.

1.5 Objetivos

Objetivo general:

Desarrollar una metodología que permita analizar, proponer y evaluar de manera sistemática alternativas tecnológico-constructivas de implementación masiva, mediante técnicas de diseño pasivo, para el mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud.

Objetivos específicos:

- Conocer las necesidades energéticas tanto a nivel global (establecimiento) como diferencial (áreas hospitalarias), a partir de la aplicación de la metodología MEEP (Martini 2010 op. Cit.).
- Identificar y cuantificar los indicadores relacionados al consumo energético en iluminación, equipamiento y climatización.
- Analizar la materialidad y detectar tecnologías constructivas frecuentes, en base a la citada metodología, del parque edilicio del sector salud.
- Estudiar y sistematizar estrategias tecnológico-constructivas de aplicación masiva orientadas al reciclado de la envolvente edilicia, que permitan minimizar la demanda energética final, considerando aspectos relacionados con el comportamiento higrotérmico, la Eficiencia Energética y el costo de la inversión, a partir de la utilización de una metodología que evalúe de manera simultánea cada uno de los criterios mencionados anteriormente.

1.6 Pertinencia, aporte al conocimiento y relevancia

A partir del contexto energético actual a nivel mundial, ante un escenario de recursos limitados y donde la preocupación ambiental es cada vez mayor, se vuelve necesario realizar acciones que traten de reducir el consumo de energía en el corto, mediano y largo plazo. El ahorro energético y el Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE) son pilares fundamentales para encarar estos problemas y son numerosos los Estados que los han adoptado como política, incluyendo nuestro país. Al tener en cuenta que casi dos tercios de la energía consumida a nivel país es generada a partir de fuentes no renovables (CAMMESA, 2020), la reducción del consumo energético es imprescindible, por ejemplo, para aspirar a cumplir metas relacionadas con las emisiones de GEI, a las que Argentina ha adherido. Además, el uso eficiente de la energía es una condición fundamental para que se sienten las bases para la futura implementación de fuentes de Energías Renovables.

En el año 2022, el 34% del consumo final de energía en el país corresponde a los sectores residencial y comercial-público (según la Secretaría de Energía, 2022 op. Cit.). Dentro de este último sector, que abarca tanto lo comercial como lo público, se encuentran los edificios destinados a la salud. Estos edificios se caracterizan por ser energo-intensivos debido a su infraestructura en constante uso y al equipamiento especializado que requieren. En este sentido, el abordaje de los aspectos referidos a la EE en los edificios energo-intensivos del sector salud resulta fundamental para poder sugerir pautas que permitan lograr ahorros de energía reduciendo, al mismo tiempo, algunos efectos indeseables (por ejemplo, las emisiones de GEI).

El reciclaje sistematizado de la edificación 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).

En función de lo expuesto, la presente investigación se fundamenta en la necesidad de avanzar sobre las líneas prioritarias del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), en el marco de los “Temas Estratégicos para la Convocatoria de Becas 2023”. En particular, esta temática se incluye en el punto 4 de “Transición Energética” para la Provincia de Buenos Aires profundizando específicamente en los puntos 4.1. Fuentes de energía renovables y 4.2. Eficiencia energética. Asimismo, este tema se enmarca en la línea de investigación de “Hábitat, energía y medio ambiente” de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). La propuesta de investigación se inscribe en la línea de investigación de “Hábitat, energía y ambiente” del Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC, CONICET-UNLP), aporta y da continuidad específicamente a los siguientes proyectos de investigación y becas vigentes y en evaluación:

- i. 2023/2026. “Estudio y evaluación de estrategias energéticas alternativas en escenarios urbano-territoriales orientados al uso eficiente de la energía y sustitución de fuentes convencionales por renovables”. Investigadora Responsable: Irene Martini; Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica (PICT) en evaluación;
- ii. 2023/2026. “Mejoramiento del uso de los recursos energéticos en los edificios del sector salud orientado a una futura implementación de una etiqueta energética”. Proyecto Acreditado UNLP. Directora: Irene Martini;
- iii. 2022. “Eficiencia energética y energías renovables en edificios de salud: análisis de medidas de mejoramiento orientadas a la implementación de un programa de certificado edilicio y al análisis prospectivo”. Proyecto de Investigación Plurianual (PIP) CONICET. En evaluación. Directora: Irene Martini;
- iv. 2023 Proyecto PUE. “Construcción de conocimientos y argumentos de políticas alternativas orientadas al mejoramiento del hábitat y al fortalecimiento del desarrollo local y regional, en el contexto actual. Caso de aplicación: Región del Gran La Plata (RGLP)”. Proyecto Unidad Ejecutora IIPAC-CONICET-UNLP y
- v. 2019 – 2025. “Análisis, ensayo y evaluación de estrategias energéticas alternativas para el sector salud en escenarios urbanos”. Beca CONICET tema estratégico.

1.7 Síntesis

En este primer capítulo de carácter introductorio, luego de exponer el marco conceptual que caracteriza el enfoque del trabajo, se definió el tema de investigación, que consiste en el comportamiento energético de la envolvente edilicia de los edificios del sector salud. El problema de investigación está relacionado con el comportamiento energético deficiente que, en general, presenta la envolvente del parque edilicio construido del sector salud. En función de lo expuesto, se planteó la pregunta marco que orienta el desarrollo de la investigación en los dos capítulos siguientes: ¿Qué alternativas tecnológico-constructivas de reciclado edilicio son viables para una implementación sistemática y masiva en el contexto de la Micro-Región Gran La Plata a los efectos de abordar la diversidad edilicia-tecnológica y mejorar la eficiencia energética de la envolvente de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud? A lo largo del trabajo, se busca dar respuesta a esta pregunta a partir de la hipótesis general planteada: La formulación de propuestas tecnológico-constructivas sistematizadas y su aplicación masiva, orientada al reciclado de la envolvente edilicia existente del sector salud, incorporando criterios de diseño pasivo, representan una alternativa viable para el mejoramiento de la Eficiencia Energética, favoreciendo así la habitabilidad y el confort higrotérmico.

Además, se expusieron los antecedentes a esta investigación y sus principales aportes en relación con el tema abordado. Por último, se definió el objetivo general de la investigación, el cual consiste en el desarrollo de una metodología que permita analizar, proponer y evaluar sistemáticamente alternativas tecnológico-constructivas y su implementación masiva, mediante técnicas de diseño pasivo, para el mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO METODOLÓGICO

En este capítulo se realiza en primer lugar, una delimitación del objeto de estudio de esta tesis. Luego, se desarrolla la metodología planteada en 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 Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud y (3) **Evaluación** de cada una de las estrategias de reciclado de la envolvente edilicia del sector salud, considerando aspectos energéticos y económicos. Por último, se exponen algunas conclusiones parciales del mismo.

2.1	Delimitación del objeto de estudio.....	49
2.2	Metodología desarrollada para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud	60
2.2.1	Análisis y diagnóstico.....	60
2.2.2	Propuesta.....	77
2.2.3	Evaluación	81
2.3	Síntesis	86

2.1 Delimitación del objeto de estudio

Si se analiza el consumo final de energía en el país, en el Gráfico 1, se puede observar que para el año 2022, el 34% corresponde la edilia construida, es decir, a los sectores residencial y comercial-público (Secretaría de Energía, 2022 op. Cit.). Si bien el sector residencial representa un mayor porcentaje de consumo total, los edificios destinados a la salud (objeto de estudio de esta tesis), que pertenecen al sector comercial-público, son los que presentan el mayor consumo de energía por unidad de superficie, motivo por el cual se los reconoce como energo-intensivos.

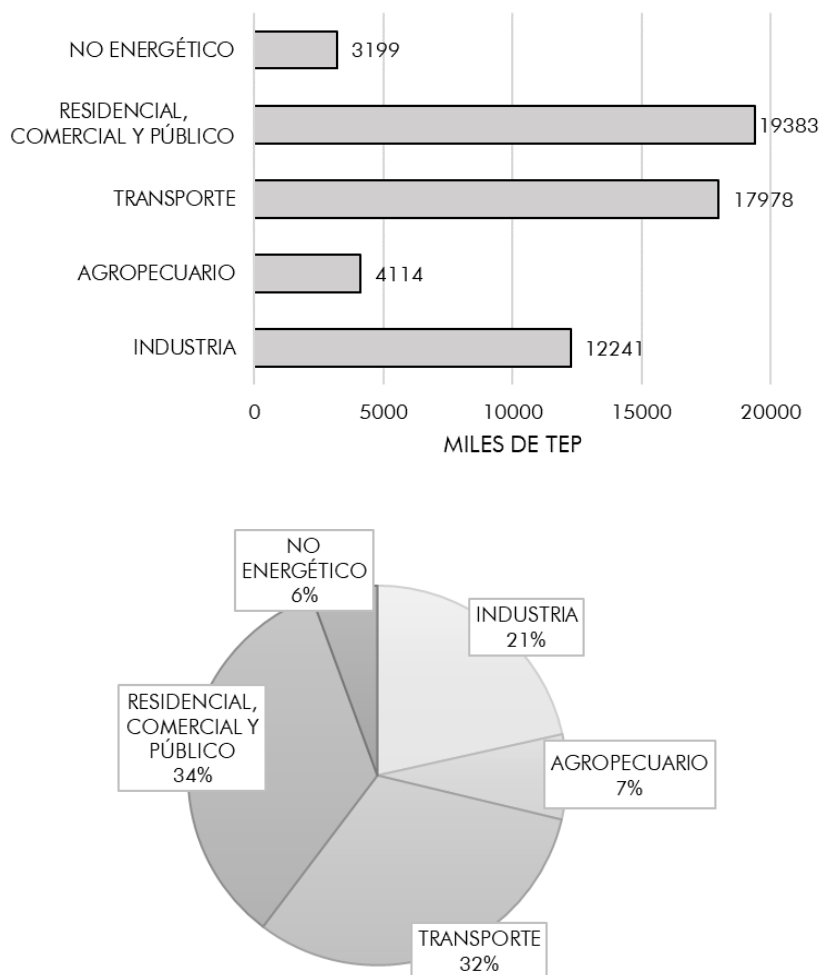


Gráfico 1: (Sup.) Consumo de energía final por sectores (2021) **(Inf.)** Consumo de energía final porcentual por sectores (2021).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Balance Energético Nacional (BEN) 2021.

El sector de la salud abarca tres tipos de sistemas de salud: la salud pública; la salud prestada a través de las obras sociales y la salud privada (Ver Figura 2). El sistema público está integrado por

los Ministerios nacional y provinciales y por la red de establecimientos de salud públicos, que prestan atención médica gratuita para toda persona que lo requiera, generalmente a aquellas que no tienen seguridad social ni capacidad de pago. Se financia con recursos fiscales y recibe pagos ocasionales del sistema de seguridad social cuando atiende a sus afiliados. El sistema del seguro social obligatorio está organizado en torno a las Obras Sociales (OS), que prestan servicios a los trabajadores y sus familias. La mayoría de las OS operan a través de contratos con prestadores privados y se financian con contribuciones de los trabajadores y patronales. Asimismo, cada provincia cuenta con una OS que cubre a los empleados públicos de su jurisdicción. Además, el Instituto Nacional de Servicios Sociales para Jubilados y Pensionados/Programa de Asistencia Médica Integral (INSSJyP-PAMI) brinda cobertura a los jubilados del sistema nacional de previsión y a sus familias. Por último, el sistema privado incluye: a) a los profesionales de la salud que prestan servicios independientes a pacientes particulares o asociados a OS específicas o a sistemas privados de medicina prepaga; b) a los establecimientos de salud contratados por las OS y c) a las entidades de seguro voluntario, llamadas Empresas de Medicina Prepaga (EMP). Se agrupan en tono a la Confederación Argentina de Clínicas, Sanatorios y Hospitales Privados (CONFELISA). Se incluye también a las llamadas cooperativas y mutuales de salud, que son entidades no lucrativas que ofrecen planes de salud pero no operan ni como OS ni como medicina prepaga (Belló y Becerril-Montekio, 2011).

Como resultado, coexisten tres sistemas de salud escasamente integrados entre sí y fragmentados social y geográficamente (Bitencourt y Monza 2017 op. Cit.). Esta fragmentación se expresa en las distintas fuentes de financiamiento, en las diferentes coberturas, coseguros y copagos aplicados y en los distintos regímenes y órganos de control y fiscalización. De acuerdo con Cetrángolo (2014 op. Cit.), Argentina tiene una triple diferenciación con respecto al sector salud: de derechos, regulatoria y fiscal. Asimismo, la fragmentación se evidencia al interior de cada sistema (público, de seguridad social y privado). Tal como se puede observar en la Figura 2, el sistema de salud pública está integrado por los niveles nacional, provincial y municipal mientras que, el sistema de seguridad social, por su parte, engloba las OS nacionales (ej.: INSSJyP-PAMI), provinciales, las OS de las fuerzas armadas y de seguridad y las de las universidades nacionales y de los poderes legislativo y judicial. Desde el Ministerio de Salud del país, se afirma que “es un sistema complejo que tiene altos costos de funcionamiento”. Por ejemplo, según datos oficiales, el gasto en salud en Argentina representó el 9,4 % del PBI en el año 2017, uno de los más elevados de América Latina y con niveles similares al de los países desarrollados. Los resultados indicaron que de ese 9,4 % del PIB, el 2,7 % corresponde al gasto público, el 3,9 % al gasto de la seguridad social (incluyendo

PAMI) y el 2,8 % restante al gasto privado. Si bien toda la población tiene acceso a los servicios ofrecidos por el sistema público, los logros alcanzados en salud (tasas de morbilidad y mortalidad, por ejemplo) parecen insuficientes comparados con los recursos asignados al sector. La mayor dimensión del gasto no se refleja en mejores resultados sanitarios, puesto que al menos Chile, Uruguay y Costa Rica tienen mejores indicadores de morbimortalidad que la Argentina (Arce, 2012). Según datos del Censo de 2010, el 36 % de la población argentina no tiene cobertura médica, no posee seguridad social ni tiene capacidad para pagar atención privada, por lo cual se atiende en hospitales y centros de salud públicos, lo cual deriva en una sobredemanda en el sistema de salud pública. Esto se complejiza aún más si se tiene en cuenta que muchos beneficiarios de OS utilizan alternadamente los servicios que las mismas les ofrecen, pero al mismo tiempo, también se atienden en hospitales públicos. Por este motivo y porque su financiamiento está a cargo del sector oficial, en este trabajo se abordará el **sistema público de salud**.

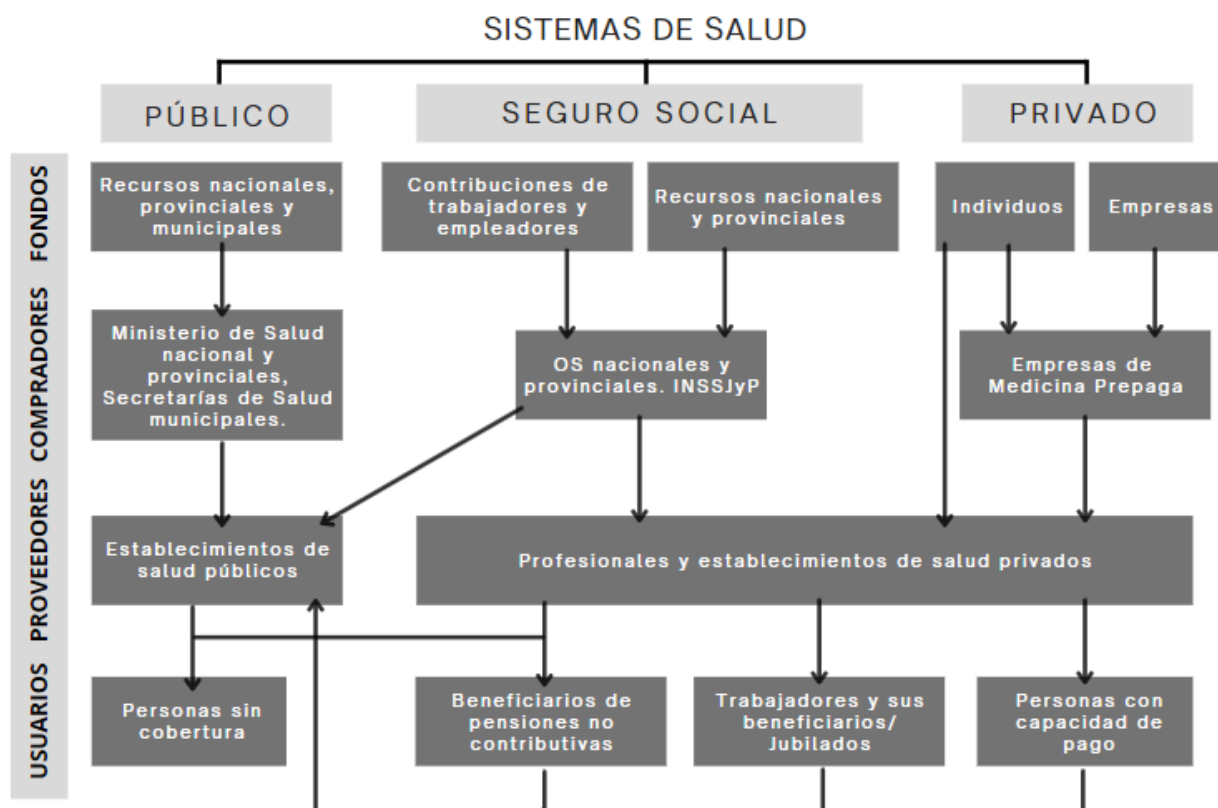


Figura 2: Sistemas de salud en Argentina.

Fuente: Adaptado de Hurtado J. (2007). Argentina: síntesis del sistema de salud actual. Recuperado el 01/12/23 de <http://coopsalud.blogspot.com/2007/04/argentina-sntesis-del-sistema-de-salud.html>

Por otra parte, se distinguen dos niveles de atención de la salud: el primer nivel de atención incluye los servicios ambulatorios provistos por los establecimientos de salud sin internación, entre ellos los Centros de Atención Primaria de la Salud (CAPS), mientras que el segundo nivel de atención

está conformado por los establecimientos de salud con internación. No obstante, en la práctica, suele incorporarse un tercer nivel de atención para referirse a los hospitales de alta complejidad. En este trabajo se considerarán los **establecimientos de salud del sistema público que cuentan con internación**, por su carácter energo-intensivo, debido a su infraestructura de uso continuo y equipamiento. Según el Registro Federal de Establecimientos de Salud (REFES), para el año 2018, Argentina contaba con 5.342 establecimientos asistenciales con internación, de los cuales 1.553 pertenecían al subsector oficial o sistema público (29%). De acuerdo con las respuestas que dan los establecimientos de salud con internación ante las diversas patologías que asisten, se distinguen los hospitales de agudos y los de crónicos. A su vez, los establecimientos de salud con internación de agudos se pueden categorizar en niveles de acuerdo a la complejidad: los de bajo riesgo o nivel I, los de mediano riesgo o nivel II, los de alto riesgo con terapia intensiva o nivel III A y los de alto riesgo con terapia intensiva especializada o nivel III B. Asimismo, según el Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentina (SISA), se pueden distinguir distintas tipologías de establecimientos de salud con internación según ésta sea general (ESCIG), especializada en pediatría (ESCIEP), especializada en maternidad (ESCIEM), especializada en salud mental (ESCIESM), especializada en tercera edad (ESCIEETE) o en otras especialidades (ESCIE). Por otra parte, también puede establecerse una clasificación de acuerdo al área de incumbencia que tiene cada establecimiento: regional, zonal, subzonal y local.

En el ámbito de la provincia de Buenos Aires en particular, si bien el Ministerio provincial establece una división en once regiones sanitarias, se presenta una situación singular, dado que existe un sistema de salud de alta complejidad concentrado en el área metropolitana y disperso en el resto de la provincia. Esta red presenta en su edificación una gran diversidad tipológica, tanto en complejidad sanitaria como en variedad morfológica asociada a sus cortes históricos. En este contexto, la Micro-Región Gran La Plata (MRGLP), conformada por La Plata, Berisso y Ensenada y perteneciente a la región sanitaria XI, permite estudiar las distintas escalas de la red de salud, ya que cuenta con hospitales interzonales, zonales, subzonales y locales. Este trabajo se centrará en los **establecimientos de salud del sistema público de la MRGLP que cuentan con internación y tienen alcance regional o zonal (en el año 2018)**. Los hospitales que cumplen las características antes mencionadas son: Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) "Gral. San Martín"; Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos (HIAC) "Dr. Alejandro Korn"; Hospital Interzonal de Agudos Especializado en Pediatría (HIAEP) "Sor María Ludovica"; Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) "Prof. Dr. Rodolfo Rossi"; Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) "San Roque"; Hospital Interzonal Especializado de Agudos y Crónicos (HIEAC) "San Juan de Dios"; Hospital

Zonal General de Agudos (HZGA) "Dr. Mario V. Larrain"; Hospital Zonal General de Agudos "Dr. Ricardo Gutiérrez"; Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) "Dr. Horacio Cestino" y Hospital Zonal Especializado (HZE) "Dr. Noel H. Sbarra". Cabe aclarar que debido a la dificultad de obtención de datos y por su especificidad en la atención exclusiva de pacientes crónicos, se excluye el Hospital Zonal Especializado de Crónicos "El Dique". La ubicación de cada uno de los establecimientos mencionados se muestra en la Figura 3.

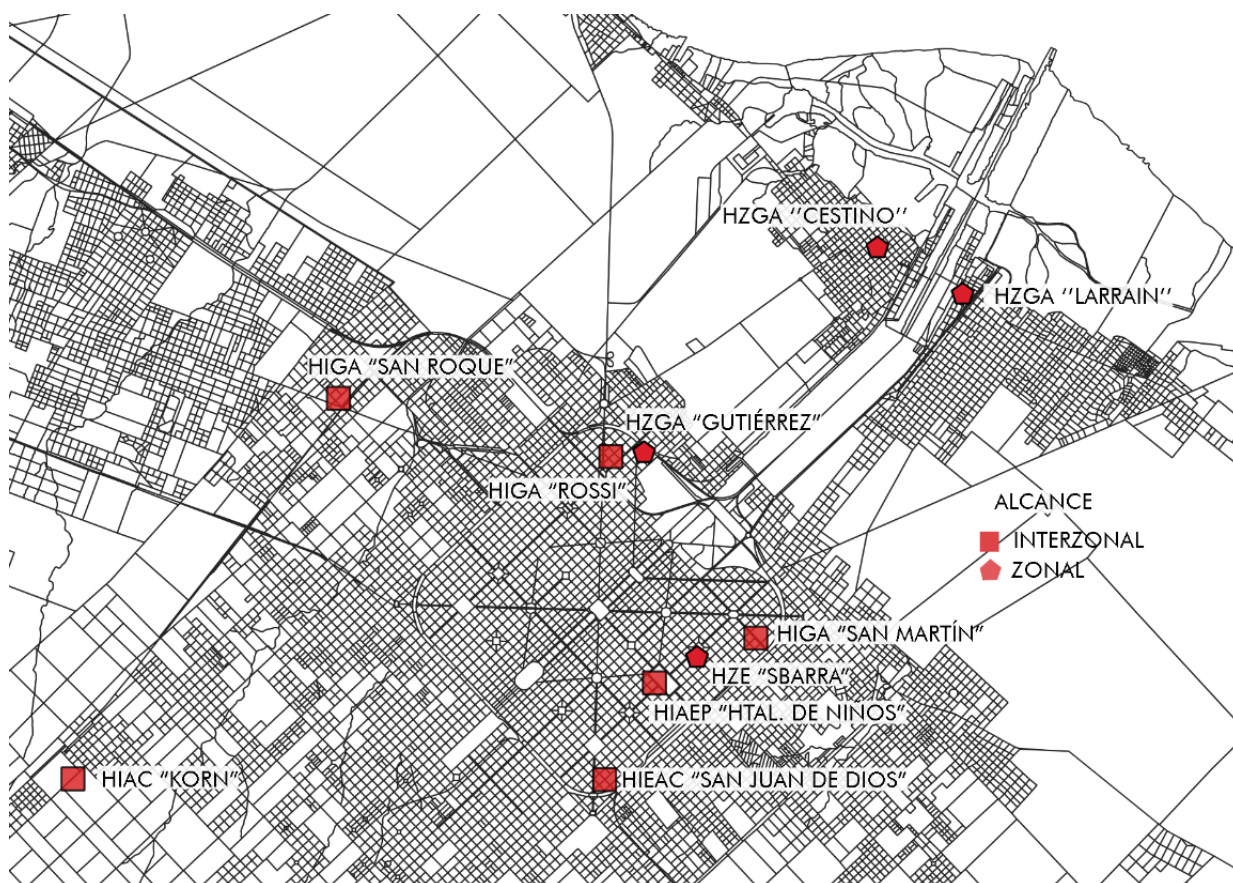


Figura 3: Establecimientos de salud del sistema público de la Micro-Región Gran La Plata (MRGLP), con internación y alcance regional y zonal.

Fuente: Elaboración propia

Los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada, que conforman la Micro-Región Gran La Plata, lugar donde se encuentran los mencionados hospitales, pertenecen a la Zona bioclimática III (templada cálida), Subzona b (amplitudes térmicas menores a 14 °C), según la clasificación bioambiental de la República Argentina, establecida en la Norma IRAM 11603 (2012). Esta Zona bioclimática se caracteriza por presentar veranos relativamente calurosos con temperaturas medias comprendidas entre 20 °C y 26 °C y máximas medias mayores que 30 °C. Los inviernos no suelen ser muy fríos y presentan valores medios de temperatura comprendidos entre 8 °C y 12 °C, con valores mínimos

que rara vez son menores que 0 °C. Para el caso de la ciudad de La Plata en particular, la temperatura mínima media en invierno es 6,5 °C mientras que, para verano, la temperatura máxima media es 27,4 °C. En lo que refiere a las lluvias en la zona bioclimática III, la distribución anual es regular, aunque con disminución hacia el invierno, oscilando en el orden de los 1.000 mm anuales. Para el caso de la ciudad de La Plata, las precipitaciones en verano (446,2 mm) son casi el doble que en invierno (264 mm). Las presiones parciales de vapor de agua en la zona bioclimática III son bajas durante todo el año, con valores máximos en verano que no superan, en promedio, los 1.870 Pa (14 mm Hg). La humedad relativa presenta valores medios significativos: 76,2 % en verano y 83 % en invierno. En la ciudad de La Plata, por ejemplo, la humedad relativa media es de 80 %. Los vientos predominantes corresponden, en verano, a la orientación Norte por la mañana y Este-Sureste por la tarde/noche mientras que, en invierno, las orientaciones predominantes son Suroeste-Oeste-Sureste (IRAM 11603).

Además de la caracterización de las zonas bioclimáticas del país, la Norma IRAM 11603 establece algunas recomendaciones de diseño para cada una de éstas. Para la zona bioclimática IIIb (templada cálida con amplitudes térmicas menores a 14 °C) se sugiere la orientación de las edificaciones hacia el Noroeste, Norte, Noreste y/o Este; la previsión de protecciones solares en las caras orientadas hacia el oeste, la incorporación de sistemas de protección a la radiación solar en las carpinterías y la utilización de colores claros en los exteriores.

Actualmente, existen diversos métodos que relacionan las variables climáticas con el confort higrotérmico. En la Figura 4, se presenta un mapa de confort para la ciudad de La Plata, según la planilla CEEMACACOFr.xls, desarrollado por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA, FAU-UNT), en el cual se reconocen las necesidades bioclimáticas para La Plata en este caso, en los distintos meses del año. En la planilla de la Figura 4, el color azul representa los períodos de frío, el verde los de confort, el naranja los períodos con necesidad de sombreado y el rojo los períodos en los que se necesita enfriamiento. Se observa que si bien se trata de un clima que tiene una estacionalidad bien definida (invierno y verano), se registra predominancia del período de frío, lo cual debe entenderse como la principal causa de discomfort y de requerimiento de climatización. Además, gran parte de las estrategias de mejoramiento que se tengan en cuenta para el período de frío, son útiles para ambas estaciones.

NECESIDADES BIOCLIMATICAS: C=CONFORT - F=FRIO - S=NECESIDAD DE SOMBRA - E=NECESIDAD DE ENFRIAMIENTO																
ESTACION: LA PLATA TCON 22,59 TCMX 24,6 TCMI 20,6																
HORAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTALES AÑO			
													FRIO	CONF.	SOMB.	ENFRI.
1	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	10,0	2,0	0,0	0,0
2	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	11,0	1,0	0,0	0,0
3	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0
4	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0
5	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0
6	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0
7	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0
8	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0
9	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	12,0	0,0	0,0	0,0
10	C	C	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	10,0	2,0	0,0	0,0
11	E	E	S	F	F	F	F	F	F	F	C	E	7,0	1,0	1,0	3,0
12	E	E	E	C	F	F	F	F	F	F	S	E	6,0	1,0	1,0	4,0
13	E	E	E	C	F	F	F	F	F	C	S	E	5,0	2,0	1,0	4,0
14	E	E	E	C	F	F	F	F	F	C	E	E	5,0	2,0	0,0	5,0
15	E	E	E	C	F	F	F	F	F	C	E	E	5,0	2,0	0,0	5,0
16	E	E	E	C	F	F	F	F	F	F	S	E	6,0	1,0	1,0	4,0
17	E	E	E	C	F	F	F	F	F	F	S	E	6,0	1,0	1,0	4,0
18	E	E	S	C	F	F	F	F	F	F	S	E	6,0	1,0	2,0	3,0
19	E	E	S	F	F	F	F	F	F	F	S	E	7,0	0,0	2,0	3,0
20	E	E	S	F	F	F	F	F	F	F	S	E	7,0	0,0	2,0	3,0
21	E	E	S	F	F	F	F	F	F	F	C	S	7,0	1,0	2,0	2,0
22	E	E	C	F	F	F	F	F	F	F	C	S	7,0	2,0	1,0	2,0
23	E	S	C	F	F	F	F	F	F	F	C	S	7,0	2,0	2,0	1,0
24	S	S	C	F	F	F	F	F	F	F	C	S	8,0	2,0	2,0	0,0
FRIO	7,0	8,0	10,0	17,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	21,0	11,0	10,0	TOT.F	204,0	% F	70,8
CONF	3,0	2,0	3,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	4,0	1,0	TOT.C	23,0	% C	8,0
SOMB	1,0	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	3,0	TOT.S	18,0	% S	6,3
ENF	13,0	12,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	10,0	TOTE	43,0	% E	14,9

Figura 4: Mapa de confort para la ciudad de La Plata.
Fuente: Elaboración propia mediante la planilla CEEMACACOFR.xls.

En la Figura 5, se presenta una carta psicrométrica con datos de la ciudad de La Plata para la época de invierno (incluye los meses de mayo, junio, julio y agosto) elaborada en el Climate Consultant 6.0 según el California Energy Code Comfort Model (2013). Se puede observar que, sin la utilización de estrategias de diseño pasivo y sin la incorporación de sistemas activos de climatización, las horas invernales en las que se alcanza el confort higrotérmico en el interior (encerradas en el polígono azul), representan aproximadamente el 1%. Sin embargo, la incorporación de estrategias de diseño como la utilización de sistemas solares pasivos permiten que en casi el 49% de las horas invernales, se alcance el confort higrotérmico. Los sistemas solares pasivos consisten en el aprovechamiento de la radiación solar cuando la temperatura exterior oscila entre los 10 °C y los 20 °C; la incorporación de superficies vidriadas orientadas al sol; proporciones adecuadas de espacios exteriores para lograr asoleamiento invernal y superficies reducidas en las orientaciones menos favorables.

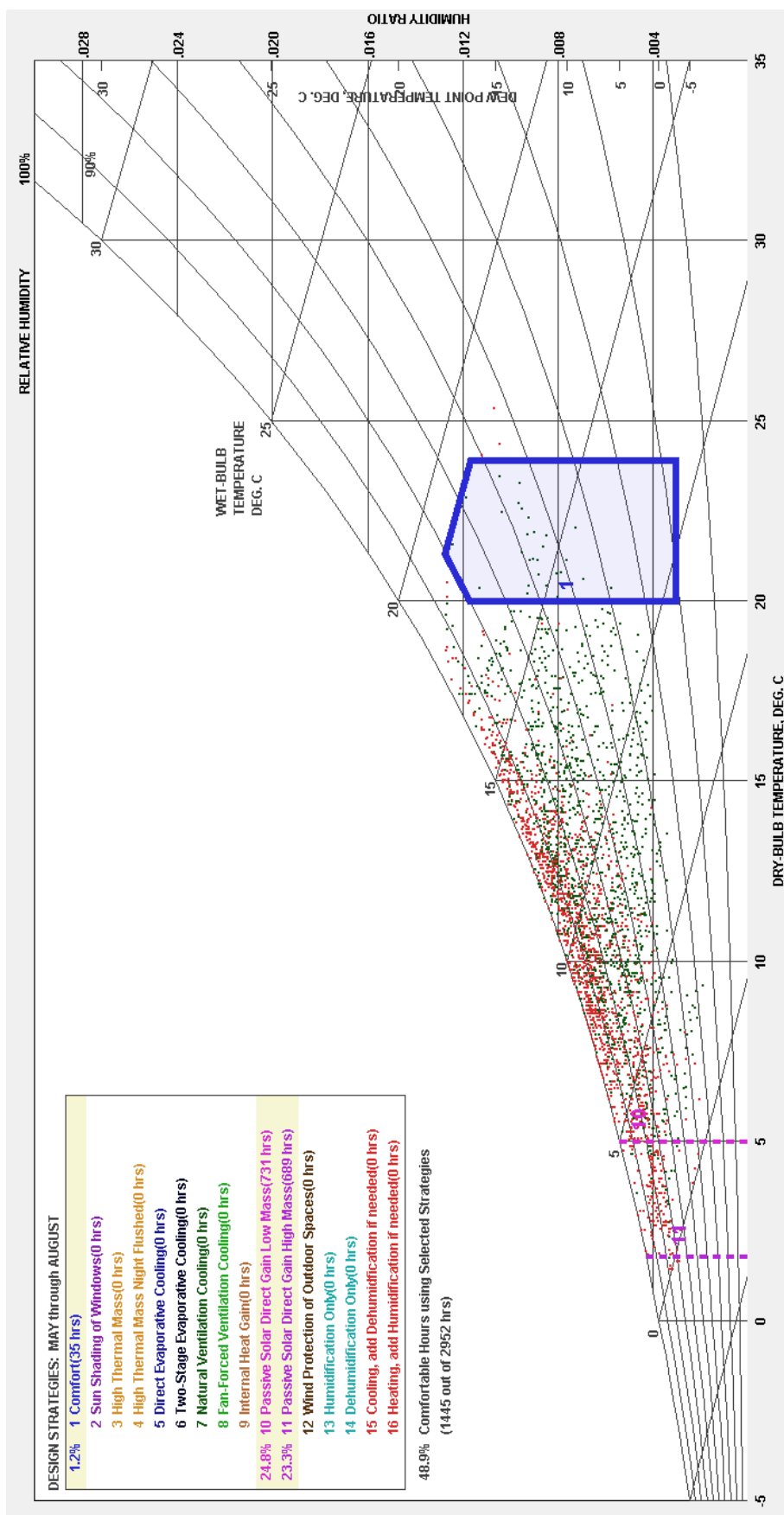


Figura 5: Carta psicrométrica con datos de la ciudad de La Plata (invierno) elaborada en Climate Consultant 6.0.
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 6, se presenta la carta psicrométrica con datos de la ciudad de La Plata para la época de verano (incluye los meses de diciembre, enero, febrero y marzo) elaborada en el Climate Consultant 6.0 según el California Energy Code Comfort Model (2013). Se puede observar que, sin la utilización de estrategias de diseño pasivo y sin la incorporación de sistemas activos de climatización, las horas de verano en las que se alcanza el confort higrotérmico en el interior (encerradas en el polígono azul), representan aproximadamente el 13%. En principio, se puede decir que como este porcentaje es mayor que el de la época de invierno, para este clima en particular, se registra mayor discomfort durante los meses invernales, lo que se traduce en un mayor requerimiento de calefacción con respecto al de refrigeración. Ahora bien, la incorporación de estrategias de diseño como la ventilación cruzada y la utilización de protecciones solares en las ventanas permiten que en casi el 49 % de las horas de verano, se alcance el confort higrotérmico. La ventilación cruzada consiste en el flujo de aire desde la fachada de barlovento a la de sotavento. Para eso, los espacios exteriores deben ser amplios, evitando barreras edilicias continuas. En climas con alta humedad relativa, como es el caso de la ciudad de La Plata, la ventilación cruzada produce una sensación de refrescamiento equivalente a la disminución de 2 °C de temperatura. Otra de las recomendaciones para la época de verano consiste en recurrir a la ventilación selectiva. Durante el día, se controla la ventilación para reducir el ingreso de aire caliente, mientras se aumenta la ventilación nocturna, aprovechando el aire más fresco para enfriar el interior.

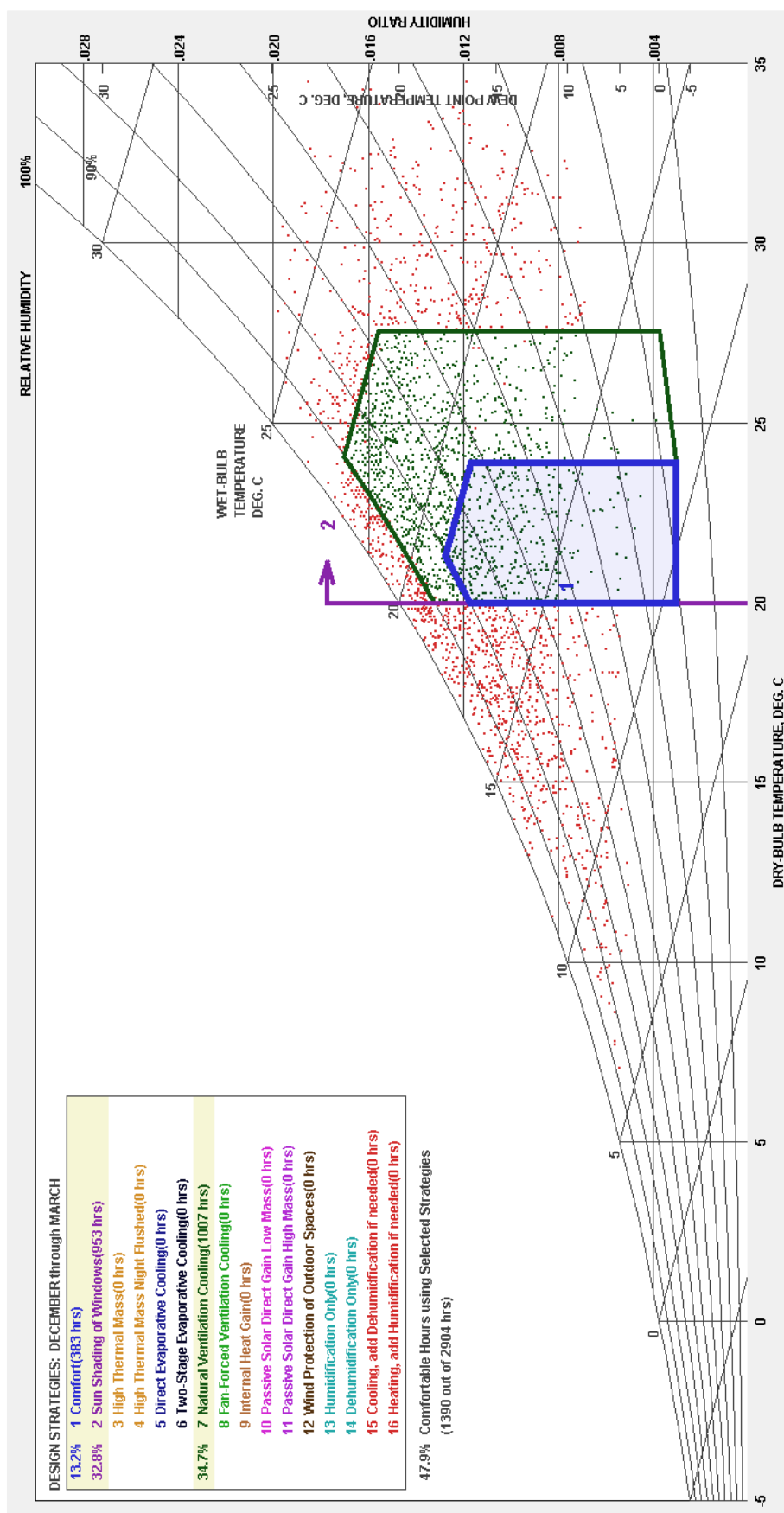


Figura 6: Carta psicrométrica con datos de la ciudad de La Plata (verano) elaborada en Climate Consultant 6.0.
Fuente: Elaboración propia.

Por último y teniendo en cuenta algunos antecedentes normativos locales para la edificación construida, en la Ley N° 13.059 y su Decreto Reglamentario 1.030/10 que, si bien no ha sido concebida específicamente para el sector salud, se establecen algunas exigencias mínimas que se deberán cumplir para lograr niveles de habitabilidad higrotérmica en “las construcciones públicas y privadas destinadas al uso humano” (viviendas, hospitales, escuelas, entre otras) que se construyan en la Provincia de Buenos Aires. En el caso de los muros y las cubiertas, se exige, como punto de partida, la verificación del nivel B (medio) del coeficiente de transmitancia térmica (K), establecido en la Norma IRAM 11605, el cual depende de la localidad en la que esté emplazado el edificio. En la Tabla 1 se pueden observar los valores máximos admisibles de transmitancia térmica en cada uno de los niveles propuestos en la Norma, para la localidad de La Plata. En lo que respecta a las ventanas, en la Norma IRAM 11507-4 se establecen distintas categorías de aislación, las cuales se pueden observar en la Tabla 2. Otro aspecto que contempla la Ley N° 13.059 es la verificación del riesgo de condensación superficial e intersticial (Norma IRAM 11625) teniendo en cuenta un adecuado control de los puentes térmicos y el cumplimiento de un máximo según la zona para las pérdidas de calor.

Grados de confort higrotérmico	K máximo admisible [W/(m².°C)]			
	INVIERNO		VERANO	
	Muros	Cubiertas	Muros	Cubiertas
Nivel A – recomendado	0.34	0.30	0.50	0.19
Nivel B – medio	0.93	0.76	1.25	0.48
Nivel C – mínimo	1.63	1.00	2.00	0.76
No verifica	> 1.63	> 1.00	> 2.00	> 0.76

Tabla 1: Valores máximos de transmitancia térmica en superficies opacas para La Plata (temperatura de diseño -2,5 °C según Norma IRAM 11603).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Norma IRAM 11605.

Categoría de aislación	K [W/(m².°C)]
K1	$K < 1.00$
K2	$1.00 \leq K \leq 1.50$
K3	$1.50 < K \leq 2.00$
K4	$2.00 < K \leq 3.00$
K5	$3.00 < K \leq 4.00$
No clasificable	$K > 4.00$

Tabla 2: Valores máximos de transmitancia térmica para ventanas.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Norma IRAM 11507-4.

2.2 Metodología desarrollada para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud.

A los efectos de alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación, se planteó 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 Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud y (3) **Evaluación** de cada una de las estrategias de reciclado de la envolvente edilicia del sector salud, considerando aspectos energéticos y económicos. Cada una de estas etapas se desarrolla a continuación.

2.2.1 Análisis y diagnóstico

En esta etapa, se analizó el comportamiento energético del sector salud, a partir de estudiar los datos productivo-sanitarios, tecnológico-constructivos y energéticos de los establecimientos que lo conforman. Para ello, se obtuvieron los consumos reales anuales de cada establecimiento (TEP/año), a partir de la lectura de los medidores de electricidad y de gas natural y la información productivo-sanitaria brindada por el Ministerio de Salud de la provincia, la cual se complementó con la planimetría y el relevamiento de los establecimientos. Finalmente, los datos se agrupan en módulos definidos por los aspectos productivo-sanitarios, tecnológico-constructivos y energéticos de cada uno de los establecimientos que conforman el sector salud en el área en estudio y 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.

En el módulo de "Datos productivo-sanitarios" de la planilla "AyD_datos" (Planilla 1), se incluyó el departamento al cual pertenece cada establecimiento en el área de estudio; 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 que figura en el SISA (Ministerio de Salud de la Nación, 2011) y el número de camas con las que cuentan. Para la obtención de estos datos, se consultó 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 nación⁶.

ESTABLECIMIENTO	1. DATOS PRODUCTIVO-SANITARIOS					
	DEPARTAMENTO	ALCANCE	ATENCIÓN	CATEGORÍA	TIPOLOGÍA	N° CAMAS

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

En cuanto al módulo de “Datos tecnológico-constructivos” de la planilla “AyD_datos” (Planilla 2), se incluyó la tipología edilicia de cada establecimiento y la superficie expuesta de envolvente vertical y horizontal en m² cuantificada a partir de los planos. Para la identificación de la tipología edilicia se utilizó la clasificación planteada en el trabajo desarrollado por Czajkowski (1993 op. Cit.).

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, luego de obtener los consumos reales anuales de cada establecimiento expresados en TEP/año, a partir de la lectura de los medidores de electricidad y de gas natural, se aplicó la metodología MEEP (Módulos Edilicios Energético-Productivos) (Martini 2010 op. Cit.) para conocer las necesidades energéticas (teóricas) tanto a nivel general (establecimientos completos) como diferencial (áreas hospitalarias).

⁶ <http://datos.salud.gob.ar/dataset/listado-establecimientos-de-salud-asentados-en-el-registro-federal-refes> consultado el 01/12/2023.

La metodología MEEP utiliza un enfoque analítico y consiste en evaluar los comportamientos edificios energéticos y productivos de la red de salud a partir de un estudio particular y detallado. El enfoque analítico consta de dos partes: análisis y síntesis. En la etapa de análisis se divide el problema original en subproblemas más sencillos y se procede a resolver cada uno de ellos. En la etapa de síntesis se combinan los resultados parciales obtenidos en la etapa anterior para dar respuesta al problema completo. En el caso de la metodología MEEP, se considera un sector urbano, como es el caso del sector salud, el cual se encuentra 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 base y los MEEP periféricos). Los MEEP base representan la unidad mínima de desagregación y se definen como una escala de análisis de cada prestación sanitaria que forman parte de un establecimiento de la red (por ejemplo, una habitación de internación); y los MEEP periféricos son aquellos que, si bien no alcanzan la categoría de diferencial de prestación, dado que forman parte de los servicios complementarios de un MEEP base (por ejemplo, el estar médico), en algunos casos, tienen un peso energético significativo. Por ejemplo, si se toma el MEEP “habitación de 2 camas”, la “Unidad Funcional de internación” está representada por una determinada cantidad de MEEP base de habitaciones y de MEEP periféricos, es decir, todas aquellas tareas complementarias que hacen a su funcionamiento (unidad de enfermería, abastecimiento periférico de material limpio y usado, estar médico, zona de espera de público, etc.). El conjunto de las Unidades Funcionales es el “Servicio de Internación Clínica”, que forma parte del “Área Internación” junto con otros servicios como Cuidados Intensivos, Terapia Intermedia, etc. A priori, junto con otras como Diagnóstico y Tratamiento, Atención Ambulatoria, Cirugía, etc., forman el conjunto del establecimiento (Martini 2010 op. Cit.). En la Figura 7 se pueden observar los distintos niveles de integración que propone la metodología MEEP. Para el análisis desagregado, el estudio particularizado de los MEEP es fundamental para diferenciar y establecer las demandas energéticas específicas en función de los requerimientos de cada prestación sanitaria. A partir de considerar las diferentes escalas de análisis, su integración ascendente permite establecer con mayor precisión las acciones correspondientes a los objetivos propuestos.

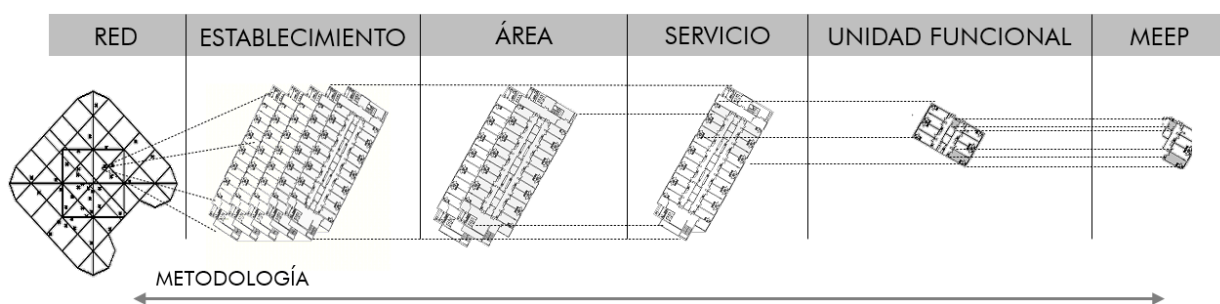


Figura 7: Niveles de integración de la metodología Módulos Edilicios Energético-Productivos (MEEP).
Fuente: Martini (2010 op. Cit.).

En función de lo expuesto, y a partir de la aplicación de la metodología MEEP, se obtuvieron 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). En primer lugar, se adoptó del trabajo de Martini (2010 op. Cit.), el consumo energético de cada una de las áreas en kWh/día, producto de la suma de los resultados obtenidos a nivel MEEP, unidades funcionales y servicios (Ver Figura 7). Luego, para obtener el consumo energético teórico por unidad de superficie de cada área hospitalaria (TEP/día.m²), en primer lugar, se realizó la conversión del consumo energético (en kWh/día) a Toneladas Equivalentes de Petróleo por día (TEP/día) y luego, se lo dividió por las respectivas superficies reales de cada área hospitalaria. Por último, se obtuvo el consumo energético anual teórico por unidad de superficie real de cada área hospitalaria (TEP/año.m²). El procedimiento de aplicación de la metodología MEEP se detalla a continuación en la Tabla 3.

Área Hospitalaria	CONSUMO kWh/día	CONSUMO TEP/día	SUPERFICIE m ²	CONSUMO ESPECÍFICO TEP/día*m ²	CONSUMO ANUAL TEP/año*m ²
	[1]	[2] = [1] / 11630	[3]	[4] = [2] / [3]	[5] = [4] * 365
Internación					
Cirugía					
Atención ambulatoria					
Diagnóstico y Tratamiento					
Administración					
Servicios Auxiliares y de Apoyo					
Circulaciones y Baños					

Tabla 3: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el consumo anual (TEP/año.m²) para cada área hospitalaria.

Fuente: Elaboración propia

Con el consumo de cada uno de los establecimientos desagregados por área, se plantea, a partir de la aplicación de la metodología MEEP, identificar y cuantificar las variables que tienen mayor incidencia en el consumo energético de cada una de las áreas hospitalarias. Para ello, se obtuvieron del trabajo de Martini (2010 op. Cit.) los porcentajes de participación de las variables iluminación, equipamiento y climatización en cada una de las áreas hospitalarias para, finalmente, aplicar dicho porcentaje al consumo energético anual por unidad de superficie de cada área hospitalaria (TEP/año.m²) calculado anteriormente (Tabla 3) y determinar de esta manera, el consumo energético anual por unidad de superficie (TEP/año.m²) de iluminación y equipamiento, por un lado, y climatización, por el otro, en cada área hospitalaria (Ver Tabla 4). Cabe aclarar que el equipamiento electromecánico (ejemplos: equipos de radiodiagnóstico, esterilizadores, incubadoras, heladeras, respiradores, etc.) considerado en el trabajo de Martini (2010 op. Cit.) es de carácter general y constituye un “óptimo” para la prestación del servicio específico. Se consideró el consumo energético promedio de cada uno de los equipos, la cantidad y el tiempo de uso (en base a las horas de atención).

Columna [5] de Tabla 3		Fuente: Martini (2010)			
Área Hospitalaria	Consumo total en TEP/año*m ² [5]	ILUMINACIÓN + EQUIPAMIENTO		CLIMATIZACIÓN	
		Participación en % [6]	Consumo en TEP/año*m ² [7] = [5]*[6] / 100	Participación en % [8]	Consumo en TEP/año*m ² [9] = [5]*[8] / 100
Internación					
Cirugía					
Atención ambulatoria					
Diagnóstico y Tratamiento					
Administración					
Servicios Auxiliares y de Apoyo					
Circulaciones y Baños					

Tabla 4: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el porcentaje de los usos de iluminación, equipamiento y climatización en el consumo energético de cada área hospitalaria.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el módulo de “Datos energéticos” (Planilla 3), se incorporó el consumo energético real anual de cada establecimiento expresado en TEP/año, a partir de la lectura de los medidores de electricidad y de gas natural, como así también el consumo energético teórico en TEP/año para cada una de las áreas hospitalarias, obtenido a partir de la metodología MEEP. Además, se incluyó 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 (m²)	CONSUMO TEP/año	SUPERFICIE (m²)	CONSUMO TEP/año	SUPERFICIE (m²)

Planilla 3: Fragmento de planilla “AyD_datos”. Módulo de datos energéticos.
Fuente: Elaboración propia

Con dicha información es posible establecer diferentes análisis, a partir de relacionar las distintas variables en juego 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 configuró 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-constructivos de la planilla “AyD_datos”. De esta manera, a partir del procesamiento de estos datos, es posible obtener otros como el porcentaje de participación relativa de cada establecimiento en la red de salud analizada, según su número de camas o su consumo energético real anual; el consumo energético real anual para cada establecimiento (TEP/año), la relación entre el consumo energético real anual y la cantidad de camas de cada establecimiento (TEP/año/cama), así como la relación entre el consumo energético real anual y la superficie construida de cada establecimiento (TEP/año/m²); el consumo energético de las variables iluminación, equipamiento y climatización para cada una de las áreas hospitalarias (TEP/año); el porcentaje de participación relativa que las áreas hospitalarias tienen en cada establecimiento de acuerdo a su consumo energético; el consumo total anual en climatización (TEP/año) 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 (m²). Por último, se incorporó un índice desarrollado por Sartorio y Evans, (2000) que relaciona la superficie de envolvente con el número de camas.

ESTABLECIMIENTO	Consumo energético por área teórica (TEP/año)										Participación de cada área s/consumo energético (%)										Consumo en climatización (TEP/año)	Peso de la climatización en el consumo energético total teórico - (%)	Superficie total envolvente (m²)	Superficie envolvente/cama	
	IN					AA					DyT					SAYa									CyB
	I+E	C	I+E	C	I+E	I+E	C	I+E	C	I+E	C	I+E	C	I+E	C	I+E	C								
ESTABLECIMIENTO	Participación energética s/ n° camas (%)	Consumo energético total real (TEP/año)	Participación s/ consumo energético (%)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)											Consumo en climatización (TEP/año)	Peso de la climatización en el consumo energético total teórico - (%)	Superficie total envolvente (m²)	Superficie envolvente/cama				
	Participación energética s/ n° camas (%)	Consumo energético total real (TEP/año)	Participación s/ consumo energético (%)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)											Consumo en climatización (TEP/año)	Peso de la climatización en el consumo energético total teórico - (%)	Superficie total envolvente (m²)	Superficie envolvente/cama				
	Participación energética s/ n° camas (%)	Consumo energético total real (TEP/año)	Participación s/ consumo energético (%)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)											Consumo en climatización (TEP/año)	Peso de la climatización en el consumo energético total teórico - (%)	Superficie total envolvente (m²)	Superficie envolvente/cama				
	Participación energética s/ n° camas (%)	Consumo energético total real (TEP/año)	Participación s/ consumo energético (%)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)											Consumo en climatización (TEP/año)	Peso de la climatización en el consumo energético total teórico - (%)	Superficie total envolvente (m²)	Superficie envolvente/cama				
	Participación energética s/ n° camas (%)	Consumo energético total real (TEP/año)	Participación s/ consumo energético (%)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)	Consumo energético/cama (TEP/año/cama)	Consumo energético/m² (TEP/año/m²)											Consumo en climatización (TEP/año)	Peso de la climatización en el consumo energético total teórico - (%)	Superficie total envolvente (m²)	Superficie envolvente/cama				
TOTAL PARCIAL																									
TOTAL																									
VALOR MEDIO PARCIAL																									
VALOR MEDIO TOTAL																									

ESTABLECIMIENTO	Consumo energético por área teórica (TEP/año)										Participación de cada área s/consumo energético (%)										Consumo en climatización (TEP/año)	Peso de la climatización en el consumo energético total teórico - (%)	Superficie total envolvente (m²)	Superficie envolvente/cama	
	IN					AA					DyT					SAYa									CyB
	I+E	C	I+E	C	I+E	I+E	C	I+E	C	I+E	C	I+E	C	I+E	C	I+E	C								
TOTAL PARCIAL																									
TOTAL																									
VALOR MEDIO PARCIAL																									
VALOR MEDIO TOTAL																									

Planilla 4: Planilla " AyD_procesamiento de datos" .
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó un diagnóstico de la envolvente edilicia existente, para lo cual se estudió la planimetría brindada por el Ministerio de Salud de la provincia y se realizaron relevamientos in-situ de los establecimientos, con el objetivo de reconocer en cada uno de ellos, las soluciones tecnológico-constructivas de base de la envolvente edilicia existente. Finalmente, se elaboró 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 sintetizaron no sólo las características tecnológico-constructivas, sino también su comportamiento térmico-energético (transmitancia térmica, factor solar) y la verificación del cumplimiento de la normativa de acondicionamiento higrotérmico vigente. En las planillas correspondientes a la envolvente vertical opaca (Catálogo 1) y horizontal (Catálogo 2), se incluyó 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 en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ 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 ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)		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) $W/m^2 \cdot ^\circ C$		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

Actualmente, existen diferentes herramientas para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K) y del riesgo de condensación superficial e intersticial de la envolvente edilicia vertical opaca (muros) y horizontal (techo), así como para la verificación del cumplimiento de las Normas IRAM 11605 y 11625 respectivamente. Por ejemplo, la Ordenanza N° 8.757 de Rosario incluye las planillas de verificación de la transmitancia térmica para cerramientos opacos de cada solución constructiva. Sin embargo, estas planillas no incluyen la verificación del riesgo de condensación (Norma IRAM 11625) y, además, no contemplan su aplicación en otras zonas bioclimáticas distintas a las que pertenece Rosario (Zona bioclimática III a templada cálida). Algo similar ocurre con el Calculador Integral de Eficiencia Energética de la Envolvente Arquitectónica (CIDE-EA) desarrollado por Elsinger, Fernández y Garzón (2020), el cual se plantea para la Zona bioclimática II (cálida) de la Norma IRAM 11603. Desde el ámbito privado, Saint Gobain Isover pone a disposición en su sitio web un software de cálculo, el cual contiene las normas IRAM vigentes. En este trabajo, se utilizó la hoja de cálculo CEEMACON.xls (Planilla 5) desarrollado por el CEEMA (FAU-UNT), porque incluye la verificación a las Normas IRAM 11605 y 11625 y además, porque es una herramienta versátil en cuanto a la posibilidad de aplicación en las distintas zonas bioclimáticas del país.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 [°W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
K calculado:	2.56	2.56		
K mínimo	2.00	1.63	2.40	NO VERIFICA
K recomendado	1.25	0.92	1.50	NO VERIFICA
K ecológico	0.50	0.34	0.60	NO VERIFICA

VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.	UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior	kPa	1.75	
Presión de vapor exterior	kPa	0.45	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)	°C	24.50	
Resistencia superficial interior	m².K/W	0.17	
Caída de temperatura en la sup. int.	°C	9.68	
Temperatura de la superficie interna	°C	12.32	
Temperatura de rocío sup. int.	°C	15.30	SI CONDENSA

VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	22.00		
REVOQUE INTERIOR	13.84	15.30	SI CONDENSA
LADRILLO COMÚN	12.82	13.99	SI CONDENSA
REVOQUE EXTERIOR	1.09	0.81	NO CONDENSA
0	0.01	-3.81	NO CONDENSA
0	#N/A	#N/A	#N/A

Planilla 5: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial de superficies opacas de la envolvente edilicia.

Fuente: Hoja de cálculo CEEMACON.xls

En la planilla correspondiente a la envolvente vertical transparente del catálogo “Envolvente existente” (Catálogo 3) se incluyó 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 en $W/m^2 \cdot ^\circ C$; 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) $W/m^2 \cdot ^\circ C$	VERIFICACIÓN N. IRAM 11507-4
		Interior	Exterior			
V1						V
...						V
Vk						V

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

En este caso, para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K) de las ventanas, no se cuenta con tantas herramientas como en el caso de la envolvente opaca. En la planilla incluida en la Ordenanza Nº 8.757 de Rosario no se tiene en cuenta la materialidad de los marcos de las carpinterías. Por otra parte, la herramienta online de Calificación y Etiquetado de Carpintería de Obra⁷ que permite calcular la clase de Eficiencia Energética de las ventanas, conforme a la norma IRAM 11507-6/2018, sólo contempla las carpinterías de aluminio y PVC. Por estos motivos, para el cálculo y verificación del coeficiente de transmitancia térmica de las superficies transparentes de la envolvente vertical, se utilizaron planillas en hojas de cálculo de elaboración propia basadas en la Norma IRAM 11507-4 (Planilla 6). El material explicativo acerca de la carga de datos en la herramienta, así como la interpretación de la información que brinda la misma, se incluye en el Anexo 2: Uso de la herramienta desarrollada para el cálculo de la transmitancia térmica (K) de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.

⁷ <https://etiquetadoventanas.energia.gob.ar/>

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
Material marco:		
K marco (W/m ² .°C):		
Superficie marco (m ²):		
Tipo de vidrio:		
K vidrio (W/m ² .°C):		
Factor Solar (FS):		
Superficie vidrio (m ²):		
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		
Resistencia (R) protección solar interior:		
Tipo de protección solar exterior:		
Resistencia (R) protección solar exterior:		
*FS = Factor Solar		
**En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm. x 1480 mm. como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 6: Hoja de cálculo para la verificación de K y factor solar de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.
Fuente: Elaboración propia

El análisis de la envolvente edilicia existente permite identificar la diversidad de soluciones tecnológico-productivas posibles para cada componente de ésta (muro, ventana y techo) para posteriormente, hallar las soluciones que se encuentran más frecuentemente con el objeto de conocer los patrones tecnológico-constructivos que caracterizan cada área hospitalaria. Finalmente, mediante la aplicación de reglas de asociación⁸, es posible identificar las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentemente empleadas en cada una de las áreas hospitalarias. La ventaja de encontrar conjuntos de soluciones tecnológico-constructivas frecuentes para cada una de las áreas hospitalarias es que permite plantear propuestas de mejoramiento para cada conjunto detectado y, de esta manera, facilitar su implementación en forma masiva en el sector salud.

⁸ Una regla de asociación se define como una implicación del tipo “si X entonces Y” ($X \Rightarrow Y$), donde X e Y son *itemsets* o *items* individuales. El lado izquierdo de la regla recibe el nombre de antecedente y el lado derecho el nombre de consecuente. Por ejemplo, la regla $\{A,B\} \Rightarrow \{C\}$ significa que, cuando ocurren A y B, también ocurre C (Amat Rodrigo 2018 op. Cit.).

En una primera etapa, se requiere la construcción de planillas en hojas de cálculo en la cual se especifique, para cada área hospitalaria, las soluciones tecnológico-constructivas empleadas en cada componente de la envolvente edilicia (muros, ventanas y techos).

Luego, tomando los datos de las planillas de la etapa anterior, para cada una de las áreas hospitalarias, se procede a “codificar” cada Hospital en forma de vector. Sea H1 un Hospital cualquiera, entonces: $H1 = (m_1, \dots, m_n, v_1, \dots, v_k, t_1, \dots, t_r)$ donde $m_1, \dots, m_n$ representan la/s soluciones/s presente/s en los muros; $v_1, \dots, v_k$ representan la/s soluciones/s presente/s en las ventanas y $t_1, \dots, t_r$ la/s correspondientes a los techos, respectivamente. Así, por ejemplo, en la Tabla 5, H1 tiene la solución tecnológico-constructiva m_3 en los muros, v_1 en ventanas y dos alternativas posibles para techos (t_1 y t_2). Asimismo, puede observarse que H1 es el único que presenta más de una solución tecnológico-constructiva posible en alguna de las partes de la envolvente: muros, ventanas y techos (en este caso, dos tipos de techo).

ÁREA HOSPITALARIA	m_1	m_2	m_3	v_1	v_2	t_1	t_2
H ₁			x	x		x	x
H ₂			x	x			x
...		x			x	x	
H _n	x				x		x

Tabla 5: Soluciones tecnológico-constructivas de la envolvente edilicia presentes en las distintas áreas hospitalarias.

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, un vector (como por ejemplo H1) puede tener un número variable de elementos, ya que es posible que los muros, ventanas y techos presenten más de una solución tecnológico-constructiva posible (en adelante, una solución tecnológico-constructiva será lo que se denomina, dentro de las reglas de asociación, un ítem). Continuando con el ejemplo de la Tabla 5 se tendrán, en consecuencia, los siguientes vectores:

$$H_1 = [m_3, v_1, t_1, t_2]$$

$$H_2 = [m_3, v_1, t_2]$$

$$\dots = [m_2, v_2, t_1]$$

$$H_n = [m_1, v_2, t_2]$$

En esta etapa, si se desea utilizar algún software para calcular las reglas de asociación (ej.: Weka⁹ o RapidMiner¹⁰), los vectores se deben traducir a un formato apropiado en una hoja de cálculo. Así, por ejemplo, en Weka, es posible importar archivos en formato csv de una hoja de cálculo o bien usar archivos que tienen formato arff (que es el formato por defecto que reconoce el programa). Cuando se importa un archivo desde Weka deben especificarse algunos parámetros tales como el tipo de dato (ej.: integer, nominal, etc.) por cada columna. Además, se debe indicar si la primera fila contiene datos o si se trata del encabezado, señalar el símbolo que sirve como delimitador (separador) de datos, entre otra información requerida.

No.	1: M1	2: M2	3: M3	4: V1	5: V2	6: T1	7: T2
	Nominal	Nominal	Nominal	Nominal	Nominal	Nominal	Nominal
1	0	0	1	1	0	1	1
2	0	0	1	1	0	0	1
3	0	1	0	0	1	1	0
4	1	0	0	0	1	0	1

Figura 8: Edición de un archivo en formato arff mediante el software Weka.
Fuente: Software Weka.

Una vez importado el archivo y reconocido correctamente (Figura 8), es necesario especificar algunos parámetros propios del algoritmo (ej.: soporte y confianza) antes de ejecutarlo. El algoritmo Apriori, que es el que se ha utilizado en este trabajo para calcular las reglas de asociación, requiere especificar 2 parámetros: soporte y confianza, siendo el soporte de un ítem el número de veces que aparece dicho ítem (una solución tecnológico-constructiva en este caso) respecto del total de elementos/vectores/transacciones a considerar. Así, por ejemplo, se puede observar que el ítem M_1 aparece en 1 de los 4 hospitales y por lo tanto su soporte es $\frac{1}{4}$. Es decir, el soporte es la frecuencia en que aparece un ítem respecto del total de elementos (hospitales en este caso). El parámetro confianza, por otra parte, se utiliza para decidir la validez de una regla. Es decir, una regla será considerada válida si alcanza un nivel de confianza especificado y su cálculo sigue la siguiente fórmula:

$$\text{confianza } (v_1 \Rightarrow t_1) = \text{soporte } (v_1 \text{ unión } t_1) / \text{soporte } (v_1) \quad [1]$$

⁹ Weka es un software desarrollado por la Universidad de Waikato. URL: <https://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/>

¹⁰ RapidMiner es un software desarrollado por la empresa homónima. URL: <https://rapidminer.com/>

El parámetro denominado confianza se calcula cada vez que se desea crear una regla agregando un itemset o elemento nuevo a otro itemset cuyo número de elementos se desea aumentar, y se calcula como el número de veces que aparece el nuevo itemset respecto del soporte del otro itemset (que puede contener uno o más elementos) que corresponde al antecedente de la regla.

En la Figura 9 se puede observar la pantalla donde se especifican los parámetros del algoritmo en el software Weka. Nótese, por ejemplo, que se ha establecido un nivel de soporte mínimo de 0,5, una confianza de 0,7, y que se deben interpretar los ceros como valores inexistentes, entre otros aspectos.

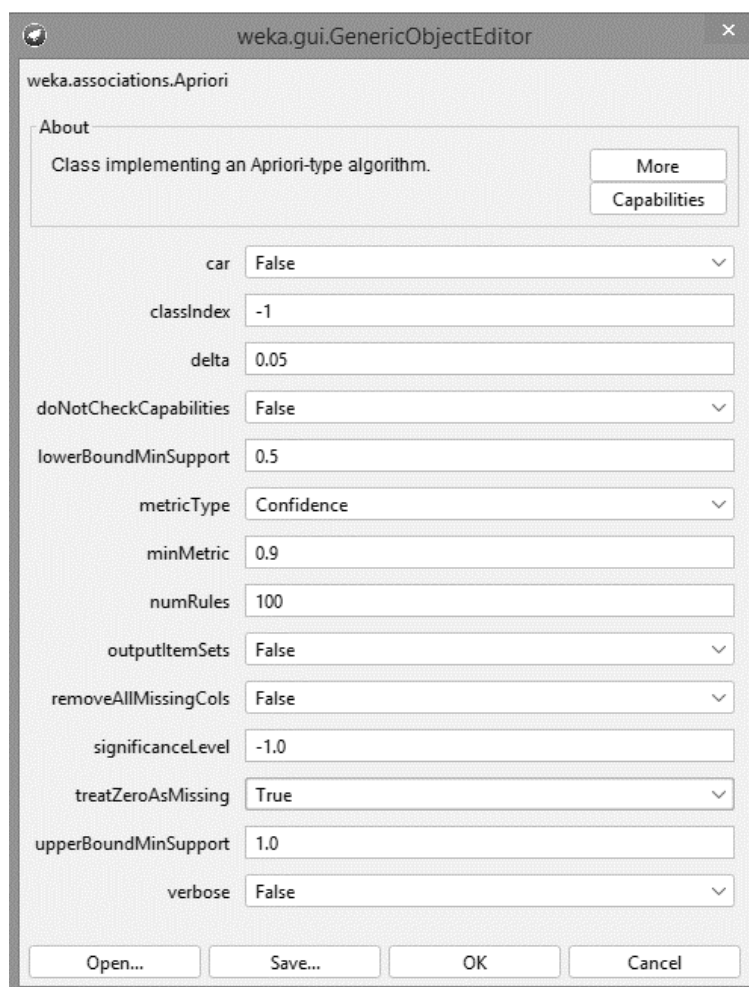


Figura 9: Configuración de parámetros en el software Weka.
Fuente: Software WEKA.

Una vez especificados los parámetros se puede aplicar el algoritmo Apriori, que calcula las reglas de asociación. Se presenta a continuación, y a modo ilustrativo, un ejemplo paso a paso donde se parte de un conjunto de vectores (donde un vector contiene la lista de soluciones tecnológico-constructivas presentes en un hospital, para el área hospitalaria analizada) y se llega a determinar

los conjuntos de ítems (itemset) que suelen aparecer juntos encontrados mediante la aplicación de reglas de asociación. En adelante, se entenderá por itemset al conjunto que contenga al menos una solución tecnológico-constructiva de envolvente.

En el ejemplo de la Figura 8, supóngase que los 7 ítems representan soluciones tecnológico-constructivas (de muros, ventanas o techos). Así, suponiendo que el ítem v_1 ha cumplido el requisito de soporte mínimo, se procede a averiguar qué ocurre al agregar t_1 , es decir, calcular cuantas veces aparece este último respecto de las veces que aparece v_1 (ya no es sobre el total de transacciones)¹¹. Entonces, en el ejemplo anterior, la confianza de la regla $\{v_1 \Rightarrow t_1\}$ (dupla) es 0,5 pues resulta del cociente entre 0,25 y 0,5. Obsérvese que el soporte de la unión de 2 ítems no es la suma de los soportes individuales de cada uno, sino que representa el número de veces que ambos aparecen juntos, respecto del total de elementos.

Como se puede observar en la Figura 10, el algoritmo comienza encontrando el conjunto de elementos (C1) que cumplen la condición de soporte. Luego, se genera un conjunto (C2) con los pares de elementos que sigan manteniendo la condición de soporte. Este proceso se repite, agregando de a un elemento, hasta que no puedan agregarse más ítems a un conjunto dado (ej.: algún C_i) por no alcanzar la condición de soporte mínimo.

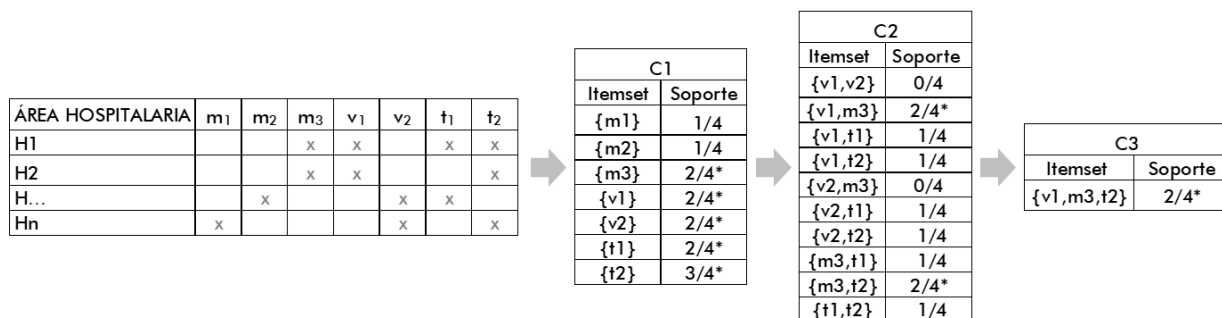


Figura 10: Procedimiento utilizado en el método de reglas de asociación para identificar elementos más frecuentes

Fuente: Elaboración propia

Los conjuntos $C_1, C_2, \dots, C_n$ contendrán conjuntos de tamaño 1, 2, ..., n respectivamente. De cada C_i se eliminarán los itemsets que no alcancen el soporte mínimo. Así, en C_1 quedarán sólo 5 itemsets, en C_2 quedarán 2 y en el conjunto C_3 sólo un itemset (los itemset que quedarán en

¹¹ Para este ejemplo, una transacción equivale a un vector que describe las soluciones tecnológico-constructivas de un hospital.

cada C_i son los que están señalados con un asterisco a su derecha). Esto resulta en un total de 8 itemsets frecuentes donde 5 tienen tamaño 1, 2 tienen tamaño 2 y el restante tamaño 3.

El siguiente paso es crear reglas de asociación a partir de cada uno de los *itemsets* frecuentes. Para determinar posibles reglas, por cada *itemset* frecuente, se generan tantas reglas como posibles particiones binarias. En síntesis, el proceso seguido es el siguiente (Amat Rodrigo 2018 op. Cit.):

- i. Por cada *itemset* frecuente C , obtener todos los posibles subconjuntos de C (recordar que de un conjunto de N elementos se pueden obtener 2^N subconjuntos diferentes).
 - i.i. Para cada subconjunto s de C , crear la regla " $s \Rightarrow (C-s)$ "
- ii. Descartar todas las reglas que no superen el mínimo de confianza.

Así, las reglas obtenidas para el ejemplo de la Figura 10 son las siguientes:

Regla 1: $m3=1 \rightarrow v1=1$

Regla 2: $v1=1 \rightarrow m3=1$

Regla 3: $v1=1 \rightarrow t2=1$

Regla 4: $m3=1 \rightarrow t2=1$

Regla 5: $m3=1 \ t2=1 \rightarrow v1=1$

Regla 6: $v1=1 \ t2=1 \rightarrow m3=1$

Regla 7: $v1=1 \ m3=1 \rightarrow t2=1$

Regla 8: $m3=1 \rightarrow v1=1 \ t2=1$

Regla 9: $v1=1 \rightarrow m3=1 \ t2=1$

Una vez encontradas las reglas que cumplen los requisitos de soporte y confianza, el algoritmo Apriori termina. No obstante, para llegar al resultado final que se busca se deben realizar dos filtrados a las reglas obtenidas:

- i. Se deben eliminar las tuplas con número de elementos distinto de tres.
- ii. De las tuplas que quedaron una vez finalizado el punto anterior, eliminar las ternas que sean redundantes o bien que no contienen un ítem por cada parte de la envolvente.

Así, en el caso del ejemplo, de las 9 reglas encontradas deben eliminarse las 4 primeras por tratarse de duplas (por ej. la regla 1 señala que el par $m3$ y $v1$ aparecen frecuentemente) y en este estudio se quiere encontrar ternas que especifiquen un elemento por cada parte de la envolvente (muro, ventana y techo). Una vez que han quedado sólo las ternas encontradas, se procede a

eliminar aquellas ternas redundantes. Obsérvese aquí que las reglas 5 a 9 describen ternas con los mismos elementos, pero en distinto orden y por lo tanto se debe dejar sólo una de ellas y eliminar las restantes. De esta forma, la terna que se ha encontrado como la más representativa es (v1, m3, t2). Luego de haber encontrado las tuplas más representativas (en este caso sólo una), el proceso finaliza.

Los resultados obtenidos al aplicar los pasos de la metodología permiten reconocer conjuntos de 3 elementos, cuya representatividad sea “elevada”, entendiendo por tal a aquellas soluciones tecnológico-constructivas para muro, ventana y techo, que, en un área hospitalaria determinada, aparecen un número de veces mayor o igual a un valor umbral especificado, denominado soporte y, al mismo tiempo, cumplen el nivel de confianza requerido. De esta manera, la utilización del método de reglas de asociación permite 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.

2.2.2 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. Para ello, en el caso de la envolvente edilicia opaca (muros y techos), se plantean distintas técnicas de intervención con diferentes tipos de aislamiento térmico, lo cual da lugar a múltiples posibilidades de combinación posibles (Tabla 6). De esta manera, cada estrategia de reciclado de la envolvente edilicia opaca puede ser identificada con el par " $I_n - A_p$ ", conformado por una técnica de intervención (I_n) y un material aislante térmico (A_p).

	Aislamiento (A_1)	Aislamiento ($A_{...}$)	Aislamiento (A_p)
Técnica de intervención (I_1)	$I_1 - A_1$	$I_1 - A_{...}$	$I_1 - A_p$
Técnica de intervención ($I_{...}$)	$I_{...} - A_1$	$I_{...} - A_{...}$	$I_{...} - A_p$
Técnica de intervención (I_n)	$I_n - A_1$	$I_n - A_{...}$	$I_n - A_p$

Tabla 6: Técnicas de intervención en la envolvente edilicia y tipos de aislamiento térmico.
Fuente: Elaboración propia.

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.

En los Catálogos 4 y 5, correspondientes a la envolvente edilicia opaca (componentes muro y techo), se incluye una descripción general de la solución tecnológica constructiva; el espesor de aislación propuesto en metros (m); el coeficiente de transmitancia térmica (K) calculado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$; las verificaciones correspondientes de la Norma IRAM 11605 y la Norma IRAM 11625 y por último, el Costo de Inversión asociado (CI).

Se utiliza la hoja de cálculo CEEMACON.xls (Planilla 5) desarrollado por el CEEMA (FAU-UNT) para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K) y del riesgo de condensación superficial e intersticial de cada una de las propuestas de reciclado para la envolvente edilicia vertical opaca

y horizontal, así como para la verificación del cumplimiento de las Normas IRAM 11605 y 11625 respectivamente.

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						
M1						Λ
M2						V
...						V
Mn						V
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO						
I ₁	Técnica de intervención					Λ
I ₁ -A ₁	Aislamiento					V
I _{...} -A _{...}	Aislamiento					V
I _n -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									Λ
T1									V
T2									V
...									V
Tr									V
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO									Λ
I ₁ Técnica de intervención									Λ
I ₁ -A ₁ Aislamiento									V
I _{...} -A _{...} 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

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-construictivas existentes relevadas. Asimismo, para cada técnica de intervención propuesta (I_n), se presentan

algunas variantes. En el catálogo correspondiente (Catálogo 6), se incluye una descripción de la ventana; la especificación de la protección solar interior y exterior de la misma; la materialidad del marco y la hoja; el coeficiente de transmitancia térmica (K) calculado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$; la verificación a la Norma IRAM 11507-4; el factor de exposición solar y por último, el Costo de Inversión asociado (CI).

ÁREA HOSPITALARIA:					COMPONENTE: VENTANA			
DESCRIPCIÓN	Protección solar		Materialidad marco y hoja	Transmitancia térmica (K) W/m ² °C	VERIFICACIÓN	Factor solar	Costo de inversión (Cl)	
	Interior	Exterior			N. IRAM 11507-4		\$/m ²	
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

Para el cálculo y verificación del coeficiente de transmitancia térmica de cada una de las propuestas de reciclado para las superficies transparentes de la envolvente vertical, se elaboraron planillas en hojas de cálculo basadas en la Norma IRAM 11507-4 (Planilla 6). El material explicativo acerca de la carga de datos en la herramienta, así como la interpretación de la información que brinda la misma, se incluye en el Anexo 2: Uso de la herramienta desarrollada para el cálculo de la transmitancia térmica (K) de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.

Por otra parte, el Costo de Inversión (CI) se define como el costo necesario para realizar las mejoras tecnológico-constructivas de reciclado, incluyendo los materiales y la mano de obra, cuyos valores se establecen en relación con los precios presupuestados en el mercado local. Se plantea la elaboración de fichas, en las que se incluyeron los precios de los materiales y la mano de obra necesarios para materializar 1 m² de cada una de las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado para cada componente de la envolvente edilicia: muro, ventana y techo (Ficha 1). Para la elaboración de estas fichas se tomaron como referencia las realizadas por Rodríguez (2015 op. Cit.) para las tecnologías utilizadas en el sector residencial. Con respecto al desglose de los materiales, se incluyeron: cantidad x m²; unidad; presentación comercial; cantidad proporcional; precio unitario y precio por m². En lo que refiere a la mano de obra, se incluyeron: rendimiento;

unidad; precio unitario y precio por m². Estos precios mencionados son referenciados desde una lista de precios elaborada ad hoc, a los fines de su interrelación para las actualizaciones.

Propuesta de reciclado (I _n -A _p)					COMPONENTE MURO	
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	

Ficha 1: Ficha de precios para propuesta tecnológico-constructiva de reciclado del componente muro.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Evaluación

Para cada una de las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado de la envolvente edilicia formuladas en la etapa anterior, se plantea determinar el comportamiento higrotérmico y el Costo de Inversión (CI) asociado. Para definir cuál propuesta es la óptima, es necesario tener en consideración estos dos criterios a la vez y otros 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, 2008; Coello Coello et al., 2007; Hersh, 2006).

La metodología de evaluación multicriterio consta de las siguientes etapas:

- **Etapa 1:** Se definen los criterios relevantes acerca de los objetos o 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. A tal efecto se utiliza el criterio de dominancia de Pareto, el cual señala que una alternativa A domina (en el sentido de Pareto) a otra B, si existe al menos un criterio en que la alternativa A supera (en forma estricta) a B, y en el resto de los criterios, los valores de cada criterio de la alternativa A no “pierden” con los correspondientes de B (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 $f(N) = (N \times (N - 1)) / 2$. Esto se debe a que cada una de las N alternativas se compara con las restantes N-1. La división por 2 se debe a que comparar una alternativa “a” con otra “b” es lo mismo que comparar a la “b” con la “a” de modo que se debe contar este hecho una sola vez.

- **Etapa 4:** Se normaliza cada criterio y se reescribe la matriz anterior con valores normalizados. En este punto sólo quedan las alternativas no dominadas. Estas alternativas son todas igualmente buenas en el sentido de que no se puede decir que haya una mejor que otra. Es decir, para una alternativa dada, no existirá otra que la domine en el sentido de Pareto. 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:

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

donde MÁXIMO y MÍNIMO son los valores máximo 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

$$f(x) = (x - \text{MÍNIMO}) / (\text{MÁXIMO} - \text{MÍNIMO}) \quad [3]$$

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

- **Etapa 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 proceder a 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:

$$F(X_1, X_2, \dots, X_N) = \sum_{i=1}^N c_i \cdot X_i \quad [4]$$

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

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 $1/N$.

- **Etapa 6:** Se aplica a cada vector (cada alternativa) de la matriz con valores normalizados, la función de preferencia para obtener una calificación.
- **Etapa 7:** Se elige la mejor alternativa (la de mayor calificación) y se construye un ranking ordenando las alternativas de mayor a menor según el puntaje obtenido al aplicarles la función de preferencia. 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-constructivas resultantes para cada componente (muros, techos y ventanas), conformando nuevamente una tupla, a fin de comparar la situación de la envolvente edilicia existente o base, mencionada en el apartado 2.2.1, con la situación mejorada (Figura 11).

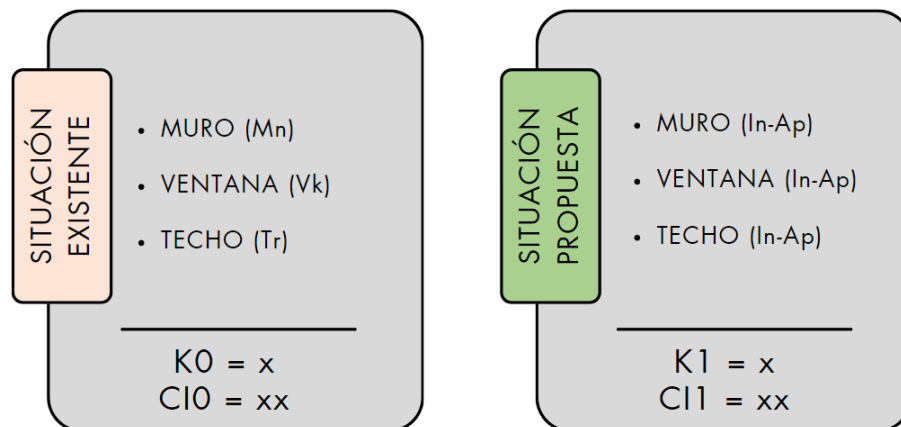


Figura 11: Comparación de situaciones existente y propuesta para un área hospitalaria determinada.
Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que en la Figura 11, K_0 es resultante del promedio de los coeficientes de transmitancia térmica de cada una de las soluciones tecnológico-constructivas 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:

$$\text{Reducción del } K_{prom} (\text{en } \%) = 100 \% - \left(\frac{K_1 \times 100\%}{K_0} \right) \quad [5]$$

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:

$$C_{\text{climatización}} = C_{\text{ocupación}} + C_{\text{iluminación}} + C_{\text{equipamiento}} + C_{\text{GAD}} + C_{\text{renovaciones}} + C_{\text{envolvente}} \quad [6]$$

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 anterior, 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 ha mejorado la eficiencia energética 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 (en TEP/año) para cada Hospital, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria analizada.

La versatilidad de la metodología desarrollada permite su aplicación por áreas hospitalarias: internación (IN), cirugía (CIR), atención ambulatoria (AA), diagnóstico y tratamiento (DyT), administración (AD), servicios auxiliares y de apoyo (SAyA) y circulaciones y baños (CyB). También se puede aplicar la metodología en otra escala de análisis (Por ejemplo, por establecimiento hospitalario), considerando cada uno de los hospitales de la red de salud en estudio (Urteche et al., 2023).

2.3 Síntesis

En este capítulo se desarrolló la metodología planteada en tres etapas, luego de haber delimitado el objeto de estudio de esta tesis: establecimientos de salud del sistema público de la MRGLP que cuentan con internación y tienen alcance regional o zonal (en el año 2018). 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 (iluminación, equipamiento y climatización) teniendo en cuenta el consumo global (establecimiento) y diferencial (área hospitalaria). 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. En la segunda etapa, se procede a proponer 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, para obtener 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 (en TEP/año) para cada Hospital, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria analizada. En el capítulo siguiente, se continuará con la aplicación de la metodología desarrollada, al objeto de estudio de la tesis.

CAPÍTULO 3

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la aplicación de las tres etapas de la metodología presentadas en el capítulo anterior (**Análisis y diagnóstico, propuesta y evaluación**) al objeto de estudio de esta tesis: **establecimientos del sistema de salud público de la MRGLP que tienen internación, con alcance regional y zonal (en el año 2018)**. Por último, se realiza una síntesis del capítulo, en la que se exponen algunas conclusiones parciales del mismo.

3.1	Análisis y diagnóstico	88
3.2	Propuesta	125
3.3	Evaluación	142
3.4	Síntesis	163

3.1 Análisis y Diagnóstico

En esta etapa, se analizó el comportamiento energético del sector salud, tomando como ejemplo el año 2018, ya que se trata de un período de funcionamiento habitual para el cual fue posible obtener información. Se estudiaron los datos productivo-sanitarios, tecnológico-constructivos y energéticos de los establecimientos del sistema de salud público de la MRGLP que tienen internación, con alcance regional y zonal. Los hospitales que cumplen los requisitos anteriores son: Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “Gral. San Martín”; Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos (HIAC) “Dr. Alejandro Korn”; Hospital Interzonal de Agudos Especializado en Pediatría (HIAEP) “Sor María Ludovica”; Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “Prof. Dr. Rodolfo Rossi”; Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “San Roque”; Hospital Interzonal Especializado de Agudos y Crónicos (HIEAC) “San Juan de Dios”; Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) “Dr. Mario V. Larrain”; Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Ricardo Gutiérrez”; Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) “Dr. Horacio Cestino” y Hospital Zonal Especializado (HZE) “Dr. Noel H. Sbarra”. Para cada uno de ellos, se obtuvieron los consumos reales anuales (TEP/año), a partir de la lectura de los medidores de electricidad y de gas natural y la información productivo-sanitaria brindada por el Ministerio de Salud de la provincia, la cual se complementó con la planimetría y el relevamiento de los establecimientos. Finalmente, los datos productivo-sanitarios, energéticos y tecnológico-constructivos de cada uno de los establecimientos del sistema de salud público de la MRGLP que tienen internación, con alcance regional y zonal, fueron sintetizados en la planilla “AyD_datos” (Ver Planillas 7, 8 y 9).

Para el completamiento del módulo de “Datos productivo-sanitarios” de la planilla “AyD_datos” (Planilla 7) se consultó el Registro Federal de Establecimientos de Salud (REFES) para el año 2019¹². Se puede observar que, a excepción del HZGA “Dr. Mario V. Larrain” (Berisso) y el HZGA “Dr. Horacio Cestino” (Ensenada), el resto de los hospitales analizados pertenecen a La Plata. Asimismo, el 60% tiene alcance interzonal. Por lo general, los hospitales analizados destinan su atención a pacientes agudos, excepto el HIEAC “Dr. Alejandro Korn”, el HZE “Dr. Noel H. Sbarra” y el HIEAC “San Juan de Dios”, que reciben también pacientes crónicos. Además, estos hospitales de agudos y crónicos se caracterizan por una especialización determinada, por ejemplo, en pediatría en el

¹²<http://datos.salud.gob.ar/dataset/listado-establecimientos-de-salud-asentados-en-el-registro-federal-refes/archivo/33569332-e0bd-4c2f-9622-7a2d40201488> consultado el 20/04/2022.

caso del “Sbarra” o en salud mental si se considera el caso del “Korn”. Por otra parte, se especificó en cada caso la tipología que figura en el SISA (Resolución 298/2011: Codificación Federal de Establecimientos de Salud)¹³. Por último, el número de camas de cada uno de los hospitales se obtuvo de la Guía de Establecimientos Asistenciales del subsector oficial del año 2013 del Ministerio de Salud de la provincia¹⁴.

ESTABLECIMIENTO		1. DATOS PRODUCTIVO-SANITARIOS					
		DEPARTAMENTO	ALCANCE	ATENCIÓN	CATEGORÍA	TIPOLOGÍA	Nº CAMAS
1	HZGA "Dr. Mario V. Larrain"	Berisso	Zonal	General	Agudos	ESCIG	87
2	HZGA "Dr. Horacio Cestino"	Ensenada	Zonal	General	Agudos	ESCIG	56
3	HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	La Plata	Zonal	Especializado	Crónicos	ESCIEP	83
4	HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	La Plata	Zonal	General	Agudos	ESCIG	98
5	HIAEP "Sor María Ludovica"	La Plata	Interzonal	Especializado	Agudos	ESCIEP	316
6	HIGA "General San Martín"	La Plata	Interzonal	General	Agudos	ESCIG	359
7	HIGA "San Roque"	La Plata	Interzonal	General	Agudos	ESCIG	158
8	HIEAC "Dr. Alejandro Korn"	La Plata	Interzonal	Especializado	Agudos y crónicos	ESCIESM	1043
9	HIEAC "San Juan de Dios"	La Plata	Interzonal	Especializado	Agudos y crónicos	ESCIG	133
10	HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi"	La Plata	Interzonal	General	Agudos	ESCIG	91

Planilla 7: Módulo de datos productivo-sanitarios de la planilla “AyD_datos”.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al módulo de “Datos tecnológico-constructivos” de la planilla “AyD_datos” (Planilla 8), se tuvo en cuenta para su completamiento el trabajo desarrollado por Czajkowski (1993 op. Cit.), en el cual se distinguieron tres tipologías hospitalarias principales: claustral, pabellonal y monobloque, de las que se derivaron algunas variantes. Se puede observar la predominancia de las tipologías “pabellonal” y “monobloque”, mientras que el HZGA “Dr. Ricardo Gutiérrez” es el único exponente de la tipología “claustral”. Por otra parte, se realizó también la cuantificación de la superficie de la envolvente vertical y horizontal en m², a partir de los planos de cada establecimiento, siendo las tipologías pabellonales (y otras, como es el caso del Htal. Sor María Ludovica), las que cuentan con la mayor superficie expuesta, tanto para la envolvente vertical como horizontal.

¹³ ESCIE – Establecimiento de Salud con Internación Especializada; ESCIEM – Establecimiento de Salud con Internación Especializada en Maternidad; ESCIEP – Establecimiento de Salud con Internación Especializada en Pediatría; ESCIESM – Establecimientos de Salud con Internación Especializada en Salud Mental; ESCIETE – Establecimientos de Salud con Internación Especializada en Tercera Edad; ESCIG – Establecimiento de Salud con Internación General.

¹⁴ <https://www.ms.gba.gov.ar/ssps/repositorio/libros/elec110.pdf> consultado el 20/04/2022.

ESTABLECIMIENTO		2. DATOS TECNOLÓGICO-CONSTRUCTIVOS		
		TIPOLOGÍA EDILICIA	ENVOLVENTE VERTICAL (MUROS + VENTANAS)	ENVOLVENTE HORIZONTAL (TECHOS)
			SUPERFICIE (m ²)	SUPERFICIE (m ²)
1	HZGA "Dr. Mario V. Larrain"	Otra	3807.32	3024.36
2	HZGA "Dr. Horacio Cestino"	Monobloque	2315.98	2110.86
3	HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	Monobloque	3026.03	2098.06
4	HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	Claustral	5305.06	4130.71
5	HIAEP "Sor María Ludovica"	Otra	20600.08	10079.43
6	HIGA "General San Martín"	Pabellonal	26319.03	27766.60
7	HIGA "San Roque"	Monobloque	5657.96	5593.13
8	HIEAC "Dr. Alejandro Korn"	Pabellonal	33282.85	37517.12
9	HIEAC "San Juan de Dios"	Pabellonal	14584.10	12361.37
10	HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi"	Monobloque	5514.37	4078.73

Planilla 8: Módulo de datos tecnológico-constructivos de la planilla "AyD_datos".
Fuente: Elaboración propia

La Figura 12 muestra, en la esquina superior de la izquierda, el HIGA "Prof. Dr. Rodolfo Rossi", que corresponde al modelo bloque basamento dentro de la tipología monobloque, el cual consiste en una separación del edificio en altura, ubicando en los primeros pisos, a modo de plataforma, las áreas con mayor movimiento del público. En la esquina superior de la derecha, se observa el HIAEP "Sor María Ludovica", que no puede encasillarse en ninguna de las tipologías reconocidas (monobloque, claustral o pabellonal), debido a que al edificio original se fueron incorporando nuevas construcciones que desconfiguraron su concepción inicial. Además, en la parte inferior de la Figura 12, se observa una planta de techos del HIEAC "Dr. Alejandro Korn", de tipología pabellonal, a la izquierda, mientras que a la derecha, se incluye una volumetría del HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez", el único de la red de salud en estudio que presenta una tipología claustral.



Figura 12: Tipologías hospitalarias identificadas en la red de salud estudiada.
Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a los datos energéticos, luego de obtener los consumos reales anuales de cada establecimiento (en TEP/año), a partir de la lectura de los medidores de electricidad y de gas natural, se aplicó la metodología MEEP (Martini 2010 op. Cit.) para conocer las necesidades energéticas tanto a nivel general de los establecimientos, como particular en cada una de sus áreas: internación (IN), cirugía (CIR), atención ambulatoria (AA), diagnóstico y tratamiento (DyT), administración (AD), servicios auxiliares y de apoyo (SAyA) y circulaciones y baños (CyB). Para ello, en primer lugar, se obtuvo del trabajo de Martini (2010 op. Cit.), el consumo energético de cada una de las áreas en kWh/día, producto de la integración de los resultados obtenidos a nivel MEEP, unidades funcionales y servicios (Figura 13). La autora comparó los resultados con los consumos reales registrados para un establecimiento estudiado como caso de aplicación, y verificó una diferencia del 13,52 %, lo cual sirvió para probar la utilidad de la metodología de integración, ya que los valores obtenidos responden a una diferencia teórico-real esperable, dada la complejidad del universo de análisis.

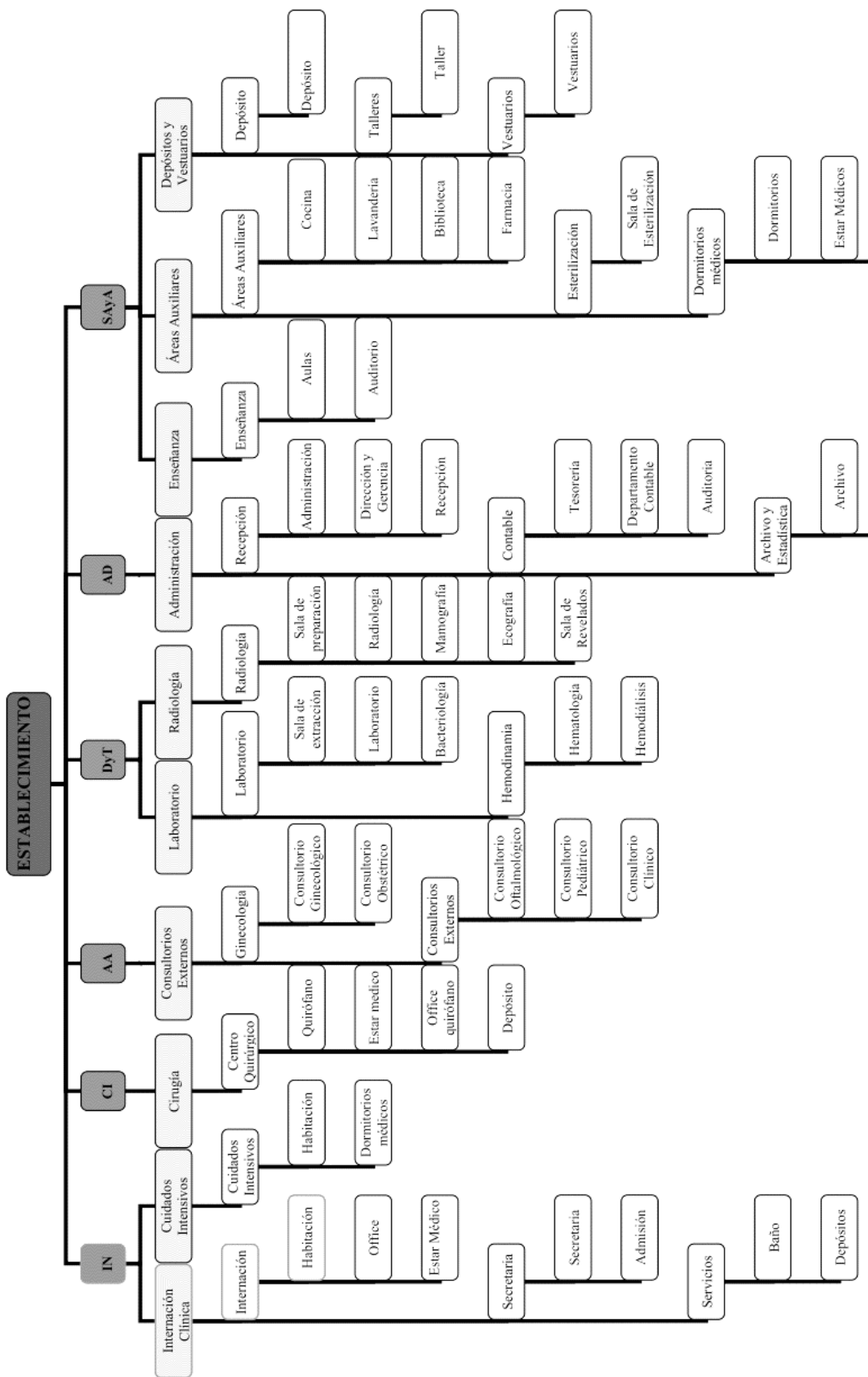


Figura 13: Integración de los niveles planteados en la metodología MEEP.
Fuente: Martini (2010 op.Cit.)

En la Tabla 7 se pueden observar los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología MEEP. Cabe señalar que en Martini 2010 op. Cit., se aplica la metodología a la misma red de salud analizada para esta tesis, la cual está conformada por los establecimientos del sistema de salud público de la MRGLP que tienen internación, con alcance regional y zonal. Ahora bien, para obtener el consumo energético por unidad de superficie de cada área hospitalaria (TEP/día.m²), en primer lugar, se realizó la conversión del consumo energético (en kWh/día) de cada una de las áreas del HIGA "Prof. Dr. Rodolfo Rossi" (caso de aplicación y verificación de la metodología MEEP) a Toneladas Equivalentes de Petróleo por día (TEP/día) y luego, se lo dividió por las respectivas superficies de cada área hospitalaria, cuantificadas a partir de los planos del establecimiento. Por último, se multiplicó este valor por 365 días para obtener el consumo energético anual por unidad de superficie de cada área hospitalaria (TEP/año.m²).

Fuente: Página 159 de Martini (2010) con corrección del consumo en el área de internación		Cuantificación realizada a partir de los planos del Htal. "Prof. Dr. Rodolfo Rossi" del año 2002			
Área Hospitalaria	CONSUMO kWh/día	CONSUMO TEP/día	SUPERFICIE m ²	CONSUMO ESPECÍFICO TEP/día*m ²	CONSUMO ANUAL TEP/año*m ²
	[1]	[2] = [1] / 11630	[3]	[4] = [2] / [3]	[5] = [4] * 365
Internación	2189.25	0.19	3808.49	0.00005	0.0180
Cirugía	808.32	0.07	1049.21	0.00007	0.0242
Atención ambulatoria	997.12	0.09	1511.91	0.00006	0.0207
Diagnóstico y Tratamiento	841.60	0.07	637.68	0.00011	0.0414
Administración	185.04	0.02	622.79	0.00003	0.0093
Servicios Auxiliares y de Apoyo	1194.44	0.10	2628.46	0.00004	0.0143
Circulaciones y Baños	707.71	0.06	1485.89	0.00004	0.0149

Tabla 7: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el consumo anual (TEP/año.m²) para cada área hospitalaria.

Fuente: Elaboración propia

El consumo energético anual por unidad de superficie de cada área en TEP/año.m² se aplicó también al resto de los hospitales del sistema de salud pública de la MRGLP considerados para obtener el consumo total y de cada área hospitalaria de los establecimientos. Los resultados muestran similitudes esperadas respecto al consumo energético real en cada caso (Gráfico 2). No obstante, cabe aclarar que los consumos obtenidos a partir de la aplicación de la metodología MEEP tienen en cuenta únicamente la climatización, el equipamiento y la iluminación, mientras que el consumo real incluye, además, los equipos electromecánicos para el funcionamiento de las bombas y ascensores, entre otros. Es por ello que el consumo energético real supera al obtenido a partir de la aplicación de la metodología MEEP, ya sea por el motivo mencionado anteriormente o bien, por la realización de actividades inusuales en algunos establecimientos. Este es el caso del Hospital Interzonal Especializado de Agudos y Crónicos (HIEAC) "Dr. Alejandro Korn", debido a

que su cocina sirve a otros establecimientos hospitalarios de la MRGLP. No obstante, de forma contraria, en algunos casos, como en el Hospital Zonal Especializado (HZE) “Dr. Noel H. Sbarra” o el Hospital Interzonal Especializado de Agudos y Crónicos (HIEAC) “San Juan de Dios”, el consumo energético obtenido a partir de la aplicación de la metodología MEEP es mayor que el consumo real, lo cual puede deberse a errores registrados con posterioridad en la cuantificación de áreas en desuso o inhabilitadas en el período estudiado.

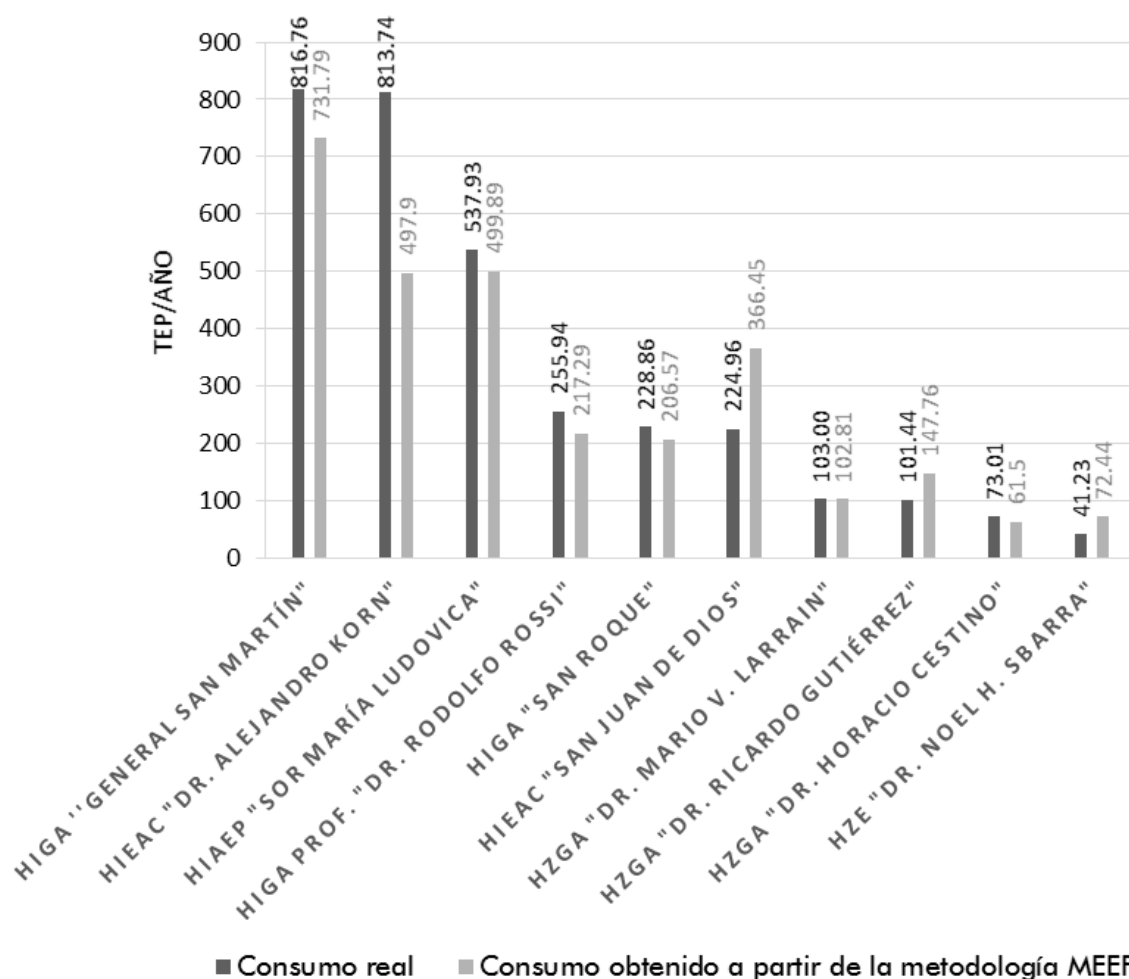


Gráfico 2: Consumos reales vs. Consumos obtenidos a partir de la aplicación de la metodología MEEP.
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el consumo de cada uno de los establecimientos desagregados por área hospitalaria, se plantea, a partir de la aplicación de la metodología MEEP, identificar y cuantificar las variables que tienen mayor incidencia en el consumo energético de cada una de las áreas. Para ello, se obtuvieron del trabajo de Martini (2010 op. Cit.) los porcentajes de participación de las variables iluminación, equipamiento y climatización en cada una de las áreas hospitalarias para, finalmente, aplicar dicho porcentaje al consumo energético anual por unidad de superficie de cada

área hospitalaria (TEP/año.m²) calculado anteriormente (Tabla 7) y determinar de esta manera, el consumo energético anual por unidad de superficie (TEP/año.m²) de iluminación y equipamiento, por un lado, y climatización, por el otro, en cada área hospitalaria (Ver Tabla 8).

Columna [5] de Tabla 7		Fuente: Martini (2010)			
Área Hospitalaria	Consumo total en TEP/año*m ² [5]	ILUMINACIÓN + EQUIPAMIENTO		CLIMATIZACIÓN	
		Participación en % [6]	Consumo en TEP/año*m ² [7] = [5]*[6] / 100	Participación en % [8]	Consumo en TEP/año*m ² [9] = [5]*[8] / 100
Internación	0.0180	14.9	0.0027	85.1	0.0154
Cirugía	0.0242	28.0	0.0068	72.0	0.0174
Atención ambulatoria	0.0207	3.8	0.0008	96.2	0.0199
Diagnóstico y Tratamiento	0.0414	57.3	0.0237	42.7	0.0177
Administración	0.0093	22.3	0.0021	77.7	0.0072
Servicios Auxiliares y de Apoyo	0.0143	58.6	0.0084	41.4	0.0059
Circulaciones y Baños	0.0149	4.7	0.0007	95.3	0.0142

Tabla 8: Aplicación de la metodología MEEP para obtener el porcentaje de los usos de iluminación, equipamiento y climatización en el consumo energético de cada área hospitalaria.

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, el módulo de “Datos energéticos” de la planilla “AyD_datos” (Planilla 9) se completó a partir de incorporar el consumo energético real anual de cada establecimiento en TEP/año (desglosado en electricidad y gas), como así también el consumo energético de cada una de sus áreas (TEP/año), obtenido a partir de la aplicación de la metodología MEEP, cuyo procedimiento fue detallado anteriormente (Ver Tabla 7). Se puede observar que en el 90% de los hospitales estudiados, el consumo de gas (en TEP/año) supera al de electricidad. Cabe señalar, además, que la cuantificación de superficies de las áreas fue realizada a partir de los planos actualizados de cada uno de los establecimientos.

ESTABLECIMIENTO	CONSUMO ENERGÉTICO REAL		3. DATOS ENERGÉTICOS															
			CONSUMO ENERGÉTICO s/MEEP															
	ELECTRICIDAD TEP/año	GAS TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año	SUP. (m²)	CONSUMO TEP/año
1 HZGA "Dr. Mario V. Larrain"	42.99	60.01	1579	28.49	375	9.07	961	19.89	461	19.09	324	3.02	1418	20.22	203	3.03		
2 HZGA "Dr. Horacio Cestino"	34.45	38.56	965	17.41	147	3.55	391	8.09	303	12.55	256	2.39	882	12.58	330	4.93		
3 HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	24.22	17.01	766	13.82	0	0	1058	21.90	273	11.31	362	3.38	1293	18.44	240	3.59		
4 HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	46.43	55.01	1654	29.84	376	9.09	2146	44.42	757	31.36	628	5.86	1067	15.22	801	11.97		
5 HIAEP "Sor María Ludovica"	343.33	194.60	6586	118.82	1875	45.33	4367	90.38	2815	116.60	1029	9.59	2860	40.79	5243	78.38		
6 HIGA "General San Martín"	356.22	460.54	6801	122.69	2668	64.50	5126	106.10	5619	232.76	1832	17.08	7134	101.74	5815	86.92		
7 HIGA "San Roque"	100.96	127.90	2724	49.15	986	23.84	1653	34.20	1201	49.73	1478	13.79	1863	26.57	621	9.29		
8 HIEAC "Dr. Alejandro Korn"	137.84	675.90	12089	218.10	400	9.67	3575	73.99	964	39.95	1709	15.94	8434	120.29	1335	19.96		
9 HIEAC "San Juan de Dios"	95.94	129.02	3748	67.62	1070	25.86	2649	54.82	2976	123.27	1468	13.69	4331	61.77	1299	19.42		
10 HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi"	97.63	158.31	3808	68.71	1049	25.37	1512	31.29	638	26.41	623	5.81	2628	37.49	1486	22.21		

Planilla 9: Módulo de datos energéticos de la planilla "AyD_datos".
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, en ocasiones, los datos por si solos no son suficientes para realizar un análisis y elaborar conclusiones, por lo que resulta necesario procesarlos, es decir, relacionarlos entre sí, aplicar cálculos y vincularlos con otras variables. Por ejemplo, anteriormente se dijo que, en las tipologías pabellonales, la superficie de envolvente es mayor que en otras tipologías, pero, si esto se analiza sólo observando los m² de superficie expuesta, sin tener en cuenta el área del Hospital (es decir, su superficie útil), se podría pensar también que esto se debe al tamaño de este. Es por este motivo que resulta interesante analizar el factor de forma, el F.A.E.P, o bien, relacionar la superficie de envolvente con un indicador hospitalario específico como el número de camas. Para ello, en la misma hoja de cálculo que la planilla "AyD_datos" (Planillas 7, 8 y 9) se configuró la planilla "AyD_procesamiento de datos" (Planilla 10), que contiene expresiones que relacionan las variables energo-productivas, a partir de la carga de los datos productivo-sanitarios, energéticos y tecnológico-constructivos de la planilla "AyD_datos".

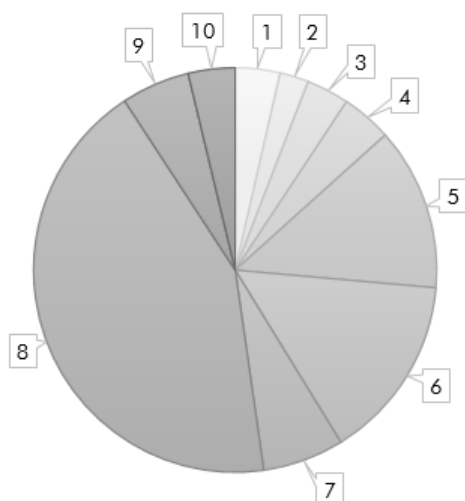
A partir del procesamiento de los datos, en la Planilla 10 se obtuvieron: el porcentaje de participación relativa de cada establecimiento en la red de salud analizada, según su número de camas o su consumo energético real anual; el consumo energético real anual para cada establecimiento (TEP/año); la relación entre el consumo energético real anual y la cantidad de camas de cada establecimiento (TEP/año/cama), así como la relación entre el consumo energético real anual y la superficie construida de cada establecimiento (TEP/año/m²); el consumo energético de las variables iluminación, equipamiento y climatización para cada una de las áreas hospitalarias (TEP/año); el porcentaje de participación relativa que las áreas hospitalarias tienen en cada establecimiento de acuerdo a su consumo energético; el consumo total anual en climatización (TEP/año) 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 (m²) y, por último, el índice que relaciona la superficie de envolvente con el número de camas (Sartorio y Evans 2000 op. Cit.). Al igual que en el REFES, el procesamiento de los datos puede visualizarse de forma gráfica para facilitar la comprensión de estos.

Cabe aclarar que, en las columnas de la Planilla 10 que incluyen porcentajes (%) o índices, como es el caso del índice del consumo energético/cama (columna 4) y del índice del consumo energético/m² (columna 5), así como la participación de cada área según el consumo energético (columna 6), el peso del consumo de climatización en el consumo energético total teórico (columna 8) y el índice de la superficie de envolvente/cama (columna 11), los valores totales no se calculan porque no aportan ningún dato relevante. En su lugar, en la Planilla 10 se utiliza la abreviación N/C (no corresponde).

En la Planilla “AyD_procesamiento de datos” (Planilla 10) y en el Gráfico 3, se puede observar que, al analizar la participación relativa de cada establecimiento en la red de salud del sistema público de la MRGLP de acuerdo con su número de camas, el HIEAC “Dr. Alejandro Korn” (octavo en la lista) representa aproximadamente un 40 % del conjunto (1043 camas). Este es un número significativo si se tiene en cuenta que la media es de 243 camas, y esto se debe a su carácter de hospital destinado a la atención de pacientes crónicos. Por otra parte, el HIGA “San Roque” (séptimo en la lista) y el HIAEP “Sor María Ludovica” (quinto en la lista), que representan alrededor del 7 % y 13 % del conjunto, son los más cercanos a la media con 158 y 316 camas, respectivamente.

Por otro lado, si se tiene en cuenta la participación relativa de cada establecimiento en la red de salud analizada de acuerdo con su consumo energético real, en el Gráfico 4 se puede observar que tanto el HIEAC "Dr. Alejandro Korn" (octavo en la lista) como el HIGA "General San Martín" (sexto en la lista) representan alrededor del 25 % del conjunto, con un consumo aproximado de 800 TEP/año. Un consumo menor, pero también significativo, es el del HIAEP "Sor María Ludovica" (quinto en la lista) que tiene una participación en la red estudiada de alrededor del 17% y un consumo energético de 538 TEP/año. Estos hospitales tienen una elevada participación en el conjunto de acuerdo con su consumo energético real, teniendo en cuenta que la participación media es del 10 %, equivalente a 320 TEP/año, sobre un consumo energético de alrededor de 3200 TEP/año para el total de la red. Se puede observar que el HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi" (el décimo de la lista), con una participación del 8% y un consumo energético de 256 TEP/año, está próximo al valor medio.

PARTICIPACIÓN SEGÚN NÚMERO DE CAMAS



Referencias

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 HZGA "Dr. Mario V. Larrain" | 6 HIGA "General San Martín" |
| 2 HZGA "Dr. Horacio Cestino" | 7 HIGA "San Roque" |
| 3 HZE "Dr. Noel H. Sbarra" | 8 HIEAC "Dr. Alejandro Korn" |
| 4 HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez" | 9 HIEAC "San Juan de Dios" |
| 5 HIAEP "Sor María Ludovica" | 10 HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi" |

Gráfico 3: Porcentaje de participación de cada hospital de la red según su número de camas.
Fuente: Elaboración propia

PARTICIPACIÓN SEGÚN CONSUMO ENERGÉTICO

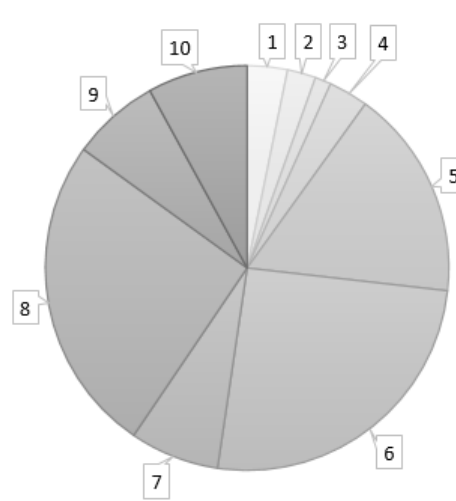


Gráfico 4: Porcentaje de participación de cada hospital de la red según su consumo energético.
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, si se analiza la relación entre el consumo energético real anual y la cantidad de camas de cada establecimiento (TEP/año/cama), en el Gráfico 5 se observa que el índice más alto corresponde al HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi" (décimo de la lista) con 2.81 TEP/año/cama, aunque

no se aleja tanto del HIGA “General San Martín” (sexto en la lista) con 2.28 TEP/año/cama. Por otra parte, los hospitales que tienen una relación entre el consumo energético real anual y la cantidad de camas más cercana al promedio (1.47 TEP/año/cama) son el HIGA “San Roque” (séptimo en la lista) con 1.45 TEP/año/cama y el HZGA “Dr. Horacio Cestino” (segundo en la lista) con 1.30 TEP/año/cama.

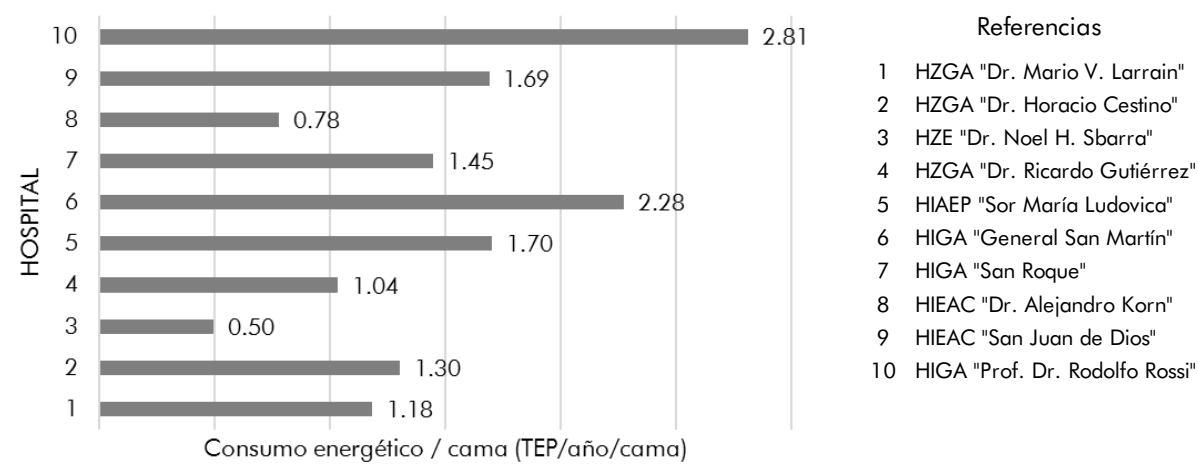


Gráfico 5: Relación entre el consumo energético real anual y la cantidad de camas de cada hospital.
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, si se estudia la relación entre el consumo energético real anual y la superficie de cada establecimiento (TEP/año/m²), en el Gráfico 6, se puede ver que el índice más alto corresponde al HIEAC “Dr. Alejandro Korn” (octavo en la lista) con 0.0285 TEP/año/m². Luego, le siguen el HIGA “General San Martín” (sexto en la lista) con 0.0233 TEP/año/m² y el HZGA “Dr. Horacio Cestino” (segundo en la lista) con 0.0223 TEP/año/m². En función de lo expuesto, se observa que el HIGA “General San Martín” (sexto en la lista) presenta ambos índices (consumo energético/cama y consumo energético/m²) elevados en relación con el conjunto. Asimismo, el hospital que presenta la relación entre el consumo energético real anual y la superficie más cercana al promedio (0.0196 TEP/año/m²) es el HZGA “Dr. Mario V. Larrain” (primero en la lista) con 0.0194 TEP/año/m².

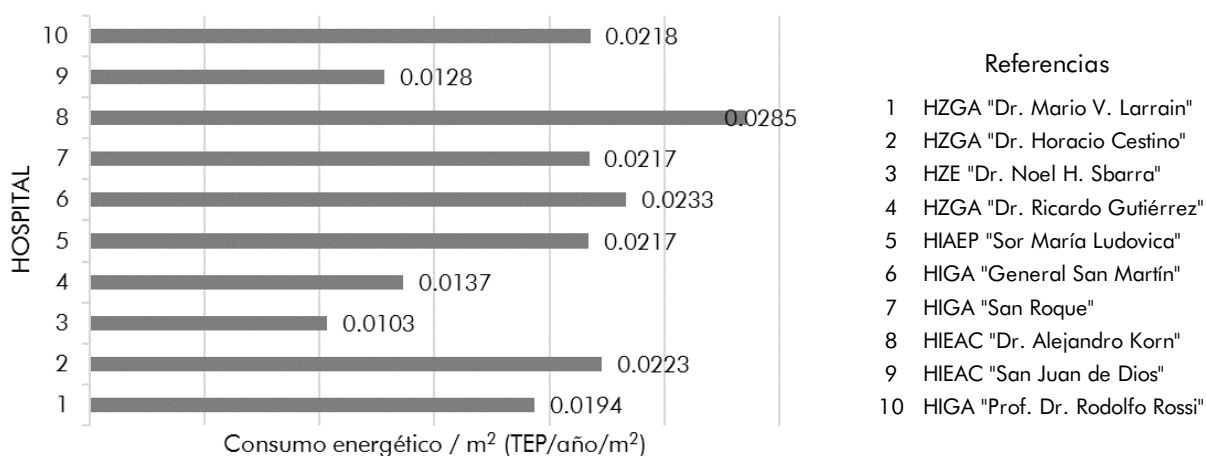
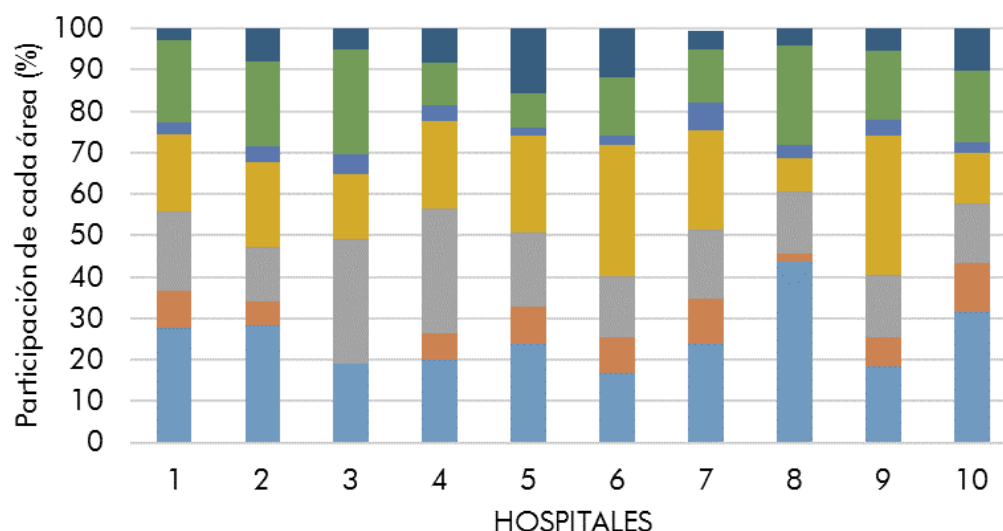


Gráfico 6: Relación entre el consumo energético real anual y la superficie de cada hospital.
Fuente: Elaboración propia

En otra escala de análisis, se estudió la participación de las áreas hospitalarias en cada establecimiento de acuerdo con su consumo energético (Gráfico 7). Se observa que, en la mitad de los establecimientos estudiados: HZGA "Dr. Mario V. Larrain" (primero en la lista), HZGA "Dr. Horacio Cestino" (segundo en la lista), HIAEP "Sor María Ludovica" (quinto en la lista), HIEAC "Dr. Alejandro Korn" (octavo en la lista) e HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi" (décimo en la lista), el área de internación (IN) es la que tiene mayor peso en el consumo energético, con un promedio de participación en los hospitales del 25%. Asimismo, en el HIGA "San Roque" (séptimo en la lista), las áreas de internación y diagnóstico y tratamiento (DyT), tienen participaciones muy similares (24 % aproximadamente). En el HIGA "General San Martín" (sexto en la lista) y el HIEAC "San Juan de Dios" (noveno en la lista), el área que tiene mayor peso es diagnóstico y tratamiento, con una participación promedio en los hospitales de la red del 21%. Por último, en el HZE "Dr. Noel H. Sbarra" (tercero en la lista) y en el HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez" (cuarto en la lista), el área de atención ambulatoria (AA) es la que tiene mayor peso en el consumo energético, con una participación promedio en los hospitales del 19%.



Referencias

1	HZGA "Dr. Mario V. Larrain"	6	HIGA "General San Martín"	■	INTERNACIÓN
2	HZGA "Dr. Horacio Cestino"	7	HIGA "San Roque"	■	CIRUGÍA
3	HZE "Dr. Noel H. Sbarra"	8	HIEAC "Dr. Alejandro Korn"	■	ATENCIÓN AMBULATORIA
4	HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	9	HIEAC "San Juan de Dios"	■	DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO
5	HIAEP "Sor María Ludovica"	10	HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi"	■	ADMINISTRACIÓN
				■	SERVICIOS AUXILIARES Y DE APOYO
				■	CIRCULACIONES Y BAÑOS

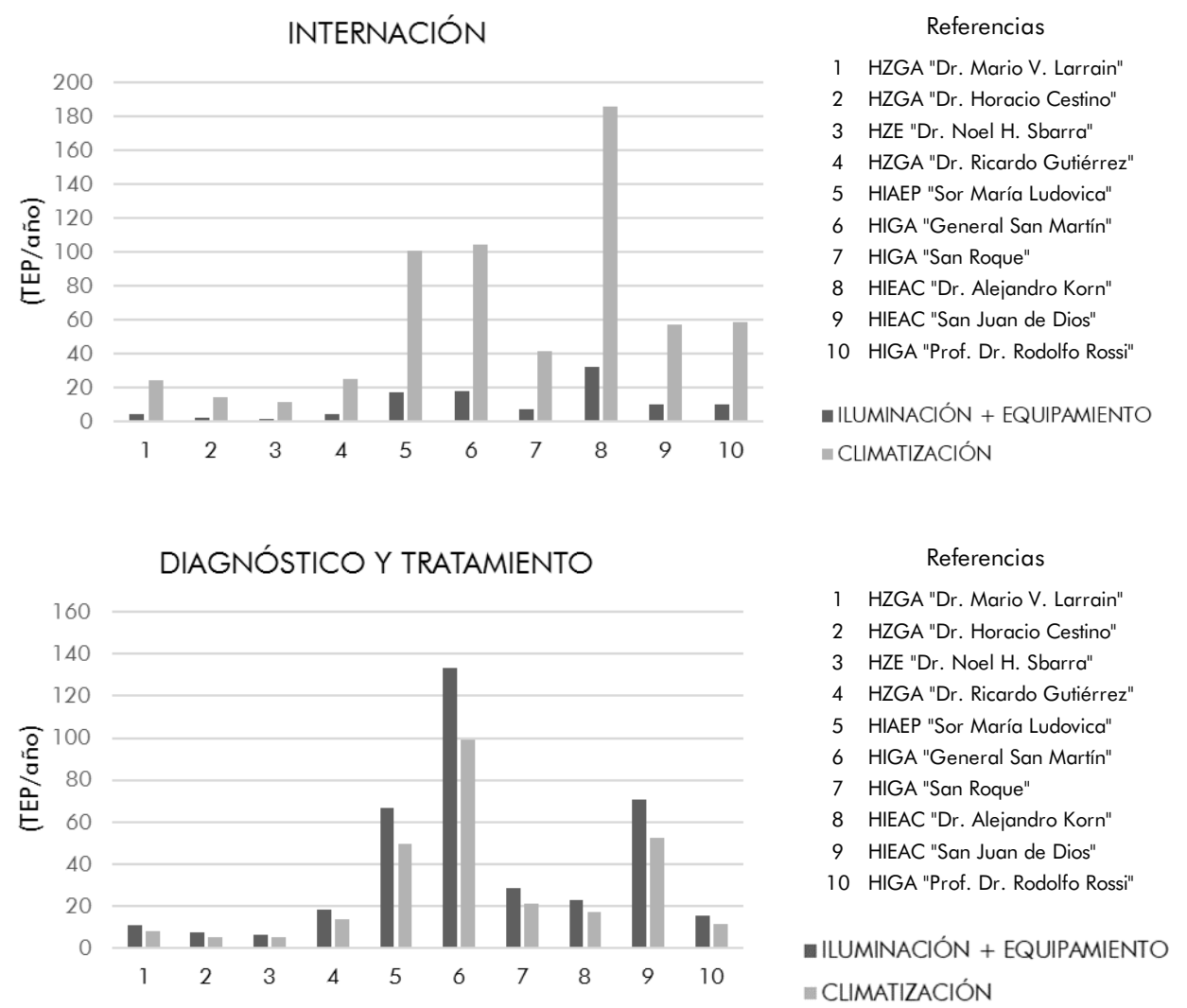
Gráfico 7: Porcentaje de participación en el consumo energético de cada área de un hospital obtenido a partir de la planilla "AyD_procesamiento de datos".

Fuente: Elaboración propia

En la Planilla "AyD_procesamiento de datos" (Planilla 10) se observa que, el área de internación tiene un consumo energético total (según MEEP) de 734.65 TEP/año (con un consumo promedio de 73.47 TEP/año por hospital), por lo que tiene una participación de más del 25 % en la red de salud en estudio. El siguiente es el área de diagnóstico y tratamiento, con un consumo total de 663.03 TEP/año (consumo promedio por hospital = 66.30 TEP/año) y una participación en la red del 23 %. En tercer lugar, el área hospitalaria de atención ambulatoria presenta un consumo energético total de 485.08 TEP/año (consumo promedio por hospital = 48.51 TEP/año), lo cual significa un 17 % del consumo energético de la red.

Por otra parte, en el Gráfico 8, se observan las variables que tienen mayor incidencia en el consumo energético (iluminación, equipamiento y climatización) de cada una de las áreas hospitalarias mencionadas precedentemente, en cada establecimiento de la red en estudio. Se puede ver que, en el área de internación (que como se mencionó anteriormente, es la que tiene mayor participación en cuanto al consumo energético en la mitad de los establecimientos

estudiados), la variable que tiene mayor incidencia es la climatización. En el área de diagnóstico y tratamiento, en cambio, las variables que tienen mayor participación son iluminación y equipamiento. Por último, en el área de atención ambulatoria, al igual que en internación, climatización es la variable con mayor incidencia en el consumo energético. En consecuencia, el consumo por climatización de la red de salud de la MRGLP es 2036.94 TEP/año, con una participación en el consumo energético total de la red (teórico) mayor al 64 % en todos los hospitales, con un peso promedio de 70% (203.69 TEP/año).



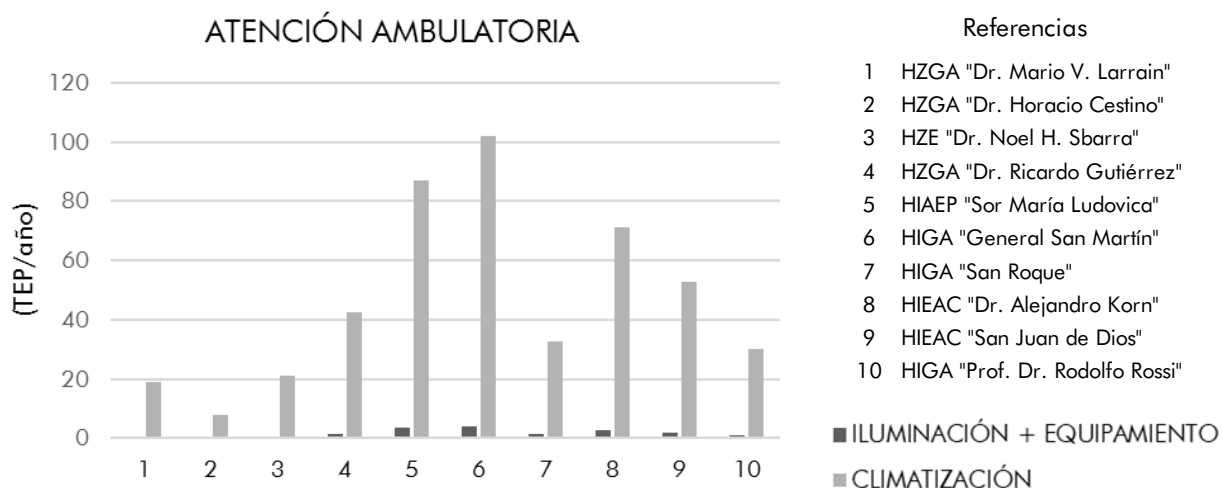


Gráfico 8: Consumo energético teórico por usos en las áreas hospitalarias de internación, diagnóstico y tratamiento y atención ambulatoria.
Fuente: Elaboración propia

El consumo de climatización está directamente vinculado a los m² de superficie de envolvente edilicia, así como a las características técnico-constructivas de la misma. Por lo tanto, en una primera etapa, además de cuantificar la superficie de envolvente vertical y horizontal en cada caso, se utilizó un índice que relaciona la envolvente con el número de camas (Sartorio y Evans 2000 op. Cit.) de cada establecimiento. En el Gráfico 9, se puede observar que el HIEAC "San Juan de Dios" (novenio en la lista) presenta el índice más alto (202.60) y luego, le sigue el HIGA "General San Martín" (sexto en la lista), con 150.66. Posiblemente esto se deba a que, ambos hospitales corresponden a tipologías pabellonales, en las que la superficie expuesta es mayor que en otros casos, tanto para la envolvente vertical como horizontal. Por otra parte, el valor medio del índice envolvente / número de camas es de 101.04 (Ver Planilla 10) y los hospitales que presentan valores más cercanos a este promedio son el HIGA Prof. "Dr. Rodolfo Rossi" (décimo en la lista) con 105.42, el HIAEP "Sor María Ludovica" (quinto en la lista) con 97.09 y el HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez" (cuarto en la lista) con 96.28 (Gráfico 9).

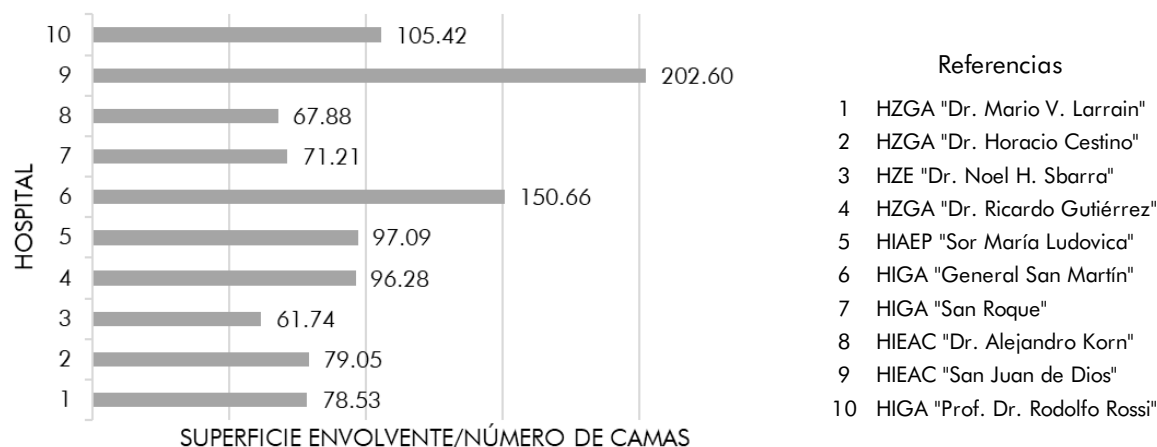


Gráfico 9: Valores del índice que relaciona la superficie de la envolvente con el número de camas, para cada hospital.

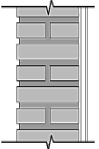
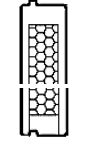
Fuente: Elaboración propia

Concluido el análisis energético, se realizó un diagnóstico de la envolvente edilicia existente, para lo cual se estudiaron la planimetría y los legajos técnicos brindados por el Ministerio de Salud de la provincia y se realizaron relevamientos in-situ de los establecimientos, con el objetivo de reconocer en cada uno de ellos, las soluciones tecnológico-constructivas de base de la envolvente edilicia existente. A partir de las soluciones tecnológico-constructivas relevadas, tanto para la envolvente edilicia horizontal (techos) como para la envolvente edilicia vertical, en sus superficies opacas (muros) y transparentes (ventanas), se elaboró el catálogo llamado "Envolvente existente". En este catálogo, realizado en una hoja de cálculo, se sintetizaron los sistemas constructivos relevados, el comportamiento térmico-energético asociado y la verificación del cumplimiento de la normativa de acondicionamiento higrotérmico vigente: nivel B de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno y verano (tal como exige la Ley N° 13.059) y la Norma IRAM 11625 (riesgo de condensación superficial e intersticial) para la envolvente edilicia opaca y la Norma IRAM 11507-4 en el caso de la envolvente edilicia transparente.

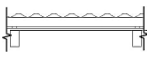
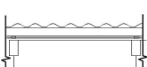
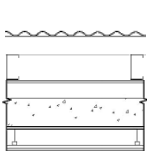
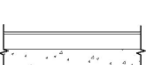
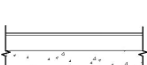
En las planillas correspondientes a la envolvente horizontal y vertical opaca (Catálogos 7 y 8), se incluyó un esquema de la solución constructiva relevada; el sistema constructivo empleado así como la descripción del mismo con cada uno de sus componentes; el coeficiente de transmitancia térmica (K) calculado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ mediante la hoja de cálculo CEEMACON.xls y por último, las verificaciones correspondientes: nivel B de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno y verano (tal como exige la Ley N° 13.059) y la Norma IRAM 11625 (riesgo de condensación superficial e intersticial).

En la planilla “Envolvente vertical opaca: muros” del catálogo “Envolvente existente” (Catálogo 7), se destacan las soluciones tecnológico-constructivas compuestas por ladrillo cerámico macizo (o “ladrillo común”) y las de bloques cerámicos huecos no portantes. Además, se puede observar que las soluciones tecnológico-constructivas relevadas no verifican el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno ($0,93 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059, con excepción del panel de hormigón prefabricado. Asimismo, algunos de los sistemas constructivos relevados sí verifican el nivel C (mínimo) de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno ($1,63 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), como por ejemplo los muros de ladrillo común (cerámico macizo) revocados en ambas caras de 0,42 m de espesor y los de ladrillo hueco (cerámico portante/no portante) revocados en ambas caras de 0,22 m de espesor. Además, en estas soluciones tecnológico-constructivas, no existe riesgo de condensación superficial según Norma IRAM 11625. En el caso de un muro de ladrillo común (cerámico macizo) revocado en ambas caras de 0,42 m de espesor, tampoco existe riesgo de condensación intersticial. En el caso que este muro sólo tenga la cara interior revocada y la exterior vista, se observa que, si bien no verifica el nivel C de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno, no existe riesgo de condensación superficial ni intersticial según Norma IRAM 11625.

En cuanto al componente techo (Catálogo 8), se puede establecer una diferenciación según sea inclinado o plano. Entre los techos inclinados, se destacan principalmente los de chapa ondulada de hierro galvanizado, ampliados también a techos de tejas en sus versiones curvas y planas. Con respecto a los techos planas, los más frecuentes son los de losa llena. Asimismo, cada una de estas opciones cuenta por lo general, con cielorraso suspendido. En la planilla “Envolvente horizontal: techos” del catálogo “Envolvente existente” (Catálogo 8), se puede observar que las soluciones tecnológico-constructivas relevadas no verifican el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de verano ($0,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. No obstante, se evidencia que, en las soluciones tecnológico-constructivas que se incorpora aislación térmica, ya sea en el caso del techo de chapa o de la losa de hormigón armado, se verifica el nivel C (mínimo) de la Norma IRAM 11605 para condición de verano ($0,76 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). Además, en estos casos, no existe riesgo de condensación superficial ni intersticial según Norma IRAM 11625.

COMPONENTE: MURO					
ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	Transmitancia térmica K (W/m ² °C)	VERIFICACIONES		
			Nivel B N. IRAM 11605 (invierno)	N. IRAM 11625 riesgo de condensación	
				superficial	intersticial
M1 Λ					
	Revoque interior grueso y fino a la cal + ladrillo común (cerámico macizo) 12x5x25 cm aprox. + azotado hidrófugo + revoque exterior grueso y fino a la cal = 0.30 m	2.05	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
M2 Λ					
	Revoque interior grueso y fino a la cal + ladrillo común (cerámico macizo) 12x5x25 cm aprox. + azotado hidrófugo + revoque exterior grueso y fino a la cal = 0.42 m	1.61	NO VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA
M3 Λ					
	Revoque interior grueso y fino a la cal + ladrillo común (cerámico macizo) 12x5x25 cm aprox. a la vista = 0.27 m	2.15	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
M4 Λ					
	Revoque interior grueso y fino a la cal + ladrillo común (cerámico macizo) 12x5x25 cm aprox. a la vista = 0.40 m	1.67	NO VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA
M5 Λ					
	Revoque interior grueso y fino a la cal + ladrillo hueco (cerámico no portante) 18x18x33 cm + azotado hidrófugo + revoque exterior grueso y fino a la cal = 0.22 m	1.61	NO VERIFICA	NO CONDENSA	CONDENSA
M6 Λ					
	Panel piezas lisas de hormigón premoldeado con capa de 9 cm de material aislante térmico (EPS) en su interior = 0.16 m	0.36	VERIFICA	NO CONDENSA	CONDENSA

Catálogo 7: Envolvente existente: componente muros.
Fuente: Elaboración propia

COMPONENTE: TECHO							
ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	Transmitancia térmica K (W/m ² °C)		VERIFICACIONES			
		Verano	Invierno	Nivel B N. IRAM 11605		N. IRAM 11625 riesgo de condensación	
				Verano	Invierno	superficial	intersticial
T1 Λ							
	Estructura de tirantería de madera, machimbre de 3/4", membrana de aislación hidrófuga, listones y clavaderas, chapa ondulada de hierro galvanizado. No hay cielorraso suspendido.	3.02	3.83	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
T2 Λ							
	Estructura de tirantería de madera, machimbre de 3/4", membrana de aislación hidrófuga, listones y clavaderas, chapa ondulada de hierro galvanizado. Enlucido de yeso sobre metal desplegado con armazón de madera para cielorraso suspendido.	1.77	2.35	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
T3 Λ							
	Estructura de tirantería de madera, machimbre de 3/4", membrana de aislación hidrófuga, listones y clavaderas, fieltro de lana de vidrio 50 mm, chapa ondulada de hierro galvanizado. Enlucido de yeso sobre metal desplegado con armazón de madera para cielorraso suspendido.	0.57	0.61	NO VERIFICA	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA
T4 Λ							
	Chapa ondulada de hierro galvanizado sobre estructura metálica por encima de losa maciza de hormigón armado (esp. 10 cm) + contrapiso de cascote (esp. 6 cm) + carpeta de concreto c/pendiente (esp. aprox. 5 cm) + capa aisladora y terminación. Enlucido de yeso aplicado sobre metal desplegado con armazón de madera para cielorraso suspendido.	1.32	1.58	NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO CONDENSA	CONDENSA
T5 Λ							
	Estructura de tirantería de madera, machimbre de 3/4", membrana de aislación hidrófuga, listones y clavaderas, teja curva. Enlucido de yeso sobre metal desplegado con armazón de madera para cielorraso suspendido.	1.69	2.21	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
T6 Λ							
	Estructura de tirantería de madera, machimbre de 3/4", membrana de aislación hidrófuga, listones y clavaderas, teja plana. Enlucido de yeso sobre metal desplegado con armazón de madera para cielorraso suspendido.	1.69	2.22	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
T7 Λ							
	Losa maciza de hormigón armado (esp. 10 cm) + contrapiso de cascote (esp. 6 cm) + carpeta de concreto c/pendiente (esp. aprox. 5 cm) + capa aisladora y terminación. Enlucido de yeso aplicado bajo losa.	2.38	2.85	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
T8 Λ							
	Losa maciza de hormigón armado (esp. 10 cm) + contrapiso de cascote (esp. 6 cm) + carpeta de concreto c/pendiente (esp. aprox. 5 cm) + capa aisladora y terminación. Enlucido de yeso aplicado sobre metal desplegado con armazón de madera para cielorraso suspendido.	1.66	2.16	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA
T9 Λ							
	Losa maciza de hormigón armado (esp. 10 cm) + pintura asfáltica + EPS (2 cm) + contrapiso de cascote c/ pendiente (esp. aprox. 8 cm) + carpeta de concreto (esp. 3 cm) + capa aisladora y terminación. Cielorraso suspendido de placas de yeso.	0.69	0.75	NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA

Catálogo 8: Envolvente existente: componente techos. Fuente: Elaboración propia

En síntesis, se puede observar que, tanto en la envolvente vertical opaca (muros) como en la envolvente horizontal (techos), existe un gran potencial de mejora de las soluciones tecnológico-constructivas existentes, en pos del cumplimiento de los parámetros mínimos de acondicionamiento higrotérmico exigidos por las normativas vigentes lo que implicaría, en consecuencia, el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad.

Se utilizó la hoja de cálculo CEEMACON.xls desarrollada por el CEEMA (FAU-UNT) para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K) y del riesgo de condensación superficial e intersticial de la envolvente edilicia vertical opaca y horizontal, así como para la verificación del cumplimiento de las Normas IRAM 11605 (Nivel B) y 11625 respectivamente, exigidas por la Ley N° 13.059 (Planillas 11 y 12). Cabe aclarar que, en la planilla para la verificación de K, se puede observar que el Nivel B exigido por la Ley N° 13.059 es el “K recomendado”. Para el componente techo, nótese que en la pestaña “CAPAS” de la hoja de cálculo CEEMACON.xls, la resistencia superficial interior (R.S.I.) que aparece por defecto es la correspondiente a la condición de invierno (0,10 m².K/W), pero en la pestaña “VERIFICA”, se corroboró que el coeficiente de transmitancia térmica K para la condición de verano, haya sido calculado con la R.S.I. correspondiente (0,17 m².K/W). Se pueden consultar las planillas correspondientes a cada una de las soluciones tecnológico-constructivas relevadas en el Anexo 1: Uso de hoja de cálculo para la verificación del comportamiento higrotérmico de la envolvente edilicia opaca.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE	
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO VERIFICA	SUPERFICIAL	NO VERIF.
							RECOMEN.	NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO VERIFICA	INTERSTICIAL	NO VERIF.
							ECOLOGICO	NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO VERIFICA	NO VERIF.
N° Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m ² .K/W	Peso Espec. Kg/m ³	Peso Unit. Kg/m ²	Permeabilidad g/m.h.KPa	Permeancia g/m ² .h.kPa	Resist. vapor tot. m ² .h.kPa/g	Presión vapor kN/m ²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM		1.75	15.17	15.30
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.58	14.04	13.86
2	LADRILLO COMÚN	0.2500	0.910	0.275	1800	450.0	0.080		3.13	0.45	-0.40	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:		0.270		Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.			
				0.466	2.145	488.00			3.580			

Planilla 11: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial del muro M3.

Fuente: Hoja de cálculo CEEMACON.xls

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K S/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL		NO VERIF.	
							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL		NO VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permeabilidad g/m.h.kPa	Permeancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
AIRE INTERIOR			Ver Planilla CONDUC		0.100		Ver Planilla PERM		Ver Planilla PERM		1.75	22.00
R.S.I.											1.75	17.06
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.72	15.66	15.12
2	Ático - Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.63	5.28	14.28
3	Machimbre	0.0220	0.190	0.116	500	11.0	0.023		0.96	1.51	-0.44	13.21
4	Membrana hidrófuga	0.0003	0.170	0.002	322	0.1		0.1140	8.77	0.45	-0.52	-3.81
5	Chapa galvanizada									0.45	-2.50	
11										0.45	-2.50	
R.S.E.					0.040						0.45	-2.50
AIRE EXTERIOR											0.45	-2.50
Espesor Total:			0.535		Res.Ter.Tot. K=1/Rt		Peso Total		Resis.paso vapor tot.			
					0.496		2.016		23.60		10.706	

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	1.77	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 12: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial del techo T2.

Fuente: Hoja de cálculo CEEMACON.xls

Por otra parte, las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria, que poseen elevadas demandas de climatización, se caracterizan por tener mayores superficies vidriadas, generando pérdidas térmicas por renovaciones de aire y por envolvente. En la planilla correspondiente a la envolvente vertical transparente del catálogo "Envolvente existente" (Catálogo 9) se incluyó 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 en W/m².°C; la verificación a la Norma IRAM 11507-4 y, por último, el factor de exposición solar.

En el Catálogo 9, se puede observar que sólo las ventanas que poseen protección solar exterior: cortina de enrollar o postigos de madera, metal, PVC o aluminio, verifican la Norma IRAM 11507-4. Sin embargo, se debe tener en cuenta que no se está contemplando el grado de deterioro en el que se encuentran tanto las carpinterías como las protecciones solares interiores y exteriores.

COMPONENTE: VENTANA							
ESQUEMA	DESCRIPCIÓN	PROTECCIÓN SOLAR		MATERIALIDAD MARCO y HOJA	TRANSMITANCIA TÉRMICA (K) W/m ² °C	VERIFICACIÓN N. IRAM 11507-4	FACTOR SOLAR
		Interior	Exterior				
V1 Λ							
	Marco y hoja de madera, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	NO	Madera	4.16	No clasifica	0.84
V2 Λ							
	Marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	NO	Chapa	5.06	No clasifica	0.84
V3 Λ							
	Marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	NO	Aluminio sin RPT	5.06	No clasifica	0.84
V4 Λ							
	Marco y hoja de madera, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	SI (cortina de enrollar o postigos)	Madera	2.53	K4	0.18
V5 Λ							
	Marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	SI (cortina de enrollar o postigos)	Chapa	2.84	K4	0.18
V6 Λ							
	Marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	SI (cortina de enrollar o postigos)	Aluminio sin RPT	2.84	K4	0.18
V7 Λ							
	Marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	SI (parasol horizontal fijo/vertical móvil)	Chapa	5.06	No clasifica	0.40 h 0.25 v
V8 Λ							
	Marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	SI (parasol horizontal fijo/vertical móvil)	Aluminio sin RPT	5.06	No clasifica	0.40 h 0.25 v
V9 Λ							
	U glass simple	NO	NO	Aluminio	5.60	No clasifica	0.84

Catálogo 9: Envoltente existente: componente ventanas.
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del comportamiento energético de las ventanas, a partir del cálculo del coeficiente de transmitancia térmica y del factor solar, se desarrolló una herramienta que facilitó y automatizó

las operaciones y verificaciones necesarias. Esta consiste en una planilla elaborada en una hoja de cálculo, la cual tiene en cuenta las Normas IRAM vigentes (Planilla 13). El material explicativo acerca de la carga de datos en la herramienta, así como la interpretación de la información que brinda la misma, se incluye en el Anexo 2: Uso de la herramienta desarrollada para el cálculo de la transmitancia térmica (K) de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado ($\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)		Nivel IRAM 11507-4
2.84		FS*
		K4
		0.18
Medidas abertura en (m)**		
alto ò	ancho ò	Superficie total (m^2) ò
1.60	1.60	2.56
Material marco:		Aluminio sin RPT
K marco ($\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$):		6.02
Superficie marco (m^2):		0.77
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio ($\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m^2):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Cortina de enrollar de madera, metálicas, de PVC o aluminio
Resistencia (R) protección solar exterior:		0.155
*FS = Factor Solar		
**En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 13: Planilla para la verificación de K y factor solar de la ventana V6.
Fuente: Elaboración propia

Además, para completar el estudio, se realizaron tomas termográficas de la envolvente edilicia vertical desde el exterior de algunos de los establecimientos, por ejemplo, del HIGA “San Roque” con el objetivo de detectar posibles puentes térmicos (Figuras 14 y 15).

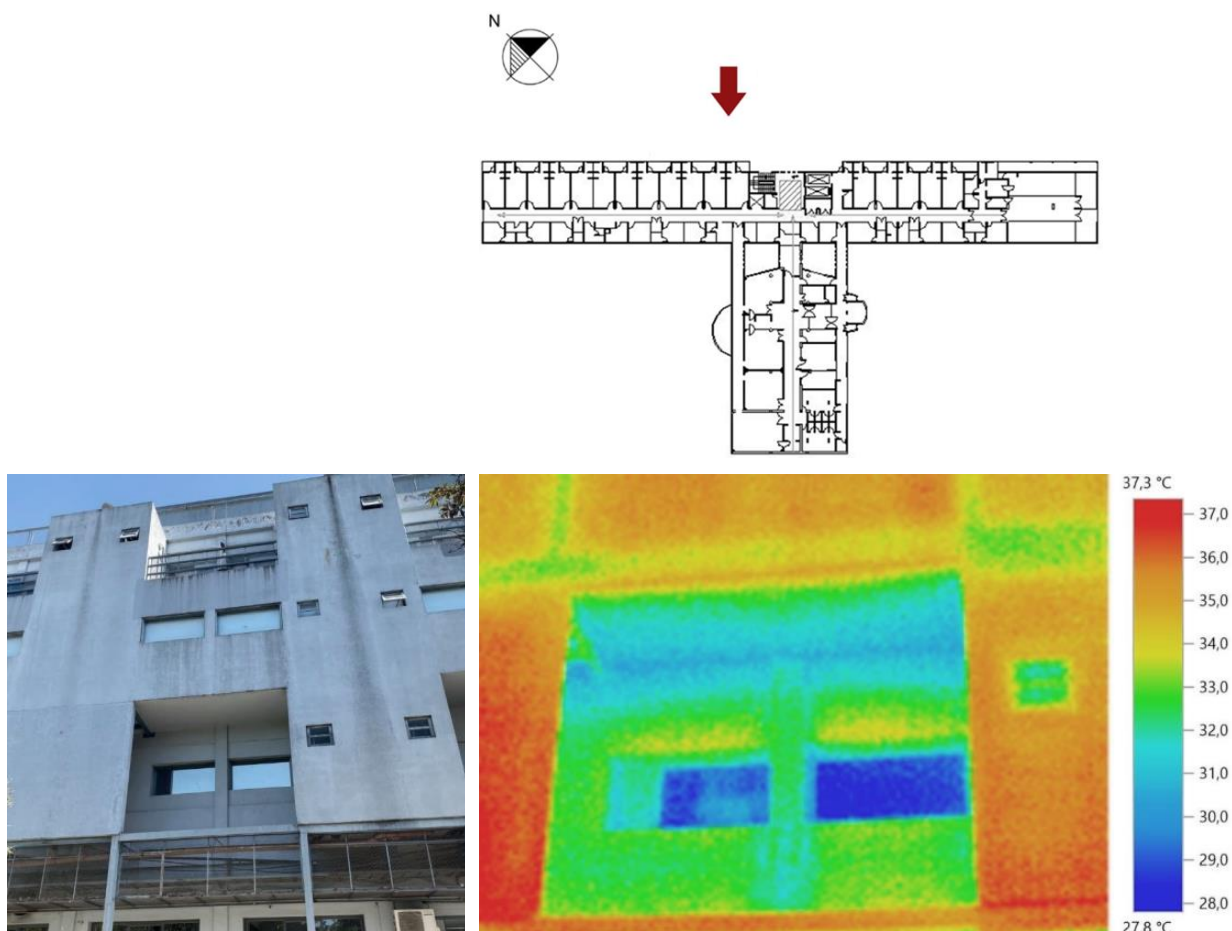


Figura 14: Imagen termográfica del área de internación del HIGA "San Roque" (orientación norte).
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14, se incluyó una imagen termográfica del lado exterior del área de internación del HIGA "San Roque" (orientación norte/noreste). Se puede observar la diferencia de temperatura entre la estructura de hormigón armado (columnas y vigas), la envolvente vertical opaca conformada por los muros de ladrillo cerámico hueco (M5 del Catálogo 7) y la envolvente vertical transparente caracterizada por carpinterías de chapa con vidrio simple con cortina de enrollar (V5 del Catálogo 9). Asimismo, la presencia de puentes térmicos se hace aún más evidente en la imagen termográfica desde la orientación sur/sureste del área de internación del HIGA "San Roque" (Figura 15). En La Norma IRAM 11605, se establece que la transmitancia térmica correspondiente a un puente térmico no debe ser mayor que el 50 % del valor de la transmitancia térmica del muro opaco. En el caso de que los puentes térmicos lineales se encuentren a una distancia menor o igual que 1.7 m, deberá reducirse este porcentaje al 35%.

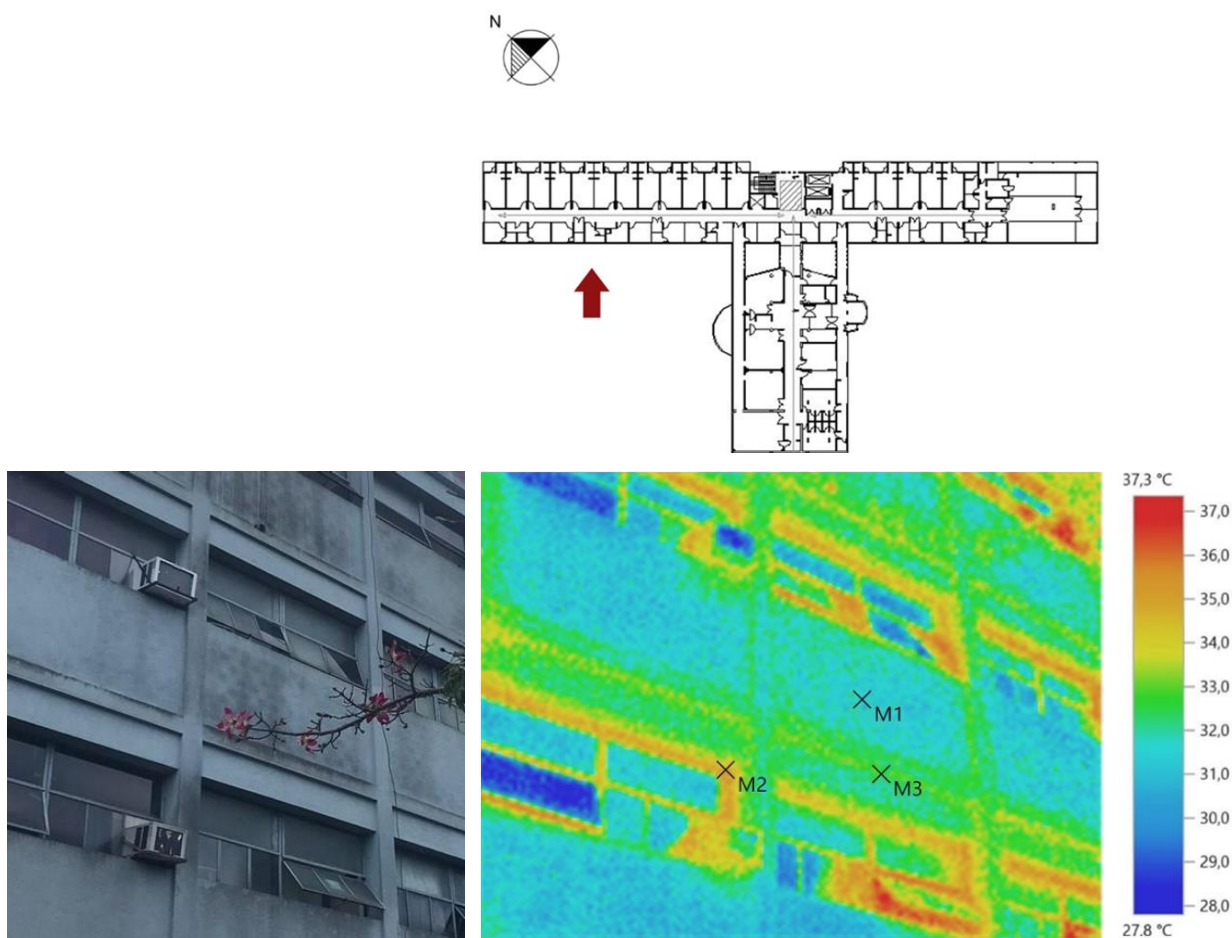


Figura 15: Imagen termográfica del área de internación del HIGA "San Roque" (orientación sur).
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a partir del relevamiento y análisis de la envolvente edilicia existente, fue posible identificar, mediante la aplicación de reglas de asociación, las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentemente empleadas en la envolvente edilicia de cada una de las áreas hospitalarias de la red de salud en estudio. La búsqueda de los conjuntos de soluciones tecnológico-constructivas frecuentes en la envolvente edilicia de cada área hospitalaria tiene por objetivo, plantear propuestas de mejoramiento de la eficiencia energética para cada conjunto detectado y facilitar, de esta manera, su implementación de forma masiva en el sector salud.

Para aplicar la técnica de minería de datos conocida como reglas de asociación, se requiere la construcción de planillas (en hojas de cálculo) en las cuales se especifique, para cada área hospitalaria de los establecimientos públicos de la MRGLP que tienen internación con alcance regional y zonal, las soluciones tecnológico-constructivas empleadas en cada componente de la envolvente edilicia: muros, ventanas y techos. A modo de ejemplo, en las Planillas 14 y 15, se

observan las soluciones tecnológico-constructivas (numeradas) presentes en la envolvente edilicia de las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria (áreas que demandan los mayores consumos en climatización). En cuanto al número asignado a cada una de las soluciones tecnológico-constructivas, el mismo se corresponde con el de las planillas del catálogo “Envolvente existente” (Catálogos 7, 8 y 9).

ÁREA HOSPITALARIA : INTERNACIÓN	ENVOLVENTE VERTICAL																		ENVOLVENTE HORIZONTAL									
	MUROS						VENTANAS									TECHOS												
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
H1_Larrain	x											x											x					
H2_Cestino	x		x							x													x					
H3_Sbarra	x										x												x					
H4_Gutierrez	x				x			x	x		x									x			x					
H5_Ludovica	x				x			x	x					x									x					
H6_San Martín		x			x	x	x	x	x	x	x			x				x	x									
H7_San Roque					x			x			x												x					
H8_Korn	x	x			x	x		x	x	x	x	x						x	x	x	x							
H9_SanJuandeDios	x	x			x			x	x		x							x				x						
H10_Rossi					x				x			x											x					

Planilla 14: Soluciones tecnológico-constructivas (numeradas) presentes en la envolvente edilicia de las áreas de internación.

Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA	ENVOLVENTE VERTICAL															ENVOLVENTE HORIZONTAL								
	MUROS						VENTANAS									TECHOS								
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H1_Larrain	x											x												x
H2_Cestino	x		x							x														x
H3_Sbarra	x				x				x		x	x						x					x	
H4_Gutierrez	x				x			x	x		x									x				x
H5_Ludovica		x			x			x	x	x	x		x				x	x						
H6_San Martín		x			x	x	x	x	x	x	x	x		x			x	x						
H7_San Roque					x			x		x													x	
H8_Korn	x	x		x	x		x		x	x	x						x	x	x	x				
H9_SanJuandeDios	x	x			x		x	x	x	x							x		x		x		x	
H10_Rossi					x			x			x													

Planilla 15: Soluciones tecnológico-constructivas (numeradas) presentes en la envolvente edilicia de las áreas de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

MUROS. M1: Ladrillo cerámico macizo revocado ambas caras 30 cm. de esp.; M2: Ladrillo cerámico macizo revocado ambas caras 42 cm. de esp.; M3: Ladrillo cerámico macizo exterior visto 27 cm. de esp.; M4: Ladrillo cerámico macizo exterior visto 40 cm. de esp.; M5: Ladrillo hueco cerámico no portante revocado ambas caras 22 cm. de esp.; M6: Panel de hormigón premoldeado con núcleo de EPS 16 cm. de esp.

VENTANAS. V1: Carpintería de madera, vidrio simple sin protección solar exterior; V2: Carpintería de chapa, vidrio simple sin protección solar exterior; V3: Carpintería de aluminio sin RPT, vidrio simple sin protección solar exterior; V4: Carpintería de madera, vidrio simple y cortinas de enrollar o postigos; V5: Carpintería de chapa, vidrio simple y cortinas de enrollar o postigos; V6:

Carpintería de aluminio sin RPT, vidrio simple y cortinas de enrollar o postigos; V7: Carpintería de chapa, vidrio simple y parasoles horizontales fijos o verticales móviles; V8: U glass simple.

TECHOS. T1: Chapa ondulada de hierro galvanizado sin cielorraso suspendido; T2: Chapa ondulada de hierro galvanizado con cielorraso suspendido; T3: Chapa ondulada de hierro galvanizado con cielorraso suspendido y aislación térmica (lana de vidrio); T4: Chapa ondulada de hierro galvanizado por encima de cubierta existente de losa maciza de hormigón armado con cielorraso suspendido; T5: Tejas curvas con cielorraso suspendido; T6: Tejas planas con cielorraso suspendido; T7: Losa maciza de hormigón armado sin aislación térmica, con cielorraso aplicado; T8: Losa maciza de hormigón armado sin aislación térmica, con cielorraso suspendido; T9: Losa maciza de hormigón armado con aislación térmica (EPS) y cielorraso suspendido.

Luego, con los datos de las planillas de la etapa anterior, para cada una de las áreas hospitalarias, se procede a “codificar” cada hospital en forma de vector, para poder ser procesado mediante un software. Suponiendo que H0 es uno de los hospitales, entonces: $H0 = (m_1, \dots, m_n, v_1, \dots, v_k, t_1, \dots, t_r)$ donde $m_1, \dots, m_n$ representan la/s alternativa/s presente/s en los muros; $v_1, \dots, v_k$ representan la/s alternativa/s presente/s en las ventanas y $t_1, \dots, t_r$ la/s correspondientes a los techos, respectivamente. Así, por ejemplo, en la Planilla 14, H1_Larrain tiene la solución tecnológico-constructiva m_1 en los muros, v_6 en ventanas y t_8 en techos. Las variables m_i , v_i y t_i son de tipo binario en donde un valor igual a uno significa que el elemento está presente en la envolvente y cero si no lo está. Esto es requerido para poder utilizar un software de minería de datos que permita obtener las reglas de asociación (como Weka)¹⁵, ya que es posible importar archivos desde hojas de cálculo (ej.: en formato csv), donde los atributos se escriben en columnas. En las Figuras 16 y 17, se puede observar cómo se han importado los archivos csv y reconocido correctamente usando el software Weka. En dicho software, un elemento a estudiar (un hospital en este caso) se representa como una fila cualquiera de las Figuras 16 y 17, donde se indica la presencia o ausencia de cada solución tecnológica constructiva en la envolvente del hospital que se representa en dicha fila¹⁶.

¹⁵ Weka es un software desarrollado por la Universidad de Waikato. URL: <https://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/>

¹⁶ **1:** Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) “Dr. Mario V. Larrain”; **2:** Hospital Zonal General de Agudos (HZGA) “Dr. Horacio Cestino”; **3:** Hospital Zonal Especializado (HZE) “Dr. Noel H. Sbarra”; **4:** Hospital Zonal General de Agudos “Dr. Ricardo Gutiérrez”; **5:** Hospital Interzonal de Agudos Especializado en Pediatría (HIAEP) “Sor María Ludovica”; **6:** Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “Gral. San Martín”; **7:** Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “San Roque”; **8:** Hospital Interzonal de Agudos y Crónicos (HIAC) “Dr. Alejandro Korn”; **9:** Hospital Interzonal Especializado de Agudos y Crónicos (HIEAC) “San Juan de Dios” y **10:** Hospital Interzonal General de Agudos (HIGA) “Prof. Dr. Rodolfo Rossi”.

Viewer																		
Relation: AH_INTERNACIÓN.symbolic																		
No.	1: M1 Nominal	2: M2 Nominal	3: M3 Nominal	4: M4 Nominal	5: M5 Nominal	6: M6 Nominal	7: V1 Nominal	8: V2 Nominal	9: V3 Nominal	10: V4 Nominal	11: V5 Nominal	12: V6 Nominal	13: V7 Nominal	14: V8 Nominal	15: V9 Nominal	16: T1 Nominal	17: T2 Nominal	18: T3 Nominal
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
9	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Figura 16: Visualización en el software Weka de los datos correspondientes al área hospitalaria de internación.

Fuente: Elaboración propia

Viewer																		
Relation: AH_ATENCIONAMBULATORIA.symbolic																		
No.	1: M1 Nominal	2: M2 Nominal	3: M3 Nominal	4: M4 Nominal	5: M5 Nominal	6: M6 Nominal	7: V1 Nominal	8: V2 Nominal	9: V3 Nominal	10: V4 Nominal	11: V5 Nominal	12: V6 Nominal	13: V7 Nominal	14: V8 Nominal	15: V9 Nominal	16: T1 Nominal	17: T2 Nominal	18: T3 Nominal
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
6	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
7	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
9	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Figura 17: Visualización en el software Weka de los datos correspondientes al área hospitalaria de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

Una vez importado el archivo y reconocido correctamente (Figuras 16 y 17), es necesario especificar algunos parámetros propios del algoritmo que se va a utilizar (algoritmo Apriori en este caso) antes de ejecutarlo para calcular las reglas de asociación. Para el caso del área hospitalaria: internación, se ha establecido un nivel de soporte mínimo de 0,5 y una confianza de 0,9. Cabe recordar que, el soporte es la frecuencia en que aparece un ítem respecto del total de elementos mientras que el parámetro confianza, por otra parte, se utiliza para decidir la validez de una regla. Es decir, el parámetro confianza se incorpora cada vez que se desea crear una regla agregando un itemset nuevo a otro itemset cuyo número de elementos se desea aumentar, y se calcula como el número de veces que aparece el nuevo itemset respecto del soporte del otro itemset (que puede contener uno o más elementos) que corresponde al antecedente de la regla. Al ejecutar el algoritmo con los valores especificados (soporte: 0,5 y confianza: 0,9), se obtuvieron 6 reglas de asociación, que se pueden observar en la Tabla 9.

Reglas	Antecedentes	Consecuentes
Regla 1	V2	M5
Regla 2	M5	V2
Regla 3	V2, V5	M5
Regla 4	M5, V5	V2
Regla 5	V2, T8	M5
Regla 6	M5, T8	V2

Tabla 9: Conjuntos de reglas de asociación obtenidos para el área hospitalaria de internación al ejecutar el algoritmo Apriori usando el software Weka.

Fuente: Elaboración propia

Las reglas anteriores deben filtrarse de modo de eliminar aquellas con número de elementos distinto de tres (ej.: las 2 primeras reglas sólo tienen 2 elementos) y aquellas que tienen 3 elementos pero que no especifican un elemento por cada parte de la envolvente (ej.: las reglas 3 y 4 señalan dos tipos de ventana y uno de muro, pero ningún tipo de techo). Asimismo, si hubiese varias reglas que tengan los mismos elementos, pero en distinto orden, deberían eliminarse dejando sólo una de ellas (es el caso de las reglas 5 y 6). Retomando el ejemplo para el área hospitalaria de internación, luego del filtrado resulta que queda sólo una única regla (regla 5 de la Tabla 9):

$$V2=1 \ T8=1 \rightarrow M5=1$$

Se puede observar que la terna resultante (M5,V2,T8), representativa de la envolvente edilicia del área hospitalaria de internación se encuentra en los hospitales de la red de salud en estudio: HIGA "San Roque", HIGA "Prof. Dr. Rodolfo Rossi", HIEAC "San Juan de Dios", HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez" e HIAEP "Sor María Ludovica". En la Figura 18, se pueden observar el HIAEP "Sor María Ludovica" a la izquierda y el HIGA "San Roque", a la derecha, en la parte superior. Luego, en la parte inferior, en orden de izquierda a derecha, el HIGA "Prof. Dr. Rodolfo Rossi", el HIEAC "San Juan de Dios" y el HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez".



Figura 18: Hospitales de la red de salud en estudio.
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes obtenidas de la web.

A partir del resultado obtenido se procede, a continuación, a analizar cada componente de la terna resultante. En el Catálogo 7 (“Envolvente existente: muros”), se observa que M5 es un muro de ladrillo hueco (cerámico no portante) revocado en ambas caras, cuyo coeficiente K de transmitancia térmica es $1,61 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, por lo que no verifica el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno ($0,93 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. Además, no existe riesgo de condensación superficial, pero sí intersticial, según la verificación de la Norma IRAM 11625. Luego, se observa en el Catálogo 9 (“Envolvente existente: ventanas”) que V2 es una carpintería con marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro, sin protección solar exterior, con un coeficiente de transmitancia térmica $K= 5,06 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, por lo que no es clasificable en ninguno de los niveles propuestos en la Norma IRAM 11507-4. Por último, en el Catálogo 8 (“Envolvente existente: techos”), se observa que T8 está conformado por una losa de hormigón armado colada in situ con cielorraso suspendido, aunque sin aislación térmica, con un coeficiente de transmitancia térmica $K=1,66 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para la condición de verano, por lo que no verifica el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de verano ($0,48 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), tal

como exige la Ley N° 13.059. En este caso, además, existe riesgo de condensación superficial e intersticial según la Norma IRAM 11625.

Por otro lado, en el caso del área hospitalaria: atención ambulatoria, al establecer un nivel de soporte mínimo de 0,5 y una confianza de 0,9, la ejecución del algoritmo no arrojó ninguna regla de asociación. Es por este motivo que se ejecutó nuevamente el algoritmo, bajando el nivel de soporte mínimo a 0,4 y manteniendo una confianza de 0,9, obteniendo en este caso más de 50 reglas de asociación. Cuando el soporte mínimo es menor o igual a 0,5 debe entenderse que el porcentaje de aparición de un ítem (solución tecnológica constructiva) es inferior al 50% y, por consiguiente, deberá reemplazarse el término “solución tecnológica constructiva más representativa” por “solución tecnológica constructiva que aparece más frecuentemente” (sin importar si supera o no el 50% de apariciones). Las reglas de asociación obtenidas fueron filtradas de modo de eliminar aquellas con número de elementos distintos de tres y las que tienen 3 elementos pero que no especifican un elemento por cada parte de la envolvente. Asimismo, se eliminaron las reglas que tienen los mismos elementos, pero en distinto orden. Entonces, para el caso del área hospitalaria de atención ambulatoria, resultaron las reglas de asociación que se pueden observar en la Tabla 10 y la Figura 19.

Reglas	Antecedentes	Consecuentes
Regla 33	V3; T2	M2
Regla 38	V4; T2	M2
Regla 47	V3, T2	M5
Regla 50	V3, T3	M5
Regla 53	V4, T2	M5
Regla 56	V5, T3	M5

Tabla 10: Conjuntos de reglas de asociación resultantes.
Fuente: Elaboración propia

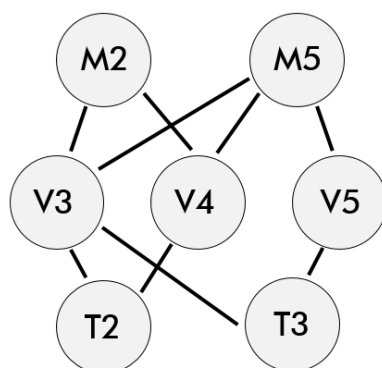


Figura 19: Síntesis de las ternas de soluciones tecnológico-constructivas resultantes.
Fuente: Elaboración propia

Las reglas resultantes representan las ternas $(M2,V3,T2)$; $(M2,V4,T2)$; $(M5,V3,T2)$; $(M5,V3,T3)$; $(M5,V4,T2)$ y $(M5,V5,T3)$, tal como se puede observar en la Figura 19.

Se puede identificar la terna $(M2,V3,T2)$, frecuente en la envolvente edilicia del área hospitalaria de atención ambulatoria, en los hospitales de la red de salud en estudio: HIAEP "Sor María Ludovica", HIGA "General San Martín", HIEAC "Dr. Alejandro Korn" e HIEAC "San Juan de Dios". Asimismo, en el área de atención ambulatoria de los hospitales mencionados anteriormente, también se pueden encontrar las ternas $(M2,V4,T2)$, $(M5,V3,T2)$ y $(M5,C4,T2)$. Por otro lado, las ternas $(M5,V3,T3)$ y $(M5,V5,T5)$ están presentes en el HZE "Dr. Noel H. Sbarra", el HIAEP "Sor María Ludovica", el HIGA "General San Martín" y el HIEAC "Dr. Alejandro Korn". En la parte superior de la Figura 20, se pueden observar en orden de izquierda a derecha: el HIAEP "Sor María Ludovica", el HIEAC "San Juan de Dios" y el HIEAC "Dr. Alejandro Korn" mientras que, en la esquina inferior izquierda se observa el HZE "Dr. Noel H. Sbarra" y a su derecha, el HIGA "General San Martín".



Figura 20: Hospitales de la red de salud en estudio.
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes obtenidas de la web.

En base a lo expuesto anteriormente, queda demostrado que las reglas de asociación permiten encontrar las soluciones tecnológico-constructivas más representativas y/o aquellas que aparecen más frecuentemente en cada área hospitalaria. Estas soluciones encontradas pueden, luego, estudiarse con mayor profundidad con la ayuda de los catálogos contruidos ad-hoc.

Los muros más usados en el área hospitalaria de atención ambulatoria son M5 y M2: el primero ya fue detallado anteriormente, mientras que M2 corresponde a un muro de ladrillo común (cerámico macizo) revocado en ambas caras, de 42 cm. de espesor con un coeficiente de transmitancia térmica $K = 1,61 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, por lo que no verifica el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno ($0,93 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. No obstante, no existe riesgo de condensación superficial ni intersticial según la Norma IRAM 11625. En cuanto a las ventanas, las que aparecen con más frecuencia son: V3, V4 y V5. En el Catálogo 9 ("Envolvente existente: ventanas"), se observa que V3 es una carpintería con marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro, sin protección solar exterior, con un coeficiente de transmitancia térmica $K = 5,06 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, por lo que no es clasificable en ninguno de los niveles propuestos en la Norma IRAM 11507-4. También se observa que V4 es una carpintería con marco y hoja de madera, vidrio simple incoloro, con protección solar exterior (cortinas de enrollar o postigos), cuyo coeficiente de transmitancia térmica $K = 2,53 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ es clasificable en el Nivel K4 de la Norma IRAM 11507-4. Por último, V5 es una carpintería con marco y hoja de chapa, vidrio simple incoloro, con protección solar exterior (cortinas de enrollar o postigos), cuyo coeficiente de transmitancia térmica $K = 2,84 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ también es clasificable en el Nivel K4 de la Norma IRAM 11507-4. En cuanto al techo, en el Catálogo 8 ("Envolvente existente: techos"), se observa que T2 es un techo de chapa ondulada de hierro galvanizado con cielorraso suspendido, con un coeficiente de transmitancia térmica $K = 1,77 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para la condición de verano, por lo que no verifica el nivel B de la Norma IRAM 11605 para condición de verano ($0,48 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. En este caso, además, existe riesgo de condensación superficial e intersticial según la Norma IRAM 11625. En la misma planilla se observa que T3 es un techo de chapa ondulada de hierro galvanizado con cielorraso suspendido, pero en este caso, se cuenta con aislación térmica, por lo que el coeficiente K de transmitancia térmica es menor ($0,57 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para condición de verano), aunque tampoco verifica el nivel B de la Norma IRAM 11605. No obstante, no existiría en este caso riesgo de condensación superficial ni intersticial según Norma IRAM 11625.

En la presente tesis, se desarrollaron en detalle las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria por sus elevados requerimientos de climatización (Gráfico 8), los cuales están directamente vinculados a los m² de superficie de envolvente edilicia, así como a las características técnico-constructivas de la misma. Para el resto de las áreas hospitalarias se estableció un nivel de soporte mínimo de 0,5 y un nivel de confianza de 0,9, resultando que, en la mayor parte de los casos, la ejecución del algoritmo no arrojó ninguna regla de asociación. Es por este motivo que se bajó el nivel de soporte mínimo a 0,3, manteniendo el nivel de confianza en un valor de 0,9. Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

- Diagnóstico y tratamiento: Al ejecutar el algoritmo con los valores especificados (soporte 0,3 y confianza 0,9), se obtuvieron más de 50 reglas de asociación, que fueron filtradas, obteniéndose las siguientes ternas: (M2,V2,T2); (M2,V2,T4) y (M5,V2,T2).
- Administración: Al ejecutar el algoritmo también se obtuvieron más de 50 reglas de asociación que luego de ser filtradas, resultaron quedando sólo las siguientes ternas: (M5,V3,T8) y (M5,V5,T8).
- Cirugía: Para esta área hospitalaria, al ejecutar el algoritmo con los valores especificados (soporte 0,3 y confianza 0,9), no se obtuvieron resultados, por lo que se bajó el nivel de soporte mínimo a 0,2, manteniendo el nivel de confianza en un valor de 0,9. De esta manera, se obtuvieron 13 reglas de asociación que luego de ser filtradas, resultaron quedando sólo las siguientes ternas: (M2,V4,T2) y (M5,V3,T3).
- Circulaciones y baños: En este caso al filtrar las más de 50 reglas de asociación obtenidas, quedaron solamente las ternas (M2,V3,T2) y (M2,V4,T2).
- Servicios Auxiliares y de Apoyo: En este caso y como excepción, se obtuvieron 9 reglas de asociación al ejecutarse el algoritmo con un nivel de soporte mínimo 0,5 y una confianza de 0,9. Luego de filtrar las reglas obtenidas, se obtuvo la terna (M5,V2,T2).

En todos los casos, el número asignado a cada una de las soluciones tecnológico-constructivas se corresponde con el de los catálogos de la “Envolvente existente” (Catálogos 7 a 9).

A partir de los resultados obtenidos es posible sugerir propuestas para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia, mediante estrategias de reciclado, para las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes. Esta metodología puede replicarse en cada

una de las áreas hospitalarias y facilitar, de esta manera, su implementación de forma masiva en el sector salud.

3.2 Propuesta

En esta etapa, se plantea proponer estrategias para el mejoramiento de la eficiencia energética de las soluciones tecnológico-constructivas de las envolventes edilicias más frecuentes encontradas en el apartado anterior. Se continúa con la aplicación de la metodología en las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria, por sus elevados requerimientos de climatización (Gráfico 8), los cuales están directamente vinculados a los m^2 de superficie de envolvente edilicia, pero también a las características técnico-constructivas de la misma. No obstante, la metodología puede replicarse en cada una de las áreas hospitalarias y facilitar, de esta manera, su implementación de forma masiva en el sector salud.

Ahora bien, en el caso de la envolvente edilicia opaca (muros y techos), se plantearon dos técnicas de intervención basadas en la incorporación de aislamiento térmico exterior (I_1) o interior (I_2). Es posible que la intervención de la envolvente edilicia desde el lado exterior resulte más práctica desde el punto de vista operativo, ya que las tareas de obra no afectarían el funcionamiento. Además, desde el punto de vista del comportamiento térmico, tiene la ventaja de favorecer la estabilización de los espacios al incluir la inercia térmica de la envolvente. No obstante, en los casos de edificaciones con valor histórico, se puede intervenir la envolvente edilicia desde el lado interior, mejorando el comportamiento térmico sin alterar la imagen exterior del edificio. Dicha intervención interior excluye la masa térmica de los muros, generando espacios térmicamente más dinámicos, orientados a usos intermitentes con climatizaciones específicas (Urteneche et al., 2022).

Por otra parte, se tuvieron en cuenta cuatro aislantes térmicos, los cuales pueden ser clasificados en tres grupos de acuerdo con su origen: sintético, mineral o natural. Los aislantes sintéticos son aquellos compuestos, por ejemplo, por materiales como el plástico o los polímeros procedentes del petróleo. En este grupo, se incluyeron los siguientes materiales aislantes: el poliestireno expandido o EPS (A_1) y el poliuretano (A_2). Por otro lado, el grupo de los aislantes minerales están constituidos por un entramado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro con aire entre ellos, por ejemplo, la lana de vidrio (A_3). Finalmente, se tiene el grupo de los aislantes naturales, que son reciclables y biodegradables, como la celulosa (A_4). En síntesis, y tal como se sintetiza en la Tabla 11, cada estrategia de reciclado de la envolvente edilicia opaca puede ser identificada con el par " $I_n - A_p$ ", conformado por una técnica de intervención (I_n) y un material aislante térmico (A_p).

Técnicas de intervención (I_n)	Tipos de aislamiento (A_p)			
	Sintético		Mineral	Natural
	A_1 -EPS	A_2 -PU	A_3 -Lana de vidrio	A_4 -Celulosa
I_1 - Incorporación de aislamiento exterior	$I_1 - A_1$	$I_1 - A_2$	$I_1 - A_3$	$I_1 - A_4$
I_2 - Incorporación de aislamiento interior	$I_2 - A_1$	$I_2 - A_2$	$I_2 - A_3$	$I_2 - A_4$

Tabla 11: Técnicas de intervención y tipos de aislantes térmicos para la envolvente opaca.
Fuente: Elaboración propia.

Cabe aclarar que, al interior de cada uno de los pares ($I_n - A_p$), las posibilidades son infinitas, por ejemplo, en el caso del par ($I_1 - A_1$), las planchas de poliestireno expandido (EPS) pueden tener distintas densidades y a su vez diferentes espesores, lo que da lugar a diversas combinaciones. No obstante, en este trabajo, se pone énfasis en la comparación y evaluación de distintas técnicas de intervención, al mismo tiempo que se introducen diferentes materiales aislantes, por lo que las variantes estarán dadas, en principio, por los posibles pares ($I_n - A_p$).

Por otra parte, en el caso de la envolvente edilicia transparente (ventanas), se plantearon tres técnicas de intervención vinculadas a las soluciones tecnológico-constructivas existentes relevadas: (I_1) Sustitución de vidrio simple por DVH; (I_2) Incorporación de protección solar exterior y (I_3) Colocación de carpintería en paralelo. En el caso de las ventanas, en la Tabla 12 se presentan distintas variantes para cada una de las técnicas de intervención mencionadas.

De esta manera, a partir de las estrategias tecnológico-constructivas propuestas para cada componente de la envolvente edilicia, a fin de mejorar la eficiencia energética respecto de la condición original (base) relevada en cada una de las áreas hospitalarias, se elaboraron los catálogos 10, 11 y 12 para muro, techo y ventana, respectivamente.

Técnicas de intervención (I_n)
I_1 - Sustitución de vidrio simple por DVH
I_1 -A ₁ -Con marco existente
I_1 -A ₂ -Con reemplazo de marco por aluminio sin RPT
I_1 -A ₃ -Con reemplazo de marco por aluminio con RPT
I_1 -A ₄ -Con reemplazo de marco por PVC (2 cámaras)
I_2 - Incorporación de protección solar exterior
I_3 - Colocación de carpintería en paralelo
I_3 -A ₁ -Marco de aluminio sin RPT con vidrio simple
I_3 -A ₂ -Marco de aluminio sin RPT con DVH
I_3 -A ₃ -Marco de aluminio con RPT con DVH
I_3 -A ₄ -Marco de PVC (2 cámaras) con vidrio simple
I_3 -A ₅ -Marco de PVC (2 cámaras) con DVH

Tabla 12: Técnicas de intervención para la envolvente transparente.
Fuente: elaboración propia

En el área hospitalaria de internación, las soluciones tecnológico-constructivas más representativas de la situación original (caso base) están dadas por el conjunto (M5,V2,T8), tal como se puede observar en el Apartado 3.1 (Análisis y Diagnóstico). El muro existente (M5) es de ladrillo hueco (cerámico no portante) revocado en ambas caras, cuyo coeficiente K de transmitancia térmica es $1,61 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, por lo que no verifica el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno ($0,93 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. Además, aunque no existe riesgo de condensación superficial, sí existe el riesgo de condensación intersticial según la verificación de la Norma IRAM 11625. Por otra parte, el techo existente (T8) está conformado por una losa de hormigón armado colada in situ con cielorraso suspendido, aunque sin aislación térmica, con un coeficiente de transmitancia térmica $K=1,66 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para la condición de verano, por lo que no verifica el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de verano ($0,48 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. En este caso, además, existe riesgo de condensación superficial e intersticial según la Norma IRAM 11625. Por último, se puede observar que la carpintería existente (V2) tiene marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro, sin protección solar exterior, con un coeficiente de transmitancia térmica $K= 5,06 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, por lo que no es clasificable en ninguno de los niveles propuestos en la Norma IRAM 11507-4.

Para el caso de la envolvente vertical opaca, en el Catálogo 10, se exponen a modo de ejemplo, cuatro pares de estrategias de reciclado ($I_n - A_p$) para el muro existente (M5) en el área hospitalaria internación. En los dos primeros casos (Pares I_1-A_1 y I_1-A_3), se propuso como técnica de intervención, la incorporación de aislamiento térmico desde el exterior, mientras que, en los dos restantes, se recurrió a la incorporación de aislación térmica del lado interior (Pares I_2-A_3 y I_2-A_4).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN				COMPONENTE: MURO			
DESCRIPCIÓN	Espesor de aislación propuesto m	Transmitancia térmica (K) W/m ² °C	VERIFICACIONES			Costo de inversión (CI) \$/m ²	
			Nivel B N. IRAM 11605 (invierno)	N. IRAM 11625 riesgo de condensación			
				superficial	intersticial		
SITUACIÓN EXISTENTE							
M5							
Revoque interior grueso y fino a la cal + ladrillo hueco (cerámico no portante) 18x18x33 cm + azotado hidrófugo + revoque exterior grueso y fino a la cal. Espesor total aprox. 0.22 m	-	1.61	NO VERIFICA	NO CONDENSA	CONDENSA	-	
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO							
I ₁ Incorporación de aislamiento exterior							
I ₁ -A ₁ Poliestireno expandido (EPS)							
Sistema EIFS (Exterior Insulation Finish System): planchas de EPS 20 Kg/m3 de densidad (se adhieren al muro existente con adhesivo o fijaciones mecánicas) + capa de base coat (mezcla de polímeros acrílicos y cemento Portland) + malla de fibra de vidrio + pintura látex para exterior.	0.02	0.83	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	3703.26	
I ₁ -A ₂ Poliuretano (PU)							
I ₁ -A ₃ Lana de vidrio (LV)							
LV + placas cementicias (espesor:10mm) sobre estructura metálica	0.05	0.43	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	7309.55	
I ₁ -A ₄ Celulosa							
I ₂ Incorporación de aislamiento interior							
I ₂ -A ₁ Poliestireno expandido (EPS)							
I ₂ -A ₂ Poliuretano (PU)							
I ₂ -A ₃ Lana de vidrio (LV)							
LV con foil de aluminio en su cara interna + placas de roca de yeso (12 mm) sobre estructura metálica + pintura de látex para interiores.	0.05	0.48	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	5816.32	
I ₂ -A ₄ Celulosa							
Celulosa proyectada en su cara interna + placas de roca de yeso (12 mm) sobre estructura metálica + pintura de látex para interiores.	0.07	0.39	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	7503.34	

Catálogo 10: Estrategias de reciclado para el componente muro del área hospitalaria de internación.

Fuente: Elaboración propia

La solución tecnológica constructiva identificada con el par (I_1-A_1) incluye la incorporación de aislamiento térmico exterior a partir del sistema EIFS (Exterior Insulation Finish System), el cual está compuesto por varias capas. Las placas de EPS se adhieren al muro existente por medio de adhesivo (o fijaciones mecánicas) para luego aplicar sobre estas una capa de base coat (capa de base con 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 placas. El acabado final se realiza con revestimiento plástico o con pintura exterior. Por otra parte, a través de la solución tecnológica constructiva caracterizada por el par (I_1-A_3), se utiliza la misma técnica de intervención (incorporación de aislamiento térmico exterior), pero mediante el sistema de fachada ventilada, en el cual la lana de vidrio está protegida mecánicamente por las placas cementicias que, a su vez, conforman la terminación de los muros. Por último, en las soluciones tecnológico-constructivas identificadas por los pares (I_2-A_3 y I_2-A_4), se plantea la incorporación de aislamiento térmico interior (lana de vidrio o celulosa proyectada) protegido mecánicamente por placas de roca de yeso.

Para el caso de la envolvente horizontal, en el Catálogo 11, se exponen, a modo de ejemplo, dos pares de estrategias de reciclado ($I_n - A_p$) para el techo existente (T8). En el primer caso, se propuso como técnica de intervención, la incorporación de aislamiento térmico desde el exterior (EPS), lo que se conoce como “techo invertido”. Por el otro lado, se planteó la incorporación de aislación térmica, en este caso, lana de vidrio, desde el lado interior, en el cielorraso.

La solución de techo invertido (propuesta I_1-A_1) permite prolongar la vida útil de una cubierta existente, ya que el aislante térmico se coloca en la parte superior protegiendo así a la aislación hidrófuga, al mismo tiempo que se evita el recalentamiento de la masa de la cubierta. Además, la colocación del aislante térmico en las capas más externas previene los riesgos de condensación que afectarían su comportamiento. Se colocan las placas de EPS de 20 Kg/m^3 de densidad simplemente apoyadas sobre la aislación hidrófuga de la cubierta existente y por encima de estas, se dispone una membrana geotextil que actúa como capa filtrante y evita que crezca eventualmente algún vegetal. En el caso de la incorporación de aislación térmica en el cielorraso (propuesta I_2-A_3), es imprescindible colocar una barrera de vapor en el “lado caliente” (interior) del mismo. En este caso, se propuso incorporar el fieltro de lana de vidrio con foil de aluminio liso que actúa como barrera de vapor.

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN					COMPONENTE: TECHO				
DESCRIPCIÓN	Espesor de aislación propuesto m	Transmitancia térmica (K) en W/m ² °C		VERIFICACIONES				Costo de inversión (CI) \$/m ²	
				Nivel B N. IRAM 11605		N. IRAM 11625 riesgo de condensación			
		Verano	Invierno	Verano	Invierno	Superficial	Intersticial		
SITUACIÓN EXISTENTE									Λ
T8									Λ
Losa maciza de hormigón armado (esp. 10 cm) + contrapiso de cascote (esp. 8 cm) + carpeta de concreto (esp. aprox. 3 cm) + capa aisladora y terminación. Cielorraso suspendido de placas de roca de yeso.	-	1.66	2.16	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA	-	
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO									Λ
I ₁ Incorporación de aislamiento exterior									Λ
I ₁ -A ₁ Poliestireno expandido (EPS)									Λ
Solución de "techo invertido" mediante la incorporación de placas de EPS (20Kg/m3 de densidad y 6 cm de espesor) sobre la aislación hidráulica de la cubierta existente.	0.06	0.43	0.43	VERIFICA	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	6419.23	
I ₁ -A ₂ Poliuretano (PU)									V
I ₁ -A ₃ Lana de vidrio (LV)									V
I ₁ -A ₄ Celulosa									V
I ₂ Incorporación de aislamiento interior									Λ
I ₂ -A ₁ Poliestireno expandido (EPS)									V
I ₂ -A ₂ Poliuretano (PU)									V
I ₂ -A ₃ Lana de vidrio (LV)									V
Incorporación en el cielorraso suspendido de fieltro de lana de vidrio con barrera de vapor incorporada, la cual queda protegida mecánicamente por placas de roca de yeso.	0.08	0.37	0.38	VERIFICA	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	6578.63	
I ₁ -A ₄ Celulosa									V

Catálogo 11: Estrategias de reciclado para el componente techo del área hospitalaria de internación.
Fuente: Elaboración propia

Por último, para el caso de la envolvente vertical transparente (ventanas) del área hospitalaria de internación, en el Catálogo 12, se plantean las tres técnicas de intervención propuestas: (I₁) Sustitución de vidrio simple por DVH; (I₂) Incorporación de protección solar exterior y (I₃) Colocación de carpintería en paralelo. En el caso de la sustitución del vidrio simple original por DVH, es necesario reemplazar la perfilera de chapa existente. Es por eso que, tanto en esta técnica de intervención, como en el caso de la colocación de carpintería en paralelo, hay algunas variantes en cuanto a la materialidad de la nueva carpintería (aluminio o PVC, por ejemplo).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN					COMPONENTE: VENTANA			
Descripción	Protección solar		Materialidad marco y hoja	Transmitancia térmica (K) W/m ² °C	Verificación	Factor solar	Costo de inversión (CI) \$/m ²	
	Interior	Exterior			N. IRAM 11507-4			
SITUACIÓN EXISTENTE								Λ
V2								Λ
Marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	NO	CHAPA	5.06	NO CLASIFICA	0.84	-	
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO								Λ
I ₁ Sustitución de vidrio simple por DVH								Λ
I _{1-A1} Con marco existente								V
I _{1-A2} Con reemplazo de marco por aluminio sin RPT								Λ
Marco y hoja de aluminio sin RPT, DVH incoloro-incoloro 4-9-4 mm	SI (cortina de tela)	NO	ALUMINIO SIN RPT	3.62	K5	0.79	59799.97	
I _{1-A3} Con reemplazo de marco por aluminio con RPT								V
I _{1-A4} Con reemplazo de marco por PVC (2 cámaras)								Λ
Marco y hoja de PVC (2 cámaras), DVH incoloro-incoloro 4-9-4 mm	SI (cortina de tela)	NO	PVC (2 cámaras)	2.66	K4	0.79	51548.67	
I ₂ Incorporación de protección solar exterior								Λ
Marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro 4 mm + cortina de enrollar de PVC con cajón exterior	SI (cortina de tela)	SI (cortina de enrollar)	CHAPA	2.84	K4	0.18	8269.60	
I ₃ Colocación de carpintería en paralelo								Λ
I _{3-A1} Marco de aluminio sin RPT con vidrio simple								Λ
Marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro 4 mm + marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	NO	CHAPA + ALUMINIO SIN RPT	2.04	K4	0.72	47193.57	
I _{3-A2} Marco de aluminio sin RPT con DVH								V
I _{3-A3} Marco de aluminio con RPT con DVH								V
I _{3-A4} Marco de PVC (2 cámaras) con vidrio simple								V
I _{3-A5} Marco de PVC (2 cámaras) con DVH								V

Catálogo 12: Estrategias de reciclado para el componente ventana del área hospitalaria de internación.
Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, en el caso del área hospitalaria de atención ambulatoria, las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes en la situación original (caso base) están dadas por las ternas (M2,V3,T2); (M2,V4,T2); (M5,V3,T2); (M5,V3,T3); (M5,V4,T2) y (M5,V5,T3), tal como se puede consultar en el Apartado 3.1. En este caso, a modo de ejemplo, se tomará la terna (M2,V3,T2), presente en los hospitales de la red de salud en estudio: HIAEP "Sor María Ludovica", HIGA "General San Martín", HIEAC "Dr. Alejandro Korn" e HIEAC "San Juan de Dios".

El muro M2 corresponde a un muro de ladrillo común (cerámico macizo) revocado en ambas caras, de 42 cm. de espesor con un coeficiente de transmitancia térmica $K = 1,61 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, por lo que no verifica el nivel B (medio) de la Norma IRAM 11605 para condición de invierno ($0,93 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. No obstante, no existe riesgo de condensación

superficial ni intersticial según la Norma IRAM 11625. En cuanto a las ventanas, en el Catálogo 9 (“Envolvente existente: ventanas”), se observa que V3 es una carpintería con marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro, sin protección solar exterior, con un coeficiente de transmitancia térmica $K = 5,06 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, por lo que no es clasificable en ninguno de los niveles propuestos en la Norma IRAM 11507-4. En cuanto al techo, en el Catálogo 8 (“Envolvente existente: techos”), se observa que T2 es un techo de chapa ondulada de hierro galvanizado con cielorraso suspendido, con un coeficiente de transmitancia térmica $K = 1,77 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para la condición de verano, por lo que no verifica el nivel B de la Norma IRAM 11605 para condición de verano ($0,48 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), tal como exige la Ley N° 13.059. En este caso, además, existe riesgo de condensación superficial e intersticial según la Norma IRAM 11625.

Para el caso de la envolvente vertical opaca, en el Catálogo 13, se exponen cuatro pares de estrategias de reciclado ($I_n - A_p$) para el muro existente (M2) en el área hospitalaria de atención ambulatoria. Nótese que el muro existente (M2) presenta igual coeficiente de transmitancia térmica que el muro (M5) representativo del área hospitalaria de internación ($1,61 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$), motivo por el cual se desarrollan a continuación propuestas de reciclado para el muro (M2) que no han sido presentadas anteriormente para el muro (M5). En los dos primeros casos (Pares I_1-A_2 y I_1-A_4), se propuso como técnica de intervención, la incorporación de aislamiento térmico desde el exterior, mientras que, en los dos restantes, se recurrió a la incorporación de aislación térmica del lado interior (Pares I_2-A_1 y I_2-A_2). Las soluciones tecnológico-constructivas identificadas con los pares (I_1-A_2) y (I_1-A_4) incluyen la incorporación de aislamiento térmico exterior mediante el sistema de fachada ventilada, en el cual la espuma de poliuretano o la celulosa, respectivamente, están protegidos mecánicamente por las placas cementicias que, a su vez, conforman la terminación de los muros. Por último, en las soluciones tecnológico-constructivas identificadas por los pares (I_2-A_1 y I_2-A_2), se plantea la incorporación de aislamiento térmico interior (placas de poliestireno expandido o espuma de poliuretano) protegido mecánicamente por placas de roca de yeso.

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA				COMPONENTE: MURO			
DESCRIPCIÓN	Espesor de aislación propuesto m	Transmitancia térmica (K) W/m ² °C	VERIFICACIONES			Costo de inversión (CI) \$/m ²	
			Nivel B N. IRAM 11605 (invierno)	N. IRAM 11625 riesgo de condensación			
				superficial	intersticial		
SITUACIÓN EXISTENTE							Λ
M2							Λ
Revoque interior grueso y fino a la cal + ladrillo común (cerámico macizo) 12x5x25 cm aprox. + azotado hidrófugo + revoque exterior grueso y fino a la cal. Espesor total aprox. 0.42 m	-	1.61	NO VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	-	
M5							V
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO							Λ
I ₁ Incorporación de aislamiento exterior							Λ
I ₁ -A ₁ Poliestireno expandido (EPS)							V
I ₁ -A ₂ Poliuretano (PU)							Λ
Espuma de poliuretano proyectada sobre muro existente + placas cementicias (espesor:10mm) sobre estructura metálica	0.03	0.58	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	9467.76	
I ₁ -A ₃ Lana de vidrio (LV)							V
I ₁ -A ₄ Celulosa							Λ
Celulosa proyectada + placas cementicias (espesor:10mm) sobre estructura metálica	0.07	0.41	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	9540.00	
I ₂ Incorporación de aislamiento interior							Λ
I ₂ -A ₁ Poliestireno expandido (EPS)							Λ
EPS + placas de roca de yeso (12 mm) sobre estructura metálica + pintura de látex acrílico para interior.	0.02	0.72	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	4937.61	
I ₂ -A ₂ Poliuretano (PU)							Λ
Espuma de poliuretano proyectada sobre muro existente + placas de roca de yeso (12 mm) sobre estructura metálica + pintura de látex acrílico para interior.	0.03	0.53	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	7431.10	
I ₂ -A ₃ Lana de vidrio (LV)							V
I ₂ -A ₄ Celulosa							V

Catálogo 13: Estrategias de reciclado para el componente muro del área hospitalaria de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

Para la envolvente horizontal, en el Catálogo 14, se exponen, a modo de ejemplo, dos pares de estrategias de reciclado ($I_n - A_p$) para el techo existente (T2). En el primer caso (Par $I_1 - A_1$) se propuso como técnica de intervención, la incorporación de aislamiento térmico desde el exterior (EPS). En el par $I_1 - A_1$, las placas de EPS se colocan entre el entablonado o machimbre y la cubierta original de chapa. Por el otro lado, se planteó la incorporación de lana de vidrio (LV) como aislación térmica exterior mediante una suerte de doble encofrado de chapa con un alma de lana de vidrio (Par $I_1 - A_3$). De esta manera, no sólo se obtienen mejoras termo-energéticas sino también, se reduce

el riesgo de infiltraciones, ya que se mantiene la cubierta existente de chapa y se le incorpora chapa nueva por encima de la primera.

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA					COMPONENTE: TECHO				
DESCRIPCIÓN	Espesor de aislación propuesto m	Transmitancia térmica (K) en W/m ² °C		VERIFICACIONES				Costo de inversión (CI) \$/m ²	
				Nivel B N. IRAM 11605		N. IRAM 11625 riesgo de condensación			
		Verano	Invierno	Verano	Invierno	Superficial	Intersticial		
SITUACIÓN EXISTENTE									Λ
T2									Λ
Estructura de tirantería de madera, machimbre de 3/4", aislación hidrófuga, listones y clavaderas, chapa ondulada de acero galvanizado. Cielorraso suspendido de placas de yeso.	-	1.77	2.35	NO VERIFICA	NO VERIFICA	CONDENSA	CONDENSA	-	
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO									Λ
I₁ Incorporación de aislamiento exterior									Λ
I₁-A₁ Poliestireno expandido (EPS)									Λ
Incorporación de placas de EPS (20Kg/m ³ de densidad y 6 cm de espesor) sobre el machimbre de la cubierta existente.	0.06	0.44	0.49	VERIFICA	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	6797.07	
I₁-A₂ Poliuretano (PU)									V
I₁-A₃ Lana de vidrio (LV)									Λ
Solución de aislación de doble chapa en sandwich mediante la utilización de fieltro/panel de lana de vidrio (8 cm de espesor).	0.08	0.43	0.45	VERIFICA	VERIFICA	NO CONDENSA	NO CONDENSA	7602.00	
I₁-A₄ Celulosa									V
I₂ Incorporación de aislamiento interior									Λ
I₂-A₁ Poliestireno expandido (EPS)									V
I₂-A₂ Poliuretano (PU)									V
I₂-A₃ Lana de vidrio (LV)									V
I₁-A₄ Celulosa									V

Catálogo 14: Estrategias de reciclado para el componente techo del área hospitalaria de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

Por último, para el caso de la envolvente vertical transparente (ventanas) del área hospitalaria de atención ambulatoria, en el Catálogo 15, se plantean dos propuestas de reciclado. Por un lado, se propone la sustitución del vidrio simple por DVH conservando el marco existente (Par I₁-A₁): se quita el contravidrio de la carpintería, reemplazando el vidrio simple por el DVH y luego, se vuelve a colocar el contravidrio procurando reemplazar las juntas para una mejor estanqueidad y fijación. Por otra parte, se plantea la colocación de carpintería con marco de aluminio sin RPT y vidrio simple en paralelo (Par I₃-A₁). En cuanto al proceso de ejecución, la opción más sencilla es la de su colocación exterior, para lo cual se amura la nueva carpintería, pudiendo colocarse próxima a la carpintería existente o a filo exterior. Una vez amurada, se rellenan las juntas con silicona para evitar las infiltraciones de agua y se pueden colocar burletes para reducir las infiltraciones de aire.

La otra opción es la de su colocación desde el interior, lo cual es particularmente propicio cuando se cuenta con cortina de enrollar y no se puede colocar la nueva carpintería desde el exterior. Se debe considerar la combinación de esta estrategia con la de aislación interior en muros, a los fines de evitar salientes en el filo interior de los ambientes.

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA					COMPONENTE: VENTANA			
Descripción	Protección solar		Materialidad marco y hoja	Transmitancia térmica (K) W/m ² °C	Verificación	Factor solar	Costo de inversión (CI) \$/m ²	
	Interior	Exterior			N. IRAM 11507-4			
SITUACIÓN EXISTENTE								Λ
V3								Λ
Marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	NO	ALUMINIO SIN RPT	5.06	NO CLASIFICA	0.84	-	
ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO								Λ
I ₁ Sustitución de vidrio simple por DVH								Λ
I _{1-A1} Con marco existente								Λ
Marco y hoja de aluminio sin RPT, DVH incoloro-incoloro 4-9-4 mm	SI (cortina de tela)	NO	ALUMINIO SIN RPT	3.62	K5	0.79	34239.42	
I _{1-A2} Con reemplazo de marco por aluminio sin RPT								V
I _{1-A3} Con reemplazo de marco por aluminio con RPT								V
I _{1-A4} Con reemplazo de marco por PVC (2 cámaras)								V
I ₂ Incorporación de protección solar exterior								V
I ₃ Colocación de carpintería en paralelo								Λ
I _{3-A1} Marco de aluminio sin RPT con vidrio simple								Λ
Marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro 4 mm + marco y hoja de aluminio sin RPT, vidrio simple incoloro 4 mm	SI (cortina de tela)	NO	ALUMINIO SIN RPT	2.18	K4	0.79	47193.57	
I _{3-A2} Marco de aluminio sin RPT con DVH								V
I _{3-A3} Marco de aluminio con RPT con DVH								V
I _{3-A4} Marco de PVC (2 cámaras) con vidrio simple								V
I _{3-A5} Marco de PVC (2 cámaras) con DVH								V

Catálogo 15: Estrategias de reciclado para el componente ventana del área hospitalaria de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

Al igual que para cada una de las soluciones tecnológico-constructivas existentes relevadas, se utilizó la planilla CEEMACON.xls para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K) y del riesgo de condensación superficial e intersticial de cada una de las propuestas de reciclado de la envolvente edilicia opaca, así como para la verificación del cumplimiento de las Normas IRAM 11605 (Nivel B) y 11625 respectivamente, exigidas por la Ley N° 13.059 (Planillas 16 y 17). Cabe aclarar que, en la planilla para la verificación de K, se puede observar que el Nivel B exigido por la Ley N° 13.059 es el “K recomendado”. En el caso del componente techo, nótese que en la pestaña “CAPAS” de la hoja de cálculo CEEMACON.xls, la resistencia superficial interior (R.S.I.) que aparece por defecto es la correspondiente a la condición de invierno (0,10 m².K/W), pero en

la pestaña "VERIFICA", se corroboró que el coeficiente de transmitancia térmica K para la condición de verano, haya sido calculado con la R.S.I. correspondiente (0,17 m².K/W). Se pueden consultar las planillas correspondientes a cada una de las propuestas de reciclado en el Anexo 1: Uso de hoja de cálculo para la verificación del comportamiento higrotérmico de la envolvente edilicia opaca.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO												
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE												
		VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE						
		MINIMO		SI VERIFICA		SUPERFICIAL		SI VERIF.				
		RECOMEN.		SI VERIFICA		INTERSTICIAL		SI VERIF.				
		ECOLOGICO		NO VERIFICA								
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocio (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR									1.75	22.00	
	R.S.I.											
			CONDUC	0.130			PERM	PERM				
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.75	19.36	15.30
2	LADRILLO HUECO NO PORTANTE	0.1800	0.440	0.409	1800	324.0	0.080		2.25	1.66	18.92	14.54
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	1.22	10.60	9.99
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	1.17	10.51	9.38
5	BASE COAT	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.022		0.23	1.08	10.15	8.18
6	PLACA EPS 20 Kg/m3	0.0200	0.035	0.571	25	0.5	0.008		2.67	1.03	10.06	7.54
7	BASE COAT Y "FINISH"	0.0070	1.130	0.006	2000	14.0	0.022		0.32	0.51	-1.56	-2.29
8										0.45	-1.69	-3.81
11												
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
		Espesor Total:	0.257	Res.Ter.Tot.	1.204	K=1/Rt	0.830	Peso Total	434.50	Resis.paso vapor tot.	6.621	

Planilla 16: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial de la estrategia de reciclado (I₁-A₁) para el muro M5.

Fuente: Elaboración propia en el Programa CEEMACON.xls

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO						VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE		
						MINIMO	SI VERIFICA		SUPERFICIAL		SI VERIF.	
						RECOMEN.	SI VERIFICA		INTERSTICIAL		SI VERIF.	
						ECOLOGICO	NO VERIFICA					
Nº Elem.	CAPAS	Espe-sor m	Conduc-tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea-bilidad g/m.h.KPa	Per-meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
AIRE INTERIOR			Ver Planilla				Ver Planilla		Ver Planilla		1.75	22.00
R.S.I.			CONDUC		0.100		PERM		PERM			
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.75	21.08	15.30
2	Hoja de aluminio	0.0001		0.140				0.0112	89.29	1.74	20.82	15.28
3	Lana de vidrio	0.0800	0.040	2.000	15	1.2	0.500		0.16	0.58	19.54	-0.68
4	Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	0.58	1.21	-0.73
5	Losa de hormigón armado	0.1000	2.500	0.040	2500	250.0	0.022		4.55	0.57	-0.71	-0.96
6	Contrapiso (hormigón de cascote)	0.0800	0.930	0.086	1800	144.0	0.044		1.82	0.51	-1.08	-2.33
7	Carpeta de nivelación (concreto)	0.0300	1.300	0.023	2000	60.0	0.022		1.36	0.49	-1.87	-2.89
8	Aislación hidrófuga	0.0040	0.700	0.006				0.6700	1.49	0.47	-2.08	-3.32
11										0.45	-2.13	-3.81
R.S.E.					0.040					0.45	-2.50	
AIRE EXTERIOR										0.45	-2.50	
Espesor Total:		0.807		Res.Ter.Tot		K=1/Rt		Peso Total		Resis.paso vapor tot.		
				2.673		0.374		467.70		99.643		

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	0.37	
K mínimo	0.76	SI VERIFICA
K recomendado	0.48	SI VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 17: Planilla para la verificación de K y riesgo de condensación superficial e intersticial de la estrategia de reciclado (I₂-A₃) para el techo T8.

Fuente: Elaboración propia en el Programa CEEMACON.xls

Para el análisis del comportamiento energético de cada una de las propuestas de reciclado de las ventanas existentes, a partir del cálculo del coeficiente de transmitancia térmica y del factor solar, se utilizó la herramienta desarrollada ad hoc. A modo de ejemplo, se incluye la Planilla 18 correspondiente a la técnica de intervención I₂, que se basa en la incorporación de una cortina de enrollar a la ventana existente (C2). Se pueden consultar las planillas correspondientes a las demás propuestas de reciclado en el Anexo 2: Uso de la herramienta desarrollada para el cálculo de la transmitancia térmica (K) de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado ($\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
2.84	K4	0.18
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m^2) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.60	1.60	2.56
Material marco:		Chapa
K marco ($\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$):		6.02
Superficie marco (m^2):		0.77
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio ($\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m^2):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Cortina de enrollar de madera, metálicas, de PVC o aluminio
Resistencia (R) protección solar exterior:		0.155
*FS = Factor Solar **En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 18: Planilla para la verificación de K y factor solar de la ventana existente (V2) luego de aplicar la técnica de intervención I₂.
Fuente: Elaboración propia

Para calcular el Costo de Inversión (CI) de cada una de las propuestas de reciclado de la envolvente edilicia vertical y horizontal, se elaboraron fichas en las que se incluyeron los precios de los materiales y la mano de obra necesarios para materializar 1 m² de cada solución tecnológico-constructiva. Se utilizaron como fuentes la Revista Vivienda y el Suplemento Clarín de Arquitectura. Los valores están expresados en pesos argentinos (\$), teniendo en cuenta que 198 \$ = 1 U\$\$ al 14/02/23, según cotización del Banco Nación. Ante modificaciones futuras de dicha cotización, se considera que la misma mantendrá cierta proporcionalidad en cuanto a los diversos materiales y sus costos, permitiendo sostener el análisis comparado. Se pueden consultar las fichas correspondientes a cada una de las soluciones tecnológico-constructivas propuestas en el Anexo 3: Fichas de precios de cada solución tecnológico-constructiva de la envolvente edilicia vertical y horizontal. A modo de ejemplo, se incluye la ficha de precios correspondiente a la propuesta de reciclado I₁-A₁ para el muro M5 (Ficha 2), basada en la incorporación de aislamiento térmico exterior (placas de EPS) mediante el sistema EIFS. También se incorpora la ficha de precios

correspondiente a la propuesta de reciclado I₂-A₃ para el techo T8 (Ficha 3), basada en la incorporación de aislamiento térmico interior con barrera de vapor en el cielorraso suspendido (lana de vidrio con foil de aluminio). Por último, se incluye la Ficha 4 correspondiente a la técnica de intervención I₂, basada en la incorporación de una cortina de enrollar a la carpintería existente C2.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁)					COMPONENTE MURO	
Incorporación de aislamiento térmico exterior (placas de EPS) mediante sistema EIFS						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Placas de EPS 2 cm (20 Kg/m ³)	1.05	m ²	Placa 1mx1m	1.05	\$ 1,014.50	\$ 1,065.23
Sistema EIFS						
Adhesivo para placas de EPS	4	Kg	Bolsa 30 Kg	0.133	\$ 3,221.50	\$ 429.53
Base coat	2	Kg	Bolsa 30 Kg	0.067	\$ 6,067.65	\$ 404.51
Malla de fibra de vidrio (110grs)	1.05	m ²	Rollo 50 m ²	0.021	\$ 13,883.24	\$ 291.55
Revestimiento						
Revestimiento plástico texturado	2	Kg	Balde 20 Kg	0.100	\$ 20,448.83	\$ 2,044.88
Pintura (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex para exteriores	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 17,544.82	\$ 219.31
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Sistema EIFS						
Oficial (albañil)	0.47	h/m ²			\$ 624.00	\$ 293.28
Ayudante	0.47	h/m ²			\$ 528.00	\$ 248.16
Revestimiento						
Oficial (albañil)	0.35	h/m ²			\$ 624.00	\$ 218.40
Ayudante	0.13	h/m ²			\$ 528.00	\$ 68.64
Pintura						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(placas de EPS) mediante sistema EIFS con revestimiento					\$ 5,468.69	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(placas de EPS) mediante sistema EIFS con pintura					\$ 3,703.26	

Ficha 2: Ficha de precios para la propuesta tecnológico-constructiva de reciclado (I₁-A₁) del componente muro.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₃) para cubierta plana					COMPONENTE	
Incorporación de aislamiento térmico interior en el cielorraso (lana de vidrio)					TECHO	
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico interior						
Lana de vidrio 80 mm con foil de aluminio	1.05	m ²	Rollo 1.2x12m	0.073	\$ 24,917.32	\$ 1,816.89
Cielorraso suspendido de placas de yeso con estructura metálica						
Solera de chapa galvanizada de 35 mm	1.30	m	Perfil 2.6m	0.500	\$ 662.46	\$ 331.23
Montante de chapa galvanizada de 35 mm	2.95	m	Perfil 2.6m	1.135	\$ 760.71	\$ 863.11
Tornillos T1	16	Unidad	Caja 500u	0.032	\$ 9,719.57	\$ 311.03
Tornillos T2	18	Unidad	Caja 500u	0.036	\$ 10,603.10	\$ 381.71
Cinta para juntas	1.65	m	Rollo 150m	0.011	\$ 1,761.05	\$ 19.37
Masilla (interiores)	0.90	Kg	Balde 32 Kg	0.028	\$ 4,293.00	\$ 120.74
Fijaciones	6	Unidad	Caja 100u	0.060	\$ 1,615.96	\$ 96.96
Placa de yeso esp. 12.5 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 2,769.00	\$ 1,009.53
Pintura cielorrasos (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex esp. p/cielorrasos	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 23,690.94	\$ 296.14
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Cielorraso con estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.75	h/m ²			\$ 624.00	\$ 468.00
Ayudante	0.75	h/m ²			\$ 528.00	\$ 396.00
Pintado cielorraso (base + 2 manos)						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico interior con barrera de vapor (lana de vidrio con foil de aluminio)					\$ 6,578.63	

Ficha 3: Ficha de precios para la propuesta tecnológico-constructiva de reciclado (I₂-A₃) del componente techo.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂)					COMPONENTE VENTANA	
Incorporación de cortina de enrollar a la carpintería existente						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Cortina de enrollar						
Cortina de enrollar de PVC reforzado	1	m ²	m ²	1.00	\$ 7,348.00	\$ 7,348.00
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Oficial	0.80	h/m ²			\$ 624.00	\$ 499.20
Ayudante	0.80	h/m ²			\$ 528.00	\$ 422.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de cortina de enrollar de PVC a la carpintería existente					\$ 8,269.60	

Ficha 4: Ficha de precios para la propuesta tecnológico-constructiva de reciclado del componente ventana mediante la técnica de intervención I₂.

Fuente: Elaboración propia

3.3 Evaluación

En esta etapa, se determinó la estrategia de reciclado más conveniente para cada una de las partes de la envolvente edilicia (muros, techos y ventanas) de las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria. La utilización de la metodología de evaluación multicriterio permitió comparar las distintas propuestas tecnológico-constructivas (apartado 3.2) y a partir de estas, establecer los criterios para el análisis y selección de las más convenientes.

En primer lugar, se aplicó la metodología de evaluación multicriterio a la envolvente vertical opaca (muros) de las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria. Se continúa con la aplicación de la metodología en las áreas mencionadas, por sus elevados requerimientos de climatización (Gráfico 8), los cuales están directamente vinculados a los m^2 de superficie de envolvente edilicia, pero también a las características técnico-constructivas de la misma. No obstante, la metodología puede replicarse en cada una de las áreas hospitalarias y facilitar, de esta manera, su implementación de forma masiva en el sector salud. Dicha metodología comprende las siguientes etapas:

- **Etapa 1:** Se establecieron dos criterios relevantes para comparar las distintas propuestas tecnológico-constructivas de reciclado del componente muro. Por un lado, se consideró el comportamiento higrotérmico, determinado por el coeficiente de transmitancia térmica (K) calculado para cada solución tecnológica constructiva en $(W/m^2 \cdot ^\circ C)$ y por el otro, el Costo de Inversión (CI) en $(\$/m^2)$ que implica cada una de las estrategias de reciclado. Cabe señalar que, en cuanto al comportamiento higrotérmico, no se tuvo en cuenta la condensación superficial/intersticial porque todas las soluciones tecnológico-constructivas de reciclado del componente muro verifican la Norma IRAM 11625.
- **Etapa 2:** Una vez definidos los dos criterios (transmitancia térmica y costo de inversión), en las Tablas 13 y 14 se escribieron de forma matricial los valores correspondientes a cada una de las propuestas tecnológico-constructivas formuladas, para las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria, respectivamente, los cuales se obtuvieron de los catálogos de reciclado incluidas en el apartado 3.2 (Catálogo 10 para internación y Catálogo 13 para atención ambulatoria).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN		
Propuesta (I _n -A _p)	K (W/m ² °C)	CI (\$/m ²)
(I ₁ -A ₁)	0.83	3703.26
(I ₁ -A ₃)	0.43	7309.55
(I ₂ -A ₃)	0.48	5816.32
(I ₂ -A ₄)	0.39	7503.34

Tabla 13: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de internación.

Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuesta (I _n -A _p)	K (W/m ² °C)	CI (\$/m ²)
(I ₁ -A ₂)	0.58	9467.76
(I ₁ -A ₄)	0.41	9540.00
(I ₂ -A ₁)	0.72	4937.61
(I ₂ -A ₂)	0.53	7431.10

Tabla 14: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

- **Etap 3:** En las Tablas 15 y 16, se compararon todos los pares de alternativas posibles para eliminar aquellas que resulten ser soluciones dominadas, utilizando el criterio de dominancia de Pareto (Pareto et. al 1906 op. Cit.). Dado que hay N=4 alternativas diferentes en cada una de las áreas hospitalarias analizadas (internación y atención ambulatoria), se tiene $N \times (N-1) / 2 = 6$, por lo que se compararon seis pares de alternativas en cada área, para identificar si hay alguna dominada, en cuyo caso debe eliminarse.

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN				
Propuestas (I _n -A _p)	(I ₁ -A ₁)	(I ₁ -A ₃)	(I ₂ -A ₃)	(I ₂ -A ₄)
(I ₁ -A ₁)	-	No dominadas	No dominadas	No dominadas
(I ₁ -A ₃)	No dominadas	-	No dominadas	No dominadas
(I ₂ -A ₃)	No dominadas	No dominadas	-	No dominadas
(I ₂ -A ₄)	No dominadas	No dominadas	No dominadas	-

Tabla 15: Comparación de pares de propuestas para el área de internación.

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, tal como se puede observar en la Tabla 15, para el área hospitalaria de internación no fue posible eliminar ninguna alternativa pues, para cada par analizado, no se da el caso en que haya dominancia de Pareto de una alternativa respecto de la otra.

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA				
Propuestas (I_n-A_p)	(I_1-A_2)	(I_1-A_4)	(I_2-A_1)	(I_2-A_2)
(I_1-A_2)	-	No dominadas	No dominadas	(I_1-A_2) es dominada
(I_1-A_4)	No dominadas	-	No dominadas	No dominadas
(I_2-A_1)	No dominadas	No dominadas	-	No dominadas
(I_2-A_2)	(I_1-A_2) es dominada	No dominadas	No dominadas	-

Tabla 16: Comparación de pares de propuestas para el área de atención ambulatoria.
Fuente: Elaboración propia

En síntesis, tal como se puede observar en la Tabla 16, para el área hospitalaria de atención ambulatoria, se compararon las propuestas (I_1-A_2) y (I_2-A_2) y resultó que la primera es una solución dominada. Si bien ambos pares de propuestas incluyen al poliuretano (PU) como aislante térmico, difieren en su incorporación desde el exterior o interior y, por lo tanto, en la terminación, lo que aumentó el costo de inversión del par (I_1-A_2). En conclusión, se eliminó la alternativa (I_1-A_2), por tratarse de una solución dominada (por I_2-A_2).

- **Etapa 4:** Se procedió a normalizar los valores de cada uno de los criterios (transmitancia térmica y costo de inversión) y reescribir la matriz con las soluciones tecnológico-constructivas no dominadas, con los nuevos valores normalizados. Para ello se utilizó, para cada criterio, la función:

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

Esta función asigna valores (en el intervalo cerrado $[0,1]$) más altos a los valores más pequeños, asignándole el valor 1 (el óptimo) al valor mínimo teórico y 0 al valor máximo teórico del criterio que se esté considerando. En el caso del criterio de la transmitancia térmica (K), el valor máximo teórico es el correspondiente al nivel B de la Norma IRAM 11605 para La Plata ($0.93 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ para muros) mientras que el valor mínimo teórico es $0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Para el criterio del Costo de Inversión (CI), el valor máximo teórico estará determinado por el presupuesto con el que se cuente, que en este caso, hipotéticamente será de \$ 15000 por metro cuadrado, mientras que el valor mínimo teórico será de \$ 0 por metro cuadrado.

En el caso del criterio de la transmitancia térmica (K), la función tiene la siguiente ecuación $f(x)=(0.93-x) / (0.93-0)$. De forma similar, para el caso del criterio del costo de inversión (CI), la función resulta ser $f(x)=(15000-x) / (15000-0)$. En las Tablas 17 y 18 se pueden observar

los valores normalizados correspondientes a los dos criterios establecidos para cada una de las propuestas de reciclado en las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria.

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN		
Propuesta (I _n -A _p)	K (W/m ² °C)	CI (\$/m ²)
(I ₁ -A ₁)	0.108	0.753
(I ₁ -A ₃)	0.538	0.513
(I ₂ -A ₃)	0.484	0.612
(I ₂ -A ₄)	0.581	0.500

Tabla 17: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de internación.
Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuesta (I _n -A _p)	K (W/m ² °C)	CI (\$/m ²)
(I ₁ -A ₄)	0.559	0.364
(I ₂ -A ₁)	0.226	0.671
(I ₂ -A ₂)	0.430	0.505

Tabla 18: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente muro del área de atención ambulatoria.
Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 5:** Se determinó la importancia relativa de cada uno de los criterios considerados y se construyó la función de preferencia. En este caso, se asignó la misma importancia a ambos criterios ($c_1, c_2 = 0.5$).

$$f(K, CI) = c_1 K + c_2 CI \quad [4]$$

donde $c_1, c_2 = 0.5$

- **Etapa 6:** En cada área hospitalaria, se aplicó a cada vector de la matriz con valores normalizados, la función de preferencia de la etapa anterior para obtener una calificación (Tablas 19 y 20).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN			
Propuesta (I _n -A _p)	c ₁ * K (c ₁ = 0.5)	c ₂ * CI (c ₂ = 0.5)	(c ₁ *K) + (c ₂ *CI)
(I ₁ -A ₁)	0.05	0.38	0.43
(I ₁ -A ₃)	0.27	0.26	0.53
(I ₂ -A ₃)	0.24	0.31	0.55
(I ₂ -A ₄)	0.29	0.25	0.54

Tabla 19: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de internación.
Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA			
Propuesta (I _n -A _p)	c ₁ * K (c ₁ = 0.5)	c ₂ * CI (c ₂ = 0.5)	(c ₁ *K) + (c ₂ *CI)
(I ₁ -A ₄)	0.28	0.18	0.46
(I ₂ -A ₁)	0.11	0.34	0.45
(I ₂ -A ₂)	0.22	0.25	0.47

Tabla 20: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 7:** Vistos los resultados de la etapa anterior (Tablas 19 y 20), en el caso del área hospitalaria de internación, se observó que la propuesta de reciclado (I₂-A₃) tiene el mayor puntaje (0.55) y, por lo tanto, es la mejor teniendo en cuenta simultáneamente ambos criterios -K y CI- (y considerando que el peso de ambos criterios es el mismo en este caso). Por otra parte, en el caso del área hospitalaria de atención ambulatoria, el mayor puntaje (0.47) en la Tabla 20 corresponde al par I₂-A₂.

La solución tecnológica constructiva (I₂-A₃) para el área hospitalaria de internación se basa en la incorporación de aislamiento térmico interior (lana de vidrio con barrera de vapor incorporada) y permite reducir el coeficiente de transmitancia térmica (K) en un 70% con respecto al caso base, con un costo de inversión de \$ 5816.32 por metro cuadrado. Por otro lado, la propuesta tecnológica constructiva (I₂-A₂) para el área hospitalaria de atención ambulatoria se basa en la incorporación de aislamiento térmico interior, poliuretano en este caso, con lo cual el coeficiente de transmitancia térmica se reduce en un 68% con respecto al caso base, con un costo de inversión de \$7431.10 por metro cuadrado.

Como conclusión, se observa que las propuestas de reciclado óptimas en ambas áreas hospitalarias corresponden a la incorporación de aislamiento térmico desde el interior, lo cual puede deberse a que la terminación final, en el caso de las propuestas que incluyen aislamiento térmico exterior, incrementa el costo de inversión. Asimismo, puede ocurrir, generalmente en el área hospitalaria de internación, que sea necesario intervenir la envolvente desde el exterior para no afectar el normal funcionamiento del área. En este caso, se selecciona de la Tabla 19 la propuesta I₁-A₃, ya que tiene mayor puntaje (0.53) que la propuesta I₁-A₁ (0.43). La solución tecnológica constructiva planteada en el par I₁-A₃, que incluye la incorporación de lana de vidrio desde el exterior, permite reducir el coeficiente de transmitancia térmica (K) en un 73% con respecto al caso base, con un costo de inversión de \$ 7309.55 por metro cuadrado.

A continuación, se aplicó la misma metodología de evaluación multicriterio a la envolvente horizontal (techos) de las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria, considerando las etapas mencionadas anteriormente:

- **Etapla 1:** Para comparar las distintas propuestas tecnológico-constructivas de reciclado del componente techo con respecto al caso base (T8 en internación y T2 en atención ambulatoria), se establecieron los mismos criterios que en el caso del componente muro, es decir, la transmitancia térmica (K) en ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) y el Costo de Inversión (CI) en ($\$/m^2$). Cabe señalar que, en cuanto al comportamiento higrotérmico, no se tuvo en cuenta la condensación superficial/intersticial porque todas las soluciones tecnológico-constructivas de reciclado del componente techo verifican la Norma IRAM 11625.
- **Etapla 2:** Una vez definidos los dos criterios, en las Tablas 21 y 22 se escribieron de forma matricial los valores correspondientes a cada una de las propuestas tecnológico-constructivas formuladas para las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria, los cuales se obtuvieron del apartado 3.2 (Catálogo 11 para internación y Catálogo 14 para atención ambulatoria). Cabe aclarar que, como para el componente techo, se cuenta con dos valores de K correspondientes a la condición de invierno y de verano, se tiene en cuenta el más exigente (condición de verano).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN		
Propuesta (I_n-A_p)	K ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	CI ($\$/m^2$)
(I_1-A_1)	0.43	6419.23
(I_2-A_3)	0.37	6578.63

Tabla 21: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de internación.
Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuesta (I_n-A_p)	K ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	CI ($\$/m^2$)
(I_1-A_1)	0.44	6797.07
(I_1-A_3)	0.43	7602.00

Tabla 22: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de atención ambulatoria.
Fuente: Elaboración propia

- **Etapla 3:** En cada una de las áreas hospitalarias analizadas (internación y atención ambulatoria), se compararon los pares de alternativas posibles para eliminar aquellas que resulten ser soluciones dominadas, utilizando el criterio de dominancia de Pareto (Pareto et. al 1906 op. Cit.). Dado que hay $N=2$ alternativas diferentes en ambas áreas hospitalarias, se tiene $N \times (N-1) / 2 = 1$, por lo que se comparó un par de alternativas en cada área para identificar si hay alguna dominada, en cuyo caso debe eliminarse (Tablas 23 y 24).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN		
Propuestas (I_n-A_p)	(I_1-A_1)	(I_2-A_3)
(I_1-A_1)	-	No dominadas
(I_2-A_3)	No dominadas	-

Tabla 23: Comparación de pares de propuestas para el área de internación.
Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuestas (I_n-A_p)	(I_1-A_1)	(I_1-A_3)
(I_1-A_1)	-	No dominadas
(I_1-A_3)	No dominadas	-

Tabla 24: Comparación de pares de propuestas para el área de atención ambulatoria.
Fuente: Elaboración propia

En el área hospitalaria de internación, se compararon las propuestas (I_1-A_1) y (I_2-A_3) y resultó que ambas constituyen soluciones no dominadas (Tabla 23). Por otro lado, en el área hospitalaria de atención ambulatoria, se compararon las propuestas (I_1-A_1) y (I_1-A_3) y resultó también que ambas constituyen soluciones no dominadas (Tabla 24). En síntesis, no fue posible eliminar ninguna alternativa pues, para cada par analizado, no se da el caso en que haya dominancia de Pareto de una alternativa respecto de la otra.

- **Etapa 4:** Se procedió a normalizar los valores de cada uno de los criterios (K y CI) y reescribir la matriz. Para ello se utilizó, para cada criterio, la función:

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

Al normalizar, para cada atributo se eligieron valores máximo y mínimo teóricos: en el caso del criterio de la transmitancia térmica (K), el valor máximo es el correspondiente al nivel B de la Norma IRAM 11605 para la condición de verano para La Plata ($0.48 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ para techos) mientras que el valor mínimo es $0 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Para el criterio del Costo de Inversión (CI), el valor máximo estará determinado por el presupuesto con el que se cuente, que en este caso, hipotéticamente será de \$ 15000 por metro cuadrado, mientras que el valor mínimo será de \$ 0 por metro cuadrado.

En el caso del criterio de la transmitancia térmica (K), la función tiene la siguiente ecuación $f(x)=(0.48-x) / (0.48-0)$. De forma similar, para el caso del criterio del costo de inversión (CI),

la función resulta ser $f(x) = (15000 - x) / (15000 - 0)$. En las Tablas 25 y 26 se pueden observar los valores normalizados correspondientes a los dos criterios establecidos, para cada una de las propuestas de reciclado en las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria.

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN		
Propuesta ($I_n - A_p$)	K ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	CI ($\$/m^2$)
($I_1 - A_1$)	0.104	0.572
($I_2 - A_3$)	0.229	0.561

Tabla 25: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de internación.

Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuesta ($I_n - A_p$)	K ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	CI ($\$/m^2$)
($I_1 - A_1$)	0.083	0.547
($I_1 - A_3$)	0.104	0.493

Tabla 26: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente techo del área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

- **Etapla 5:** Se construyó la función de preferencia igual que para el componente muro. Sea c_i el peso del criterio "K normalizado" y c_{ii} el peso del criterio "CI normalizado", se tiene que: $c_1 + c_2 = 1$, luego $c_2 = 1 - c_1$. En este caso, al igual que para el componente muro, se asignó la misma importancia a ambos criterios ($c_1, c_2 = 0.5$). En consecuencia, la función de preferencia tiene la siguiente forma:

$$f(K, CI) = c_1 K + c_2 CI \quad [4]$$

donde $c_1, c_2 = 0.5$

- **Etapla 6:** En cada área hospitalaria, se aplicó a cada vector de la matriz con valores normalizados, la función de preferencia para obtener una puntuación (Tablas 27 y 28).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN			
Propuesta ($I_n - A_p$)	$c_1 * K$ ($c_1 = 0.5$)	$c_2 * CI$ ($c_2 = 0.5$)	$(c_1 * K) + (c_2 * CI)$
($I_1 - A_1$)	0.05	0.29	0.34
($I_2 - A_3$)	0.11	0.28	0.40

Tabla 27: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de internación.

Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA			
Propuesta (I_n-A_p)	$c_1 * K$ ($c_1 = 0.5$)	$c_2 * CI$ ($c_2 = 0.5$)	($c_1 * K$) + ($c_2 * CI$)
(I_1-A_1)	0.04	0.27	0.32
(I_1-A_3)	0.05	0.25	0.30

Tabla 28: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 7:** Vistos los resultados de la etapa anterior (Tabla 27), se observó que de las dos propuestas de reciclado para el componente techo del área hospitalaria de internación, la que corresponde a la solución tecnológica constructiva (I_2-A_3), es la óptima ya que tiene mayor puntaje (0.40). En el caso del área hospitalaria de atención ambulatoria, la solución tecnológica constructiva óptima corresponde al par (I_1-A_1), ya que tiene el mayor puntaje (0.32) en la Tabla 28.

La estrategia (I_2-A_3) para el reciclado del componente techo del área hospitalaria de internación se basa en la incorporación de aislación térmica (lana de vidrio) desde el interior, en el cielorraso (Catálogo 11) y permite reducir el coeficiente de transmitancia térmica (K) en un 77% con respecto al caso base (T8), con un costo de inversión de \$ 6578.63 por metro cuadrado. Por otra parte, la estrategia (I_1-A_1) de reciclado del componente techo del área hospitalaria de atención ambulatoria se basa en la incorporación de aislamiento térmico desde el exterior: las placas de EPS se colocan entre el entablonado o machimbre y la cubierta original de chapa, lo que permite reducir el coeficiente de transmitancia térmica (K) en un 75% con respecto al caso base (T2), con un costo de inversión de \$ 6797.07 por metro cuadrado. Como conclusión, y en función de los resultados obtenidos para el caso de estudio, se puede decir que en el caso de una cubierta plana (T8 – internación) es conveniente entonces, intervenir desde el interior mientras que para el caso de una cubierta inclinada (T2 – atención ambulatoria) conviene hacerlo desde el exterior.

Por último, se aplicó la metodología de evaluación multicriterio a la envolvente vertical transparente (ventanas) de las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria, considerando las etapas antes mencionadas:

- **Etapa 1:** Para comparar las distintas propuestas de reciclado de las ventanas con respecto al caso base (V2 en internación y V3 en atención ambulatoria), se establecieron los mismos

criterios que para los muros y techos, es decir, la transmitancia térmica (K) en (W/m².°C) y el Costo de Inversión (CI) en (\$/m²).

- **Etapa 2:** Una vez definidos los dos criterios, en las Tablas 29 y 30 se escribieron de forma matricial los valores correspondientes a cada una de las propuestas de reciclado, los cuales se obtuvieron de los catálogos 12 y 15, correspondientes al área hospitalaria de internación y atención ambulatoria respectivamente, incluidos en el apartado 3.2.

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN		
Propuesta (I _n -A _p)	K (W/m ² .°C)	CI (\$/m ²)
(I ₁ -A ₂)	3.62	59799.97
(I ₁ -A ₄)	2.66	51548.67
(I ₂)	2.84	8269.60
(I ₃ -A ₁)	2.04	47193.57

Tabla 29: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de internación.
Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuesta (I _n -A _p)	K (W/m ² .°C)	CI (\$/m ²)
(I ₁ -A ₁)	3.62	34236.42
(I ₃ -A ₁)	2.18	47193.57

Tabla 30: Valores de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de atención ambulatoria.
Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 3:** En cada una de las áreas hospitalarias analizadas (internación y atención ambulatoria), se compararon todos los posibles pares de alternativas para eliminar aquellas que resulten ser soluciones dominadas, utilizando el criterio de dominancia de Pareto (Pareto et. al 1906 op. Cit.).

En el área hospitalaria internación, dado que hay N=4 alternativas diferentes, se tiene $N \times (N-1) / 2 = 6$, por lo que en la Tabla 31 se compararon seis pares de alternativas para identificar si hay alguna dominada, en cuyo caso debe eliminarse. En síntesis, se eliminaron las alternativas (I₁-A₂) y (I₁-A₄), por ser soluciones dominadas.

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN				
Propuestas (I _n -A _p)	(I ₁ -A ₂)	(I ₁ -A ₄)	(I ₂)	(I ₃ -A ₁)
(I ₁ -A ₂)	-	(I ₁ -A ₂) es dominada	(I ₁ -A ₂) es dominada	(I ₁ -A ₂) es dominada
(I ₁ -A ₄)	(I ₁ -A ₂) es dominada	-	No dominadas	(I ₁ -A ₄) es dominada
(I ₂)	(I ₁ -A ₂) es dominada	No dominadas	-	No dominadas
(I ₃ -A ₁)	(I ₁ -A ₂) es dominada	(I ₁ -A ₄) es dominada	No dominadas	-

Tabla 31: Comparación de pares de propuestas para el área de internación.
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en el área hospitalaria atención ambulatoria, dado que hay $N=2$ alternativas diferentes, se tiene $N \times (N-1) / 2 = 1$, por lo que en la Tabla 32 se comparó el par de alternativas posibles y resultó que las propuestas (I_1-A_1) y (I_1-A_3) constituyen soluciones no dominadas.

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuestas (I_n-A_p)	(I_1-A_1)	(I_3-A_1)
(I_1-A_1)	-	No dominadas
(I_3-A_1)	No dominadas	-

Tabla 32: Comparación de pares de propuestas para el área de atención ambulatoria.
Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 4:** Se procedió a normalizar los valores de cada uno de los criterios (K y CI) y reescribir la matriz. Para ello se utilizó, para cada criterio, la función:

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

Al normalizar, para cada atributo se eligieron valores máximo y mínimo teóricos: en el caso del criterio de la transmitancia térmica (K), el valor máximo es el correspondiente a la categoría de aislación K5 de la Norma IRAM 11507-4 ($4.00 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) mientras que el valor mínimo es $0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Para el criterio del Costo de Inversión (CI), el valor máximo estará determinado por el presupuesto con el que se cuente que, en este caso, hipotéticamente será de \$ 65000 por metro cuadrado, mientras que el valor mínimo será de \$ 0 por metro cuadrado.

En el caso del criterio de la transmitancia térmica (K), la función tiene la siguiente ecuación $f(x) = (4 - x) / (4 - 0)$. De forma similar, para el caso del criterio del costo de inversión (CI), la función resulta ser $f(x) = (65000 - x) / (65000 - 0)$. En las Tablas 33 y 34 se pueden observar los valores normalizados correspondientes a los dos criterios establecidos, para cada una de las propuestas de reciclado en las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria.

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN		
Propuesta (I_n-A_p)	K ($W/m^2\text{°C}$)	CI ($\$/m^2$)
(I_2)	0.290	0.873
(I_3-A_1)	0.490	0.274

Tabla 33: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de internación.

Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA		
Propuesta (I_n-A_p)	K ($W/m^2\text{°C}$)	CI ($\$/m^2$)
(I_1-A_1)	0.095	0.473
(I_3-A_1)	0.455	0.274

Tabla 34: Valores normalizados de K y CI de cada una de las propuestas de reciclado para el componente ventana del área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 5:** Se construyó la función de preferencia igual que para los componentes muro y techo. En este caso, al igual que para los componentes muro y techo, se asignó la misma importancia a ambos criterios ($c_1, c_2 = 0.5$). En consecuencia, la función de preferencia tiene la siguiente forma:

$$f(K, CI) = c_1 K + c_2 CI \quad [4]$$

donde $c_1, c_2 = 0.5$

- **Etapa 6:** En cada área hospitalaria, se aplicó a cada vector de la matriz con valores normalizados, la función de preferencia para obtener una puntuación (Tablas 35 y 36).

ÁREA HOSPITALARIA: INTERNACIÓN			
Propuesta (I_n-A_p)	$c_1 * K$ ($c_1 = 0.5$)	$c_2 * CI$ ($c_2 = 0.5$)	$(c_1 * K) + (c_2 * CI)$
(I_2)	0.15	0.44	0.58
(I_3-A_1)	0.25	0.14	0.38

Tabla 35: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de internación.

Fuente: Elaboración propia

ÁREA HOSPITALARIA: ATENCIÓN AMBULATORIA			
Propuesta (I_n-A_p)	$c_1 * K$ ($c_1 = 0.5$)	$c_2 * CI$ ($c_2 = 0.5$)	$(c_1 * K) + (c_2 * CI)$
(I_1-A_1)	0.05	0.24	0.28
(I_3-A_1)	0.23	0.14	0.36

Tabla 36: Resultados de la aplicación de la función de preferencia a los valores normalizados que describen las propuestas para el área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa 7:** Vistos los resultados de la etapa anterior (Tabla 35), se observó que de las dos propuestas de reciclado para el componente ventana del área hospitalaria de internación, la que corresponde a la solución tecnológica constructiva (I_2), es la óptima ya que tiene mayor puntaje (0.58). Ahora bien, en el área hospitalaria de atención ambulatoria, se observó que la propuesta óptima para el reciclado de la ventana existente (V_3) es la que representa el par (I_3-A_1), ya que tiene el mayor puntaje (0.36) en la Tabla 36.

La estrategia (I_2) para el reciclado del componente ventana del área hospitalaria de internación se basa en la incorporación de una protección solar exterior (cortina de enrollar) a la carpintería existente y permite reducir el coeficiente de transmitancia térmica (K) en un 44% con respecto al caso base (V_2), con un costo de inversión de \$ 8269.60 por metro cuadrado (Catálogo 12). Por otra parte, la estrategia (I_3-A_1) para el reciclado del componente ventana del área hospitalaria de atención ambulatoria se basa en la colocación de una carpintería con marco de aluminio sin RPT y vidrio simple en paralelo y permite reducir el coeficiente de transmitancia térmica (K) en un 57% con respecto al caso base (V_3), con un costo de inversión de \$ 47193.57 por metro cuadrado (Catálogo 15).

Finalmente, se conforman las situaciones propuestas para el reciclado de la envolvente edilicia vertical y horizontal de las áreas hospitalarias de internación y atención ambulatoria, integradas por las soluciones tecnológico-constructivas halladas a partir de la aplicación de la metodología de evaluación multicriterio, para cada componente (muro, techo y ventanas). De esta manera, en el área hospitalaria internación, la terna queda conformada por la propuesta (I_2-A_3) para los componentes muro y techo y la solución tecnológica constructiva (I_2) para las ventanas (Figura 21). Por otro lado, en el área hospitalaria atención ambulatoria, la terna queda conformada por la propuesta (I_2-A_2) para el componente muro, el par (I_1-A_1) para el componente techo y la solución tecnológica constructiva (I_3-A_1) para las ventanas (Figura 22).

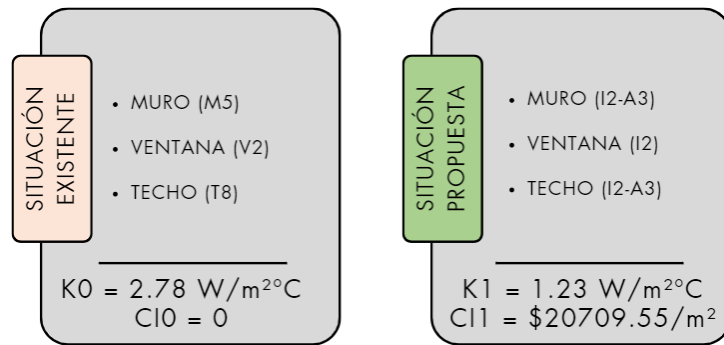


Figura 21: Síntesis de los valores de las variables K y CI correspondientes al área hospitalaria de internación.

Fuente: Elaboración propia

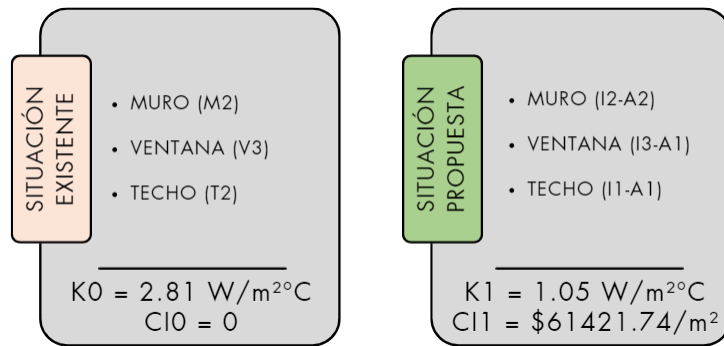


Figura 22: Síntesis de los valores de las variables K y CI correspondientes al área hospitalaria de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 21 y 22, y a los efectos de establecer un valor comparativo promedio entre los tres componentes (muro, techo y ventana), si bien no se consideraron los pesos relativos por superficie de cada uno de ellos, se estimó un valor de K_0 como resultante del promedio de los coeficientes de transmitancia térmica de cada una de las soluciones tecnológico-constructivas para muros, ventanas y techos, en la situación original (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. Es posible determinar cuánto se redujo (en %) el coeficiente de transmitancia térmica promedio en la situación propuesta, con respecto a la situación existente, en un área hospitalaria específica, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Reducción del } K_{prom} \text{ (en \%)} = 100 \% - \left(\frac{K_1 \times 100\%}{K_0} \right) \quad [5]$$

De esta manera, para el área hospitalaria internación se obtiene una reducción del K_{prom} del 56 % mientras que, en atención ambulatoria, esta disminución es del 62 %.

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:

$$C_{climatización} = C_{ocupación} + C_{iluminación} + C_{equipamiento} + C_{GAD} + C_{renovaciones} + C_{envolvente} \quad [6]$$

Donde:

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

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

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

$C_{equipamiento}$: 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

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

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

En consecuencia, es necesario definir cada una de las variables de la ecuación [6], los cuales se obtienen del trabajo de Martini (2010 op. Cit.). De esta manera, se puede establecer la participación que tiene la envolvente en las necesidades de climatización, lo cual dependerá del área hospitalaria que se esté analizando. Los signos positivos y negativos de cada componente de la ecuación corresponden a las ganancias o pérdidas energéticas relativamente.

- Para un Módulo Edificio Energético Productivo (MEEP) del área hospitalaria internación, la ecuación anterior resulta ser:

$$C_{climatización} = C_{ocupación} + C_{iluminación} + C_{equipamiento} + C_{GAD} + C_{renovaciones} + C_{envolvente} \quad [6]$$

$$C_{climatización} = 0.375 + 0.035 + 0.113 + 0.325 + (-0.695) + (-0.526)$$

$$C_{\text{climatización}} = -0.373$$

Luego, se aplica a las pérdidas de calor por envolvente ($C_{\text{envolvente}}$), el nivel de mejora obtenido en dicha envolvente a través del porcentaje de reducción del K_{prom} (56 %) calculado para el caso de internación, mientras que el resto de las variables se mantienen constantes:

$$C_{\text{climatización}} = 0.375 + 0.035 + 0.113 + 0.325 + (-0.695) + (-0.231)$$

$$C_{\text{climatización}} = -0.078$$

Como resultado, se puede observar que $C_{\text{climatización}}$ se redujo de $-0,373 \text{ kWh/día.m}^2$ a $-0,078 \text{ kWh/día.m}^2$, lo cual significa una disminución del 79,09 % de las necesidades energéticas de climatización para el área hospitalaria de internación. Entonces, se aplica este porcentaje de reducción de la demanda de climatización en el área de internación de cada uno de los hospitales de la red de salud en estudio que presentan la envolvente edilicia caracterizada por la terna (M5,V2,T8), la cual ha sido reemplazada por cada una de las propuestas tecnológico-constructivas óptimas (para muro, ventana y techo) halladas a partir de la aplicación de la evaluación multicriterio. Los hospitales en cuestión, que se obtuvieron del apartado 3.1 (Análisis y diagnóstico) son los siguientes: HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez" (cuarto en la lista), HIAEP "Sor María Ludovica" (quinto en la lista), HIGA "San Roque" (séptimo en la lista), HIEAC "San Juan de Dios" (noveno en la lista) e HIGA "Prof. Dr. Rodolfo Rossi" (décimo en la lista). Luego, se determina la disminución de la demanda energética del área hospitalaria de internación de cada hospital analizado, a partir de la reducción de las necesidades energéticas de climatización. Por último, es posible recalcular el consumo energético teórico (en TEP/año) para cada Hospital, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria internación. En el Gráfico 10 y la Tabla 37, se pueden observar los resultados de la aplicación de las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado de la envolvente edilicia del área hospitalaria internación, en cada uno de los hospitales analizados.

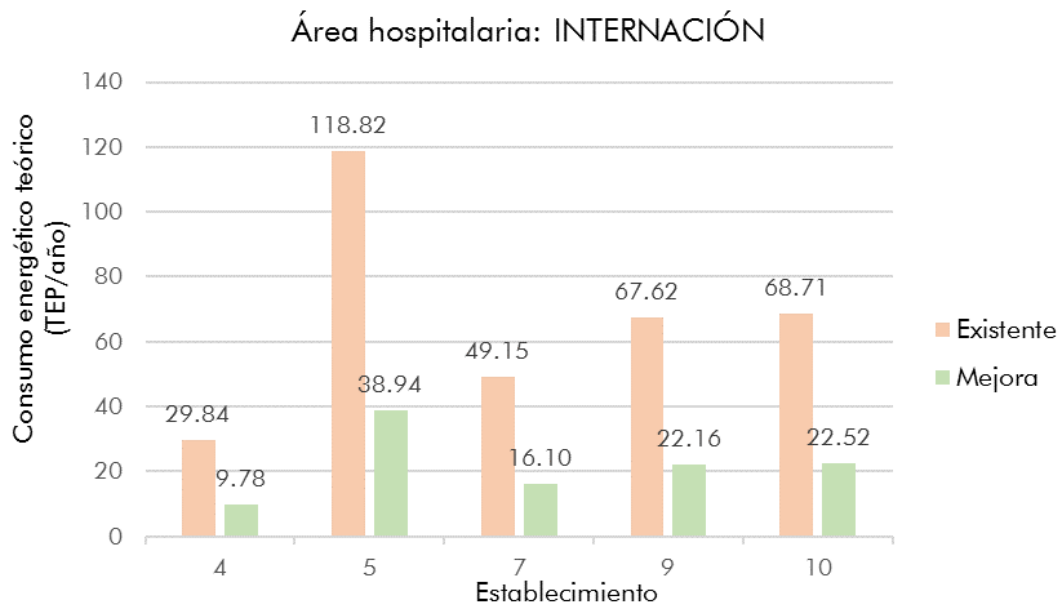


Gráfico 10: Estimación de la reducción del consumo energético a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de internación.

Fuente: Elaboración propia

ESTABLECIMIENTO		Consumo energético teórico (TEP/año)						
		Área hospitalaria: INTERNACIÓN				TOTAL por establecimiento		
		Climatización		Climatización + Iluminación + Equipamiento				
		(existente)	(mejora)	(existente)		(mejora)		(existente)
4	HZGA "Dr. Ricardo Gutiérrez"	25.39	5.33	29.84		9.78	147.76	127.70
5	HIAEP "Sor María Ludovica"	101.12	21.24	118.82		38.94	499.89	420.01
7	HIGA "San Roque"	41.83	8.78	49.15		16.10	206.57	173.52
9	HIEAC "San Juan de Dios"	57.54	12.08	67.62		22.16	366.45	320.99
10	HIGA "Prof. Dr. Rodolfo Rossi"	58.47	12.28	68.71		22.52	217.29	171.10

Tabla 37: Estimación de la reducción del consumo energético en los hospitales seleccionados, a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de internación.

Fuente: Elaboración propia

- Para un Módulo Edificio Energético Productivo (MEEP) del área hospitalaria atención ambulatoria, la ecuación del balance térmico resulta:

$$C_{\text{climatización}} = C_{\text{ocupación}} + C_{\text{iluminación}} + C_{\text{equipamiento}} + C_{\text{GAD}} + C_{\text{renovaciones}} + C_{\text{envolvente}} \quad [6]$$

$$C_{\text{climatización}} = 0.060 + 0.086 + 0.128 + 0 + (-0.669) + (-0.745)$$

$$C_{\text{climatización}} = -1.140$$

Luego, se aplica a las pérdidas de calor por envolvente ($C_{\text{envolvente}}$), el nivel de mejora obtenido en dicha envolvente a través del porcentaje de reducción del K_{prom} (62 %) calculado para el caso de atención ambulatoria, mientras que el resto de las variables se mantienen constantes:

$$C_{\text{climatización}} = 0.060 + 0.086 + 0.128 + 0 + (-0.669) + (-0.283)$$

$$C_{\text{climatización}} = -0.678$$

Se puede observar que $C_{\text{climatización}}$ se redujo de $-1,140 \text{ kWh/día.m}^2$ a $-0,678 \text{ kWh/día.m}^2$, lo cual significa una disminución del 59,47 % de las necesidades energéticas de climatización para el área hospitalaria de atención ambulatoria. Entonces, se aplica este porcentaje de reducción de la demanda de climatización en el área de atención ambulatoria de cada uno de los hospitales de la red de salud en estudio que presentan la envolvente edilicia caracterizada por la terna (M2,V3,T2), la cual ha sido reemplazada por cada una de las propuestas tecnológico-constructivas óptimas (para muro, ventana y techo) halladas a partir de la aplicación de la evaluación multicriterio. Los hospitales en cuestión, que se obtuvieron del apartado 3.1 (Análisis y diagnóstico) son los siguientes: HIAEP "Sor María Ludovica" (quintuple en la lista), HIGA "General San Martín" (sexto en la lista), HIEAC "Dr. Alejandro Korn" (octavo en la lista) e HIEAC "San Juan de Dios" (noveno en la lista). Luego, se determina la disminución del consumo energético en el área hospitalaria de atención hospitalaria de cada hospital analizado, a partir de la reducción de las necesidades energéticas de climatización. Por último, es posible recalcular el consumo energético teórico (en TEP/año) para cada hospital, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria de atención ambulatoria. En el Gráfico 11 y la Tabla 38, se pueden observar los resultados de la aplicación de las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado de la envolvente edilicia del área hospitalaria de atención ambulatoria, en cada uno de los hospitales analizados.

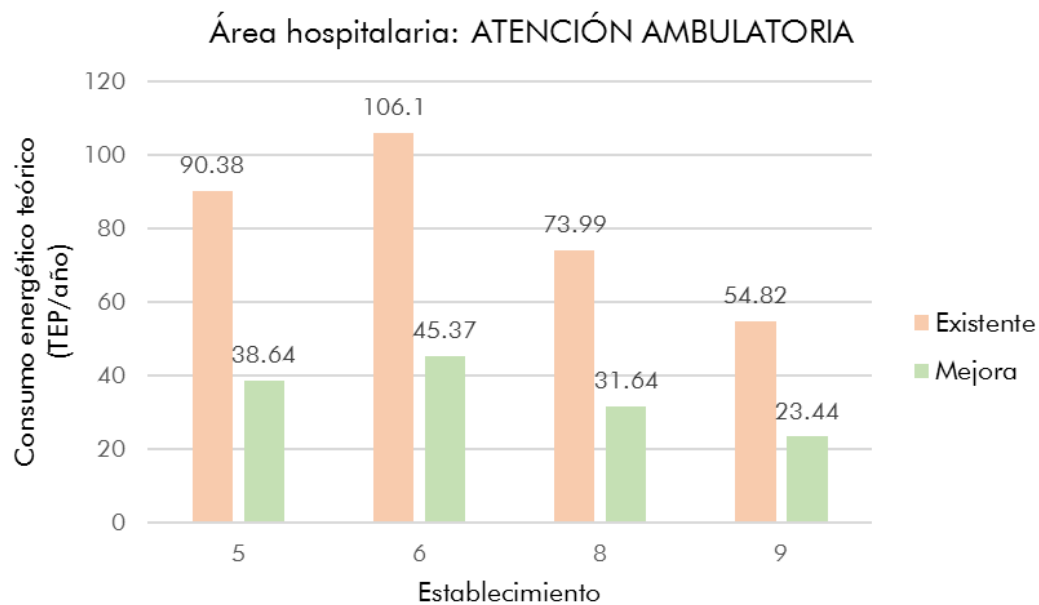


Gráfico 11: Estimación de la reducción del consumo energético a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

ESTABLECIMIENTO		Consumo energético teórico (TEP/año)							
		Área hospitalaria: ATENCIÓN AMBULATORIA				TOTAL por establecimiento			
		Climatización		Climatización + Iluminación + Equipamiento					
		(existente)	(mejora)	(existente)		(mejora)		(existente)	(mejora)
5	HIAEP "Sor María Ludovica"	86.95	35.21	90.38		38.64		499.89	448.15
6	HIGA "General San Martín"	102.07	41.34	106.1		45.37		731.79	671.06
8	HIEAC "Dr. Alejandro Korn"	71.18	28.83	73.99		31.64		497.90	455.55
9	HIEAC "San Juan de Dios"	52.74	21.36	54.82		23.44		366.45	335.07

Tabla 38: Estimación de la reducción del consumo energético en los hospitales seleccionados, a partir del reciclado de la envolvente edilicia del área de atención ambulatoria.

Fuente: Elaboración propia

A partir del mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia de las áreas de internación y atención ambulatoria, es posible obtener una disminución del consumo energético teórico de la red de salud en estudio. Consiste en una reducción de la demanda energética de climatización en las áreas de internación y de atención ambulatoria. En el Gráfico 12, se puede observar que para la red de salud en estudio, en el área de internación, la disminución del consumo energético teórico es de 218.95 TEP/año, mientras que en atención ambulatoria, el ahorro es de 186,20 TEP/año. Si se interviene simultáneamente en las áreas mencionadas anteriormente, se puede obtener una disminución de la demanda de climatización de 405.15 TEP/año para la red de salud en estudio, lo cual se traduce en la reducción del consumo energético teórico total de la red de salud en estudio (Gráfico 13).

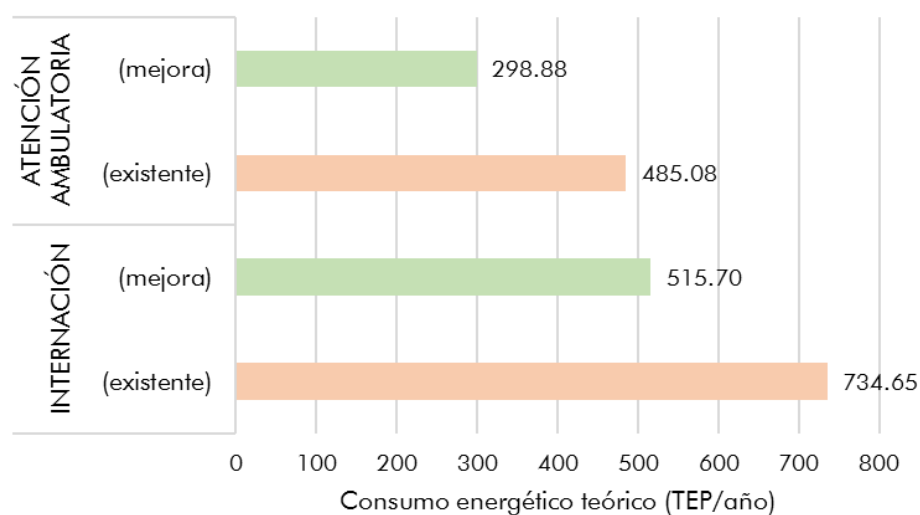


Gráfico 12: Estimación de la reducción teórica del consumo energético de las áreas de internación y atención ambulatoria de la red de salud en estudio.
Fuente: Elaboración propia

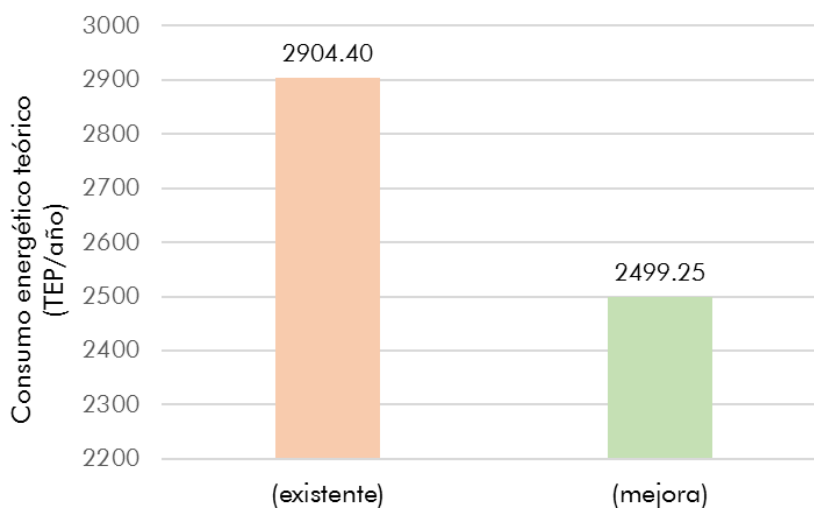


Gráfico 13: Estimación de la reducción teórica del consumo energético total de la red de salud en estudio.
Fuente: Elaboración propia

La versatilidad de la metodología desarrollada consiste en la posibilidad de aplicación de ésta en el resto de las áreas hospitalarias (cirugía, diagnóstico y tratamiento, administración, servicios auxiliares y de apoyo y circulaciones y baños) con sus correspondientes ajustes y consideraciones, para obtener un mayor ahorro en el consumo energético total de la red de salud en estudio. Las soluciones óptimas halladas a partir de la evaluación multicriterio no sólo deberían aplicarse en las áreas hospitalarias donde esté presente la terna más frecuente, sino que podrían extenderse al resto de las áreas hospitalarias, de acuerdo con su grado de participación en cada una de estas.

Asimismo, también se puede intervenir desde otro nivel de análisis, en cada uno de los hospitales de la red. Por ejemplo, en el Gráfico 14, se puede observar que en el HIEAC “San Juan de Dios” (noveno en la lista), al mejorar la eficiencia energética de la envolvente edilicia de las áreas de internación y de atención ambulatoria, se obtiene una disminución del consumo energético teórico de 75,69 TEP/año.

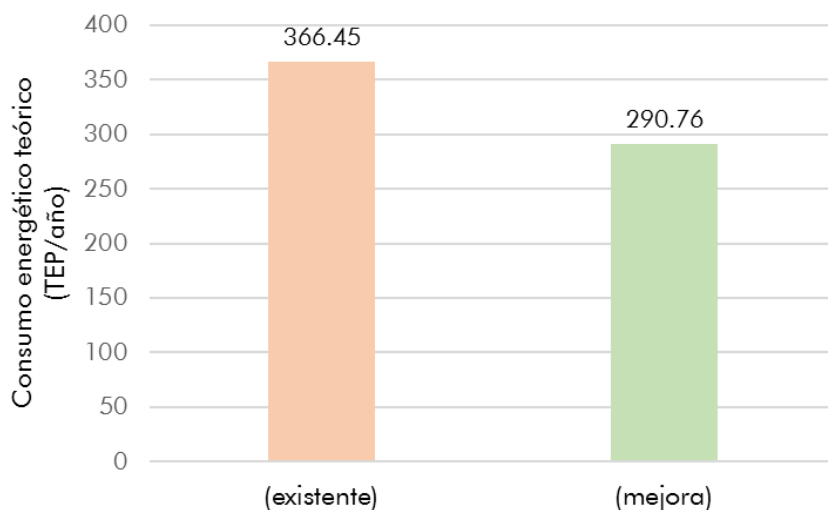


Gráfico 14: Estimación de la reducción teórica del consumo energético en el HIEAC “San Juan de Dios”.
Fuente: Elaboración propia

3.4 Síntesis

En este capítulo se aplicaron las tres etapas de la metodología (Análisis y diagnóstico, propuesta y evaluación) al objeto de estudio de esta tesis: establecimientos del sistema de salud público de la MRGLP que tienen internación, con alcance regional y zonal (en el año 2018). En la primera etapa de análisis y diagnóstico se procedió, en primer lugar, a dividir la red de salud en los establecimientos que la componen, y a éstos últimos en áreas hospitalarias, para luego efectuar el diagnóstico energético a nivel de establecimiento, como así también considerando cada área en particular. Para el caso de la red analizada, las áreas hospitalarias que presentan mayor consumo energético son: internación, diagnóstico y tratamiento, y atención ambulatoria. Se observó que, en las áreas de internación y atención ambulatoria, la variable que tiene mayor incidencia en el consumo energético es la climatización, mientras que, en el área de diagnóstico y tratamiento, en cambio, las variables que tienen mayor participación son iluminación y equipamiento. Asimismo, se realizó un diagnóstico de las soluciones tecnológico-constructivas que aparecen más frecuentemente en la envolvente edilicia de los hospitales considerados. En la etapa de propuesta de estrategias de mejoramiento se analizaron, a modo de ejemplo, posibles mejoras para las soluciones tecnológico-constructivas que aparecen más frecuentemente en la envolvente edilicia de las áreas de internación y atención ambulatoria. En la etapa de evaluación se compararon las propuestas tecnológico-constructivas planteadas en la etapa precedente, adoptando una evaluación multicriterio para determinar las estrategias de mejoramiento óptimas para cada componente de la envolvente edilicia en las áreas de internación y atención ambulatoria, a modo de ejemplo. Por último, fue posible estimar la reducción de la demanda energética de climatización en las áreas de internación y de atención ambulatoria, a partir del mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia. De esta manera, se recalculó el consumo energético teórico (en TEP/año) para cada Hospital mejorado en particular y para la red de salud en estudio, en general, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria en la que se haya intervenido.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

La presente tesis permite desarrollar una metodología para analizar, proponer y evaluar estrategias tecnológico-constructivas, mediante técnicas de diseño pasivo, para el mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia del sector salud. En función de lo expuesto, en este capítulo se abordan, en primer lugar, las conclusiones generales resultantes del desarrollo de cada una de las etapas de la metodología planteada y se verifican las hipótesis enunciadas al comienzo del trabajo. Luego, se desarrollan las conclusiones particulares como resultado de la aplicación de la metodología planteada al objeto de estudio: establecimientos de salud del sistema público de la MRGLP que cuentan con internación y tienen alcance regional o zonal (en el año 2018). Por último, se exponen los aportes y la relevancia de la investigación, así como también los posibles trabajos futuros que podrían realizarse a partir de la presente tesis.

4.1	Conclusiones generales	165
4.2	Conclusiones particulares	169
4.3	Aportes del trabajo	173
4.4	Posibles trabajos futuros.....	174

4.1 Conclusiones generales

Repasando la metodología desarrollada se observa, para cada etapa, las siguientes cuestiones:

1. **Etapas de análisis y diagnóstico:** En la etapa de análisis se utilizó la metodología MEEP para analizar los establecimientos de la red de salud pública y a partir de ellos, desagregar sus áreas hospitalarias, a los efectos de identificar y cuantificar los indicadores relacionados con el consumo energético (iluminación, equipamiento y climatización) teniendo en cuenta el consumo global (establecimiento) y diferencial (área hospitalaria). Luego, se realizó un diagnóstico de las soluciones tecnológico-constructivas presentes en cada componente de la envolvente edilicia (muro, ventana y techo) y se construyeron catálogos ad hoc que incluyen a las soluciones tecnológicas-constructivas de la envolvente relevadas. Por último, se identificaron 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.
2. **Etapas de propuesta:** Una vez identificadas las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes y/o representativas para cada componente de la envolvente edilicia en cada una de las áreas hospitalarias, se procedió a proponer estrategias de mejoramiento de la eficiencia energética, mediante técnicas de reciclado, teniendo en cuenta el diseño pasivo, las cuales fueron sistematizadas en los catálogos contruidos ad hoc.
3. **Etapas de evaluación:** Las propuestas tecnológico-constructivas de reciclado de la envolvente edilicia son evaluadas utilizando un enfoque multicriterio, para obtener la propuesta de mejora óptima para cada componente de la envolvente edilicia en cada una de las áreas hospitalarias.

Así, dado que, en cada una de las etapas de la metodología desarrollada, se trabajó con las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes de la edilicia construida, las propuestas de mejora no serán aplicables sólo a un hospital en particular sino a toda la red de salud, por cada área hospitalaria facilitando, de esta manera, su implementación a escala masiva. Adicionalmente, la metodología desarrollada en este trabajo puede aplicarse en otras regiones sanitarias, inclusive con características climáticas distintas (siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 11603), y asimismo, en otros sectores (ej.: sector educación) con ajustes menores (ej.: cambiando las áreas que conforman el nuevo sector).

En el caso de la presente tesis, para verificar la hipótesis general (HG), se deberá demostrar que se cumplen cada una de las 4 hipótesis particulares planteadas (HP1, HP2, HP3 y HP4). Es decir, la HG será verdadera si y sólo si cada una de las hipótesis particulares (en adelante HPs) son también verdaderas. Esto es así porque la HG ha sido dividida en 4 HPs, y estas últimas son todas condiciones necesarias para que HG se cumpla. Es decir, es condición necesaria que se cumplan cada una de las HPs para que se cumpla HG, pero cada HP por sí sola no es una condición suficiente (deben cumplirse todas para ello).

Por otra parte, el cumplimiento de una hipótesis particular, por ej. HP1, será lo que habilite para que pueda cumplirse la siguiente (HP2 por ejemplo). En aquellos problemas donde la HG se puede escribir de forma equivalente como un conjunto de HPs, si se demuestran cada una de estas últimas se estará demostrando, también, la HG (Ver Figura 23).

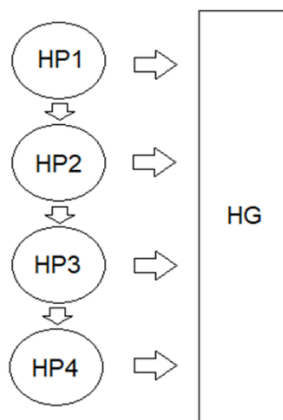


Figura 23: Verificación de hipótesis general y particulares.
Fuente: Elaboración propia

Cabe recordar aquí que la hipótesis general planteada al comienzo de la tesis era:

“La formulación de propuestas tecnológico-constructivas sistematizadas y su aplicación masiva, orientada al reciclado de la envolvente edilicia existente del sector salud, incorporando criterios de diseño pasivo, representan una alternativa viable para el mejoramiento de la Eficiencia Energética, favoreciendo así la habitabilidad y el confort higrotérmico”.

A continuación, se procede a demostrar cada una de las HPs:

- La hipótesis particular 1 (HP1):

“Para conocer el comportamiento energético de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud de la Micro-Región Gran La Plata, tanto a nivel de área hospitalaria como a nivel de establecimiento de salud, es necesario adoptar un enfoque analítico que permita identificar áreas y hospitales con mayores demandas de energías”.

resulta ser verdadera pues el comportamiento energético de cada establecimiento de salud puede calcularse a partir del comportamiento energético de cada una de las áreas hospitalarias que lo componen siguiendo una estrategia bottom-up. Esta particularidad de descomponer un problema en subproblemas más simples, resolver cada uno, y luego integrar los resultados obtenidos para dar respuesta al problema original es precisamente lo que caracteriza a un enfoque analítico.

- La Hipótesis particular 2 (HP2):

“La aplicación de un enfoque analítico posibilita reconocer los indicadores relacionados con el consumo energético de los establecimientos energo-intensivos del sistema público del sector salud de la Micro-Región Gran La Plata, tanto a nivel global (establecimiento) como diferencial (áreas hospitalarias)”.

resulta ser verdadera pues la utilización de un enfoque analítico permite descomponer a los establecimientos de salud en áreas hospitalarias y a su vez, identificar en cada una de ellas, los indicadores relacionados con el consumo energético (iluminación, equipamiento y climatización).

- La Hipótesis particular 3 (HP3):

“A partir de la utilización de un enfoque analítico, es posible identificar las tecnologías constructivas presentes en cada área hospitalaria, con el fin de determinar aquellas que aparecen más frecuentemente (o son más representativas)”.

es verdadera pues, si es posible identificar las soluciones tecnológico-constructivas presentes a nivel de área hospitalaria de cada hospital se puede, a partir de un conteo de ocurrencias (análisis frecuencial) determinar aquellas soluciones tecnológico-constructivas que aparecen un mayor número de veces que otras. Además, se puede estudiar la frecuencia con que aparecen 2 o más tecnologías constructivas en forma conjunta (simultáneamente) y para ello, las técnicas de minería de datos como las reglas de asociación son particularmente apropiadas.

- La hipótesis particular 4 (HP4):

“A partir de las soluciones tecnológicas constructivas más frecuentes, es posible formular propuestas para el mejoramiento de la envolvente edilicia, sintetizadas en un catálogo y seleccionar, a partir de una evaluación multicriterio, las estrategias óptimas, considerando simultáneamente el comportamiento energético y el costo de inversión”.

es verdadera ya que se tiene un catálogo de propuestas para el reciclado de las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes y, en caso de aplicarse cualquiera de las estrategias allí contempladas, es posible mejorar la envolvente edilicia existente. La propuesta tecnológico-constructiva óptima surge de aplicar una evaluación multicriterio en la que se utiliza el concepto de óptimo de Pareto para evaluar cada posible par de alternativas a comparar según su comportamiento energético (K) y el costo de inversión.

Adicionalmente, a la solución tecnológica-constructiva óptima obtenida se le estima el ahorro que la misma produce y, en consecuencia, se demuestra que la situación de base podía, efectivamente, ser mejorada. Asimismo, fue posible estimar la reducción de la demanda energética en las áreas hospitalarias en las que se intervino, a partir del mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia. Luego, se recalcula el consumo energético teórico para cada Hospital mejorado en particular y para la red de salud en general, teniendo en cuenta la reducción de las necesidades energéticas del área hospitalaria en la que se haya intervenido.

Por lo expuesto anteriormente, se ha demostrado que las 4 HPs son verdaderas y como la conjunción de todas ellas es verdadera, la HG ha sido verificada.

4.2 Conclusiones particulares

Considerando los aspectos particulares propuestos por la metodología en cuanto al comportamiento energético de la edificación de salud y el estudio de la envolvente, se pudo arribar a las siguientes conclusiones:

En la **etapa de análisis y diagnóstico** se procedió, en primer lugar, a dividir la red de salud en los establecimientos que la componen, y a éstos últimos en áreas hospitalarias, para luego efectuar el diagnóstico energético a nivel de establecimiento, como así también considerando cada área en particular. Para el caso de la red analizada, las áreas hospitalarias que presentan mayor consumo energético son: internación, diagnóstico y tratamiento y atención ambulatoria. Además, se observó que, en el área de internación (que es la que tiene mayor participación en cuanto al consumo energético en la mitad de los establecimientos estudiados), la variable que tiene mayor incidencia es la climatización. Esto mismo ocurre en el área de atención ambulatoria, mientras que, en el área de diagnóstico y tratamiento, las variables que tienen mayor participación en el consumo energético son iluminación y equipamiento. Cabe señalar que cuando se habla de la variable de climatización (calefacción y/o refrigeración), se hace referencia sobre todo a la calefacción, ya que, si bien se trata de un clima que tiene una estacionalidad bien definida (invierno y verano), se registra predominancia del período de frío, lo cual debe entenderse como la principal causa de discomfort y de requerimiento de climatización (calefacción en este caso).

Asimismo, se realizó un diagnóstico de las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes en la envolvente edilicia de los hospitales considerados. En este punto fue interesante observar que, si bien se suele asociar el término “representativo” a un suceso que ocurre al menos la mitad o más de las veces, los resultados obtenidos permitieron observar que, en algunas áreas (ej.: atención ambulatoria) tal grado de representatividad no era alcanzado. Como consecuencia de ello, el término “más frecuente” se considera más apropiado que “más representativo” pues en caso de que alguna alternativa esté presente el 50 % o más del total de las veces el uso de ambos términos sería correcto pero si tal condición no se alcanza, el término “más frecuente” describe de manera más precisa el fenómeno observado.

En la **etapa de propuesta** de estrategias de mejoramiento se analizaron, a modo de ejemplo, posibles mejoras para el área de internación y para el área de atención ambulatoria. En el caso

del área de internación, a partir de la metodología instrumentada a través de las reglas de asociación, se estableció que la terna “más representativa” es la compuesta por: muro de ladrillo hueco revocado en ambas caras (M5); carpintería con marco y hoja de chapa doblada, vidrio simple incoloro, sin protección solar exterior (C2); y losa de hormigón armado colada in situ con cielorraso suspendido sin aislación térmica (T8). En el caso del área de atención ambulatoria, las reglas de asociación no encontraron ternas “representativas”, en el sentido de que aparezcan al menos en la mitad de las ocasiones, por lo que aquí se consideraron las ternas “más frecuentes”, a las que se le propusieron las mejoras señaladas oportunamente. Para el resto de las áreas, las que no fueron tomadas a modo de ejemplo, también se les aplicaron las reglas de asociación para determinar las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes que, en caso de querer mejorarlas, deberían seguirse los mismos pasos que los llevados a cabo para las áreas analizadas en mayor detalle (internación y atención ambulatoria).

La propuesta de estrategias tecnológico-constructivas para mejorar la envolvente edilicia de un área hospitalaria en particular incluye, por un lado, analizar el comportamiento energético de la misma y las variables de uso (iluminación, equipamiento y climatización) a los efectos de establecer cuáles tienen mayor incidencia en el consumo energético. Asimismo, el planteo de estrategias de reciclado conlleva a identificar las características propias del área hospitalaria en cuestión, conocer su lógica intrínseca de funcionamiento, analizar la continuidad o alternancia en el uso, entre otras cuestiones, las cuales pueden variar según el tipo de hospital, su alcance y especialización. Por este motivo, no resulta lo mismo plantear propuestas de reciclado para el área hospitalaria de internación que para el área de diagnóstico y tratamiento, por ejemplo. En primer lugar, si bien ambas áreas son las que, en casi todos los hospitales estudiados, presentan los mayores consumos energéticos, en el caso del área de internación, la variable de uso que tiene mayor incidencia en el consumo es la climatización, mientras que, en el área de diagnóstico y tratamiento, las variables que tienen mayor participación en el consumo energético son iluminación y equipamiento. Dichas diferencias se deben al funcionamiento permanente en el caso de internación (veinticuatro horas los 365 días del año), y su intermitencia en el caso del área de diagnóstico y tratamiento (varía según los horarios y los días).

Las propuestas tecnológico-constructivas planteadas para el reciclado de la envolvente edilicia opaca (muros y techos) en los catálogos construidos ad hoc, se basan en dos técnicas de intervención: incorporación de aislamiento térmico exterior (I_1) o interior (I_2). Se considera que la intervención de la envolvente edilicia opaca desde el lado exterior resulta más práctica desde el

punto de vista operativo, ya que las tareas de obra no afectarían el funcionamiento del área hospitalaria. Además, desde el punto de vista del comportamiento térmico, tiene la ventaja de favorecer la estabilización de los espacios al incluir la inercia térmica de la envolvente y evita la conformación de puentes térmicos en los elementos estructurales (columnas y encuentros). No obstante, en los casos de edificaciones con valor histórico, se puede intervenir la envolvente edilicia opaca desde el lado interior, mejorando el comportamiento térmico sin alterar la imagen exterior del edificio. Dicha intervención excluye la masa térmica de los muros, generando espacios térmicamente más dinámicos, orientados a usos intermitentes con climatizaciones específicas (Urtenecche et al., 2022 op. Cit.).

A la hora de la propuesta de estrategias de reciclado para la envolvente edilicia opaca, en el caso del componente muro, los pares (I_n-A_p) propuestos (conformados por una técnica de intervención $-I_n-$ y un material aislante térmico $-A_p-$), no presentan variaciones significativas en su aplicación a los distintos tipos de muros existentes hallados. Por ejemplo, el par (I_1-A_1), conformado por la técnica de intervención I_1 -incorporación de aislamiento exterior- y el aislante térmico A_1 -EPS- puede ser aplicado a un muro de ladrillo macizo (por ejemplo, M5 en internación) o a uno de ladrillo hueco (por ejemplo, M2 en atención ambulatoria) sin variaciones significativas en su ejecución. Por el contrario, en el caso del componente techo, se observa como conclusión que, las estrategias de reciclado representadas por los pares (I_n-A_p), cambian sustancialmente según se trate de un techo plano (por ejemplo, T8 en internación) o de una cubierta inclinada, es decir, con pendiente (por ejemplo, T2 en atención ambulatoria). Esto se puede observar en la aplicación del par (I_1-A_1) conformado por la incorporación de aislamiento térmico (en este caso EPS) desde el exterior. En el área hospitalaria de internación, el techo existente (en este caso T8 es la solución tecnológico-constructiva más representativa) está conformado por una losa de hormigón armado colada in situ con cielorraso suspendido, aunque sin aislación térmica. Para este techo plano, la ejecución de la estrategia de reciclado (I_1-A_1) consiste en la colocación de las placas de EPS de 20 Kg/m³ de densidad simplemente apoyadas sobre la aislación hidrófuga de la cubierta existente y por encima de estas, se dispone una membrana geotextil que actúa como capa filtrante y evita que crezca eventualmente algún vegetal. Por otro lado, en el área hospitalaria de atención ambulatoria, T2 (que en este caso es una de las soluciones tecnológico-constructivas más frecuentes) es un techo de chapa ondulada de hierro galvanizado con cielorraso suspendido. Para este techo con pendiente, la ejecución de la estrategia de reciclado (I_1-A_1) consiste en la colocación de las placas de EPS entre el entablonado o machimbre y la cubierta original de chapa.

En la **etapa de evaluación** se ponderaron las propuestas tecnológico-constructivas planteadas en la etapa precedente, adoptando una evaluación multicriterio para determinar las estrategias de mejoramiento óptimas para cada componente de la envolvente edilicia en las áreas de internación y atención ambulatoria, a modo de ejemplo. Estas soluciones óptimas no sólo deberían aplicarse en las áreas hospitalarias donde esté presente la terna más frecuente, sino que podrían extenderse al resto de las áreas hospitalarias, de acuerdo con su grado de participación en cada una de estas.

Como conclusión, en el caso de la envolvente edilicia opaca vertical (muros) se observa que las propuestas de reciclado óptimas en ambas áreas hospitalarias (internación y atención ambulatoria en este caso), corresponden a la incorporación de aislamiento térmico desde el interior (técnica de intervención I_2), lo cual puede deberse a que la terminación final, en el caso de las propuestas que incluyen aislamiento térmico exterior (técnica de intervención I_1), incrementa el costo de inversión necesario. Asimismo, se considera viable en el área hospitalaria de internación, intervenir la envolvente desde el exterior para no afectar el normal funcionamiento del área. En este caso, se evalúan las propuestas tecnológico-constructivas que incluyen la incorporación de aislamiento térmico exterior como técnica de intervención, para determinar cuál es la estrategia de reciclado óptima.

Por otra parte, en función de los resultados obtenidos para el caso de estudio, para la envolvente edilicia horizontal (techos), se puede decir que en el caso de una cubierta plana (T8 – representativo de internación) es conveniente intervenir desde el interior, mientras que para el caso de una cubierta inclinada (T2 – frecuente en atención ambulatoria) conviene hacerlo desde el exterior.

4.3 Aportes del trabajo

La investigación llevada a cabo ha permitido lograr avances en la disciplina en al menos dos aspectos: por un lado, la metodología de la investigación adoptada ha podido dar respuestas al problema a partir de mejorar la eficiencia energética de la red de establecimientos de salud en sus diferentes escalas de análisis. Adicionalmente, la metodología desarrollada en este trabajo puede aplicarse en otras regiones, siguiendo los lineamientos para las distintas zonas bioclimáticas que propone la Norma IRAM 11603, e inclusive, puede extenderse a otros sectores (ej.: sector educación) con ajustes menores (ej.: cambiando las áreas que conforman el nuevo sector).

Por otro lado, 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.

Por último, el análisis del ahorro energético potencial en los establecimientos del sector salud, a partir de las distintas alternativas tecnológicas propuestas para el mejoramiento de la Eficiencia Energética de la envolvente edilicia, puede servir como insumo para la construcción de escenarios urbanos energéticos de la red de salud¹⁷.

¹⁷ Este tema corresponde a una beca de investigación doctoral otorgada por CONICET en el año 2019 y vigente en la actualidad, titulada “Análisis, ensayo y evaluación de estrategias energéticas alternativas para el sector salud en escenarios urbanos”.

4.4 Posibles trabajos futuros

Este trabajo podría continuarse de diferentes maneras, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

- Incorporar a la red de salud otros tipos de establecimientos (ej.: hospitales con internación de alcance local o CAPS).
- Hacer extensivo este estudio a hospitales del sistema de salud privado.
- Llevar a cabo este estudio en otras áreas hospitalarias ya que pueden variar en los diferentes hospitales (ej.: el área de cirugía podría estar presente en algunos y en otros no).
- Extender este estudio incorporando otros edificios del sector comercial-público.
- Ampliar a otras regiones geográficas considerando los lineamientos de la norma IRAM 11603.
- Aumentar el número de soluciones tecnológico-constructivas más representativas/frecuentes a considerar en cada área hospitalaria para lograr, potencialmente, mayores ahorros en términos de consumo de energía.
- En el catálogo de propuestas tecnológico-constructivas para la envolvente edilicia opaca (componentes muro y techo), se podría plantear una técnica de intervención mixta, que considere la combinación de la incorporación de aislamiento térmico interior y exterior al mismo tiempo.
- Se podrían incorporar propuestas tecnológico-constructivas para la envolvente edilicia vertical opaca, que consideren la acumulación de calor en elementos con inercia térmica, tales como los muros Trombe o parietodinámicos.
- Considerar, a la hora de analizar las diferentes propuestas tecnológico-constructivas, otros criterios adicionales a los que fueron tenidos en cuenta (K y CI), como la simultaneidad de uso del área hospitalaria durante la intervención, por ejemplo, así como considerar diferentes actores sociales (ej.: el que financia la obra, pacientes, médicos, etc.).
- Incorporar la posibilidad de aplicación de otras estrategias bioclimáticas tales como la ventilación natural y selectiva y la ganancia solar, a partir de la creación de patios regulados, galerías y atrios.
- Se podría aportar a la construcción de una Etiqueta de Eficiencia Energética de edificios de Salud.
- Colaborar en la construcción de interfaces entre los productores de conocimientos científicos y los responsables de evaluar y formular políticas públicas y normativas.

- Acosta, W. (1976). *Vivienda y clima*. Nueva vision.
- Agrawal, R., Imieliński, T., & Swami, A. (1993). Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases. *ACM SIGMOD Record*, 22(2), 207–216.
<https://doi.org/10.1145/170036.170072>
- 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>
- Alonso Frank, A. de las P. (2019). *Herramienta integral de valoración de la eficiencia energética de edificios de viviendas particulares en altura en etapa post-ocupación. El habitante como eje fundamental. Casos de estudio en Ciudad de San Juan, Argentina*. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de San Juan.
- Alvarez, A. A., & Ripoll Meyer, V. (2018). Matriz de referencia para la optimización del ciclo de vida de los materiales constructivos de la vivienda social en zonas árido-sísmicas. *Hábitat Sustentable*, 8(2), 52–63.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.04> HS
- Amat Rodrigo, J. (2018). *Reglas de asociación y algoritmo Apriori con R*.
https://www.cienciadedatos.net/documentos/43_reglas_de_asociacion
- Andersen, M., Discoli, C. A., Viegas, G. M., & Martini, I. (2017). Monitoreo energético y estrategias de retrofit para viviendas sociales en clima frío. *Revista Hábitat Sustentable*, 7(2), 50–63. <https://doi.org/10.22320/07190700.2017.07.02.05>
- Arce, H. E. (2012). Organización y financiamiento del sistema de salud en la Argentina. *Medicina*, 72(5), 414–418.
- Arocas, S. M., Coria Hoffman, G., & Bosc, C. (2019). Identificación de indicadores energéticos para el diseño de un programa de ahorro y eficiencia energética en una instalación hospitalaria. *5° Jornadas ITE*, 770–777.
- Arocas, S. M., Coria Hoffmann, G. D., & 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
- Azar, S., & Hauglustaine, J. (2001). Multicriteria and multiple actors tool aiding to optimise building envelope at the architectural sketch design. *Informatica*, 12(1), 3–24.
- Azqueta, P. (2017). *Manual práctico del aislamiento térmico para una construcción sustentable* (2ª edición). Asociación Argentina del Poliestireno Expandido.

- Barbero, D. A. (2008). *Modelo sistémico para el manejo con SIG de indicadores de calidad de vida*. [Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de La Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4143>
- Barea, G., Ganem, C., & Esteves, A. (2008). Valoración de las posibilidades energéticas de los edificios. La relación envolvente - orientación. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 49–55.
- Baserga, M. F. (2020). *Relación entre los parámetros de la forma edificatoria y el comportamiento energético en las escuelas de clima extremo de argentina* [Universidad Politécnica de Catalunya]. <http://www.um.edu.ar/ojs2019/%0Aindex.php/RUM/article/view/76>
- Basualdo, D. E. (2017). *Mejoramiento del desempeño energético – ambiental del Hospital Intermedio Unidad de Pronto Atención (UPA) N°1 de Lomas de Zamora* [Trabajo Integrador Final de Especialización. Universidad Nacional de La Plata]. <http://bdzalba.fau.unlp.edu.ar/greenstone/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=postgrad&d=TE73>
- Basualdo, D., Reus Netto, G., & Czajkowski, J. D. (2015). Análisis y propuesta de acondicionamiento bioclimático del Hospital de Alta Complejidad “El Cruce” de Florencio Varela. XXXVIII Reunión de Trabajo de La Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente.
- Bawaneh, K., Nezami, F. G., Rasheduzzaman, M., & Deken, B. (2019). Energy consumption analysis and characterization of healthcare facilities in the United States. *Energies*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/en12193775>
- Belló, M., & Becerril-Montekio, V. M. (2011). Sistema de Salud de Argentina. *Salud Publica Mex*, 53(2), 96–108.
- Bitencourt, F., & Monza, L. (2017). *Arquitectura para la salud en América Latina* (1ª edición). Rio Books.
- Buonomano, A., Calise, F., Ferruzzi, G., & Palombo, A. (2014). Dynamic energy performance analysis: Case study for energy efficiency retrofits of hospital buildings. *Energy*, 78, 555–572. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2014.10.042>
- Bustamante Parra, D. M. (2014). *La profundidad de la envolvente*. Universidad Nacional de Colombia.
- Buzzi Ferraris, A. (2019). *Retrofit techniques for public buildings to improve energy efficiency and reduce management costs. Case study: Children’s Hospital in Brisbane* [Master’s thesis. Politecnico di Milano]. <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/148628>
- Celis, F., Echeverría, E., Da Casa, F., Chías, P., & 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>
- Chávez, P. J., Martini, I., & Discoli, C. A. (2016). Avances en la construcción de

- escenarios energéticos urbanos del sector residencial a partir del análisis detallado de medidas de eficiencia energética de la República Argentina. *X Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (CBPE)*, 1–12.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/55713>
- Coello Coello, C. A., Lamont, G. B., & Van Veldhuizen, D. A. (2007). *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. Springer.
- Czajkowski, J. D. (1993). Evolución de los edificios hospitalarios. Aproximación a una visión tipológica. *IV Congreso Latinoamericano y 7° Jornadas Interdisciplinarias de La Asociación de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria*.
- Czajkowski, J. D. (2016). *Diseño ambientalmente consciente. Eficiencia energética y etiquetado de edificios*. (Apuntes Del Taller Vertical 1 de Instalaciones, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata.).
www.arquinstal.com.ar
- de Gastines, M., Correa, E., & Pattini, A. (2015). Evaluación del balance energético de ventanas en Mendoza. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente, 2015*, 1–12.
- de Schiller, S., & Evans, J. M. (2005). Rol de la Envolvente en la Edificación Sustentable. *Revista de La Construcción, 4*, 5–12.
- Decreto N° 140 (2007). PRONUREE: Programa Nacional de uso racional y eficiente de la energía. Interés y prioridad nacional. Poder Ejecutivo Nacional (P.E.N.), Boletín Oficial del 24-dic-2007. Número: 31309. (2007).
<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/normas/12772.pdf>
- Discoli, Carlos A, Martini, I., Viegas, G. M., Barbero, D. A., & Rodriguez, L. G. (2016). Pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial. *URBANO, 33*, 54–65.
- Discoli, Carlos Alberto. (1998). *El diagnóstico de la gestión productiva-energético-ambiental de las redes territoriales del sector salud*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de La Plata y Escuela de Altos Estudios de Siena.
- Diulio, M. de la P., Mercader-Moyano, P., & Gómez, A. F. (2019). The influence of the envelope in the preventive conservation of books and paper records. Case study: Libraries and archives in La Plata, Argentina. *Energy and Buildings, 183*, 727–738.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.11.048>
- Diulio, M. de la P., Netto, G. R., Berardi, R., & Czajkowski, J. D. (2016). Impacto de la envolvente en la demanda de energía en calefacción residencial de la región metropolitana de La Plata, tomando como caso testigo el reciclado energético de una vivienda. *Ambiente Construido, 16*(1), 55–70. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100060>
- Donnarumma, G., & Fiore, P. (2017). A multi-criteria model for the comparison of building envelope energy retrofits. *Modern Environmental Science and Engineering, 3*(8), 511–518. [https://doi.org/10.15341/mese\(2333-2581\)/08.03.2017/001](https://doi.org/10.15341/mese(2333-2581)/08.03.2017/001)

- Elsinger, D., Fernández, A., & Garzón, B. (2020). Calculador Integral de Eficiencia Energética de la Envolvente Arquitectónica: CIDEE-EA. *AVERMA*, 24, 77–88.
- Escobar, M. L., Alías, H. M., & Jacobo, G. J. (2013). Estudio de alternativas de mejoramiento térmico de las envolventes del edificio de la FAUN UNNE, mediante el software RETScreen. *XXXVI Reunión de Trabajo de La Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 07.17-07.26.
- Estevez, A., Oliva, A., & Gelardi, D. (2013). Nueva medida para considerar la forma en la conservación de energía en edificios. *Revista de La Universidad de Mendoza*, 16. <https://www.um.edu.ar/ojs2019/index.php/RUM/article/view/76>
- Fernández, A., & Garzón, B. (2020). Rehabilitación de muros exteriores en centros de salud en San Miguel de Tucumán para su eficiencia térmico-energética. *ASADES*, 24(2011), 31–40.
- Flores Larsen, S., Filippín, C., González, S., Gea Salim, C., Hongn, M., Bre, F., & Valdez, M. (2022). *Masa térmica en viviendas: guía práctica de dimensionamiento* (Instituto del Cemento Portland Argentino (ed.); 1a ed.).
- Fondoso Ossola, S. T., Urteneche, E., Chévez, P. J., & Martini, I. (2022). Desarrollo del escenario energético tendencial para una red de establecimientos hospitalarios. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 50(2), 36–44.
- Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. (2010). *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales*. <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-de-ahorro-y-eficiencia-energetica-en-hospitales-2010/>
- Garzón, B. (2007). *Arquitectura bioclimática* (Nobuko (ed.); 1a ed.).
- Goia, F., Perino, M., Serra, V., & Zanghirella, F. (2010). Towards an active, responsive and solar building envelope. In M. Haase & A. G. Hestnes (Eds.), *Renewable Energy Research Conference 2010 Zero Emission Buildings*.
- Gololov, I., & Yezioro, A. (2007). A computer system for multi-criteria comparative evaluation of building envelopes. *Building Simulation 2007*, 1895–1902.
- González Vásquez, M. R., & Molina-Prieto, L. F. (2018). Envolvente arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad. *Arkitekturax Visión FUA*, 1(1), 49–61. <https://doi.org/10.29097/26191709.201>
- Gonzalo, G. E. (2003). *Manual de arquitectura bioclimática*. Nobuko.
- Hersh, M. (2006). *Mathematical Modelling for Sustainable Development*. Springer.
- IDAE, & CEI. (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación Hospitales y Centros de Atención Primaria*. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_hospitales_01_81a4cdee.pdf
- International Energy Agency. (2019). *Energy in Buildings and Communities, Technology Collaboration Programme. Strategic Plan 2019-2024*. <https://www.iea-ebc.org>

- IRAM. (1996). *Norma IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.*
- IRAM. (2004). *Norma IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.*
- IRAM. (2006). *Norma IRAM 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. 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. (2012). *Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.*
- IRAM. (2017a). *Norma IRAM 11507-4. Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Parte 4 - Requisitos complementarios. Transmitancia térmica y factor solar.*
- IRAM. (2017b). *Norma IRAM 11900. Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética.*
- Kolokotsa, D., Tsoutsos, T., & Papantoniou, S. (2012). Energy conservation techniques for hospital buildings. *Advances in Building Energy Research*, 6(1), 159–172. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/17512549.2012.672007>
- Ley N° 13.059 (2003). Condiciones de acondicionamientos térmico exigibles en la construcción de edificios, Boletín Oficial del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires N° 24738. <https://normas.gba.gob.ar/ar-b/ley/2003/13059/3792>
- López, C. (2011). El camino hacia las primeras recomendaciones de instalaciones termomecánicas en hospitales. 22 Congreso *Latinoamericano de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria*, 84–87. <https://aadaih.org.ar/get/ANUARIOS/ANUARIO AADAIH 2011.pdf>
- López Cristià, M. (2011). *Hospitales eficientes: una revisión del consumo energético óptimo.* Tesis de Doctorado. Universidad de Salamanca.
- López Plazas, F. (2006). *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación. Una aportación para reducir el impacto ambiental de los edificios.* Universitat Politècnica de Catalunya.
- Maristany, A., Abadía, L., & Rivoira, A. (2017). Hacia una metodología de análisis energético integral de la envolvente arquitectónica y urbana. *De Res Architettura*, 2, 35–56.
- Martínez, C. F. (2012). Propuesta de cambios para la mejora termo-energética de la envolvente exterior de viviendas en el Gran San Miguel de Tucumán. *Avan*, 16, 9–16.
- Martini, I. (2010). *Diagnóstico y mejoramiento de los procesos de gestión edilicia energética productiva en la red de salud.* Tesis de Doctorado. Universidad Nacional

de Salta.

- Martini, I., Discoli, C. A., Rosenfeld, Y., & Rosenfeld, E. (2000). Análisis edilicio energético productivo de los edificios de salud. *IV Congreso Arquisur*.
- Ministerio de Salud de la Nación. (2011). *Resolución 298 / 2011: Codificación Federal de Establecimientos de Salud*.
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolución-298-2011-180545>
- Ministerio de Salud de la Nación. (2017). *Resolución 900-E/2017. Tipologías de Establecimientos de Salud*.
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resolución-900-2017-277042>
- Mohammadpour, A., Anumba, C. J., & Messner, J. I. (2017). Retrofitting of Healthcare Facilities: Case Study Approach. *Journal of Architectural Engineering*, 23(3), 1–12.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000248](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000248)
- Moschetti, R., Homaei, S., Taveres-Cachat, E., & Grynning, S. (2022). Assessing Responsive Building Envelope Designs through Robustness-Based Multi-Criteria Decision Making in Zero-Emission Buildings. *Energies*, 15, 27.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en15041314>
- Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común*.
http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- 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/revanlisis.v17i1.17556>
- Naciones Unidas. (2020). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020*.
https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf
- Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency. (2007). *Commercial and Institutional Consumption of Energy Survey*.
- Nourdine, B., & Saad, A. (2020). Energy Consumption in Hospitals. *2020 International Conference on Electrical and Information Technologies, ICEIT 2020*.
<https://doi.org/10.1109/ICEIT48248.2020.9113177>
- Ongpeng, J. M. C., Rabe, B. I. B., Razon, L. F., Aviso, K. B., & Tan, R. R. (2022). A multi-criterion decision analysis framework for sustainable energy retrofit in buildings. *Energy*, 239. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.122315>
- Organización Panamericana de la Salud. (2017). *Transformando los servicios de salud hacia redes integradas: elementos esenciales para fortalecer un modelo de atención hacia el acceso universal a servicios de calidad en la Argentina*.
<http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/34027>
- Palomero Cámara, J. I., López-Mesa, B., & Mercader Moyano, M. P. (2013).

Cuantificación del beneficio medioambiental de la rehabilitación energética de la vivienda social. *I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-Eficientes*, 25–39.

Pareto, V., & Bonnet, A. (1909). *Manuel D'économie politique* (5 edition). Giard & Briere.

Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40, 394–398.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>

Radwan, A. F., Hanafy, A. A., Elhelw, M., & El-Sayed, A. E. H. A. (2016). Retrofitting of existing buildings to achieve better energy-efficiency in commercial building case study: Hospital in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(4), 3061–3071.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.08.005>

Red global de Hospitales verdes y saludables. (2011). *Agenda global para Hospitales verdes y saludables*. <https://hospitalesporlasaludambiental.org/agenda-global>

Reus Netto, G. (2018). *Metodología de cálculo simplificado para el consumo energético en acondicionamiento de edificios residenciales en clima templado*. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de La Plata y Universidad de Sevilla.

Rodríguez González, A. B., Vinagre Díaz, J. J., Caamaño, A. J., & Wilby, M. R. (2011). Towards a universal energy efficiency index for buildings. *Energy and Buildings*, 43(4), 980–987. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.023>

Rodríguez, L. G. (2015). *Instrumentación metodológica para el reciclado masivo de la edificación residencial orientada a la eficiencia energética*. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Salta.

Romani, Z., Draoui, A., & Allard, F. (2022). Metamodeling and multicriteria analysis for sustainable and passive residential building refurbishment : A case study of French housing stock. *Build Simul*, 15, 453–472.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12273-021-0806-7> Metamodeling

Rueda, S. (2007). Un nuevo urbanismo para abordar los retos de la sociedad actual. *NEUTRA*, 15, 30–37. <https://www.revistaneutra.org/RN/article/view/536>

Salem Szklo, A., Borghetti Soares, J., & Tiomno Tolmasquim, M. (2004). Energy consumption indicators and CHP technical potential in the Brazilian hospital sector. *Energy Conversion and Management*, 45, 2075–2091.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.10.019>

Sartorio, J., & Evans, J. M. (2000). *Eficiencia energética y morfología en edificios para la salud: Estudio de tipologías*. 1–4.

Secretaría de Energía. (2021). *Balance Energético Nacional 2021*.
<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>

Secretaría de Energía. (2022). *Balance Energético Nacional 2022*.
<https://www.argentina.gob.ar/economía/energía/planeamiento->

- Shen, C., Zhao, K., Ge, J., & Zhou, Q. (2019). Analysis of building energy consumption in a hospital in the hot summer and cold winter area. *Energy Procedia*, 158, 3735–3740. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.883>
- Subsecretaría de ahorro y Eficiencia Energética - Ministerio de energía y minería de la República Argentina (MinEM). (2017). *Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía*. <http://www.minem.gob.ar/ee>
- Urteneche, E., Barbero, D. A., & Martini, I. (2023). Utilización de reglas de asociación para determinar soluciones tecnológico-constructivas para el mejoramiento de la eficiencia energética en edificios de salud. *Anales de Investigación En Arquitectura*, 13(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.18861/aniam.2023.13.2.3484>
- Urteneche, E., Fondoso-ossola, S. T., Martini, I., Barbero, D. A., & Discoli, C. A. (2022). Metodología para el mejoramiento de la eficiencia energética de la envolvente edilicia del sector salud. *Estoa*, 11, 141–153. <https://doi.org/10.18537/est.v011.n021.a12>
- Vera Sepúlveda, R. A. (2008). *Aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la Región Metropolitana*. Universidad de Chile.
- Viegas, G. M., Barbero, D. A., Chévez, P. J., Martini, I., & Discoli, C. A. (2020). Reciclado masivo de la envolvente urbano-edilicia basado en procesamiento digital de imágenes, La Plata, Argentina. *Revista de Urbanismo*, 43, 151. <https://doi.org/10.5354/0717-5051.2020.57522>
- Wang, T., Xiaodong, L., Pin-Chao, L., & Dongping, F. (2016). Building energy efficiency for public hospitals and healthcare facilities in China: Barriers and drivers. *Energy*, 103, 588–597. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.03.039>
- World Green Building Council. (2013). *The business case for green building. A review of the costs and benefits for developers, investors and occupants*. www.worldgbc.org

ANEXO 1. Uso de hoja de cálculo para la verificación del comportamiento higrotérmico de la envolvente edilicia opaca.

Se utilizó la hoja de cálculo CEEMACON.xls desarrollada por el CEEMA (FAU-UNT) para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica (K) y del riesgo de condensación superficial e intersticial de la envolvente edilicia vertical opaca y horizontal, así como para la verificación del cumplimiento de las Normas IRAM 11605 (Nivel B) y 11625 respectivamente, exigidas por la Ley N° 13.059.

Para el uso de la planilla CEEMACON.xls, en primer término, se ingresaron en la pestaña "DATOS" (Planilla 19), las características del lugar (en este caso La Plata), las cuales son comunes a todas las soluciones tecnológico-constructivas relevadas tanto para la envolvente vertical opaca, como para la horizontal. Se consultó la Norma IRAM 11603 para completar estas celdas. Por otro lado, se definió la temperatura interior de diseño de invierno en 22°C, aunque esta puede variar de 17°C a 27°C, dependiendo del área hospitalaria (López, 2011). Luego, en la misma pestaña, se cargaron los datos del cerramiento, los cuales varían de acuerdo con las características de las soluciones tecnológico-constructivas relevadas, pero sobre todo dependen de si se trata de la envolvente vertical u horizontal. Se utilizaron las planillas adicionales "RECA" y "COLOR", las cuales se incluyen en la hoja de cálculo, basadas en la Norma IRAM 11601 y 11605 respectivamente.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT			
OBRA:	Diagnóstico		
SITUACION:	Envolvente existente		
OPERADOR:	Emilia Urteneche		
FECHA:	03/04/2022		
CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Nombre de la localidad:		La Plata	
Altura sobre el nivel del mar:	m	23	VER ANEXO 1
Zona bioambiental: (x)		3	Ingresar 1,2,3,4,5, ó 6
Tipo de cerramiento:		T	MURO = M - TECHO = T
Temperatura interior de diseño invierno: (x)	°C	22	VER TMED/S
Temperatura exterior de diseño invierno: (x)	°C	-2.5	VER PLANILLA TMED/S
Humedad relativa interior de diseño :	%	65	
Humedad relativa exterior de diseño:	%	90	VALOR PRESCRIPTO POR NORMAS
Presión de vapor interior:	kPa	1.75	
Presión de vapor exterior:	kPa	0.45	
CARACTERÍSTICAS DEL CERRAMIENTO	UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
Características del cerramiento	Chapa galvanizada con cielorraso suspendido (invierno)		
Resistencia de cámara de aire invierno:	m².K/W	0.14	VER PLANILLA RECA
Resistencia superficial interior invierno:	m².K/W	0.10	VER PLANILLA RECA
Resistencia superficial exterior invierno:	m².K/W	0.04	VER PLANILLA RECA
Coefficiente absorción (color) sup.exterior:		0.50	VER PLANILLA COLOR
Resistencia de cámara de aire verano:	m².K/W	0.21	VER PLANILLA RECA
Resistencia superficial interior verano:	m².K/W	0.17	VER PLANILLA RECA
Resistencia superficial exterior verano:	m².K/W	0.04	VER PLANILLA RECA

Planilla 19: Carga de datos en la hoja "datos" de la planilla CEEMACON.xls.
Fuente: Elaboración propia.

Luego, se cargaron en la pestaña “CAPAS”, los datos de cada uno de los materiales que conforman la solución tecnológico-constructiva analizada (Planilla 20). Para esto, se consultaron las planillas “CONDUC” y “PERM” incluidas en la hoja de cálculo, las cuales están basadas en la Norma IRAM 11601.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL		NO VERIF.	
							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL		NO VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espe-sor m	Conduc-tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea-bilidad g/m.h.KPa	Per-meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla CONDUC	0.100			Ver Planilla PERM	Ver Planilla PERM		1.75	22.00	
	R.S.I.									1.75	16.24	15.30
1	Yeso	0.0120	0.490	0.024	1000	12.0	0.070		0.17	1.72	14.83	15.12
2	Ático - Cámara de aire (invierno)	0.5000		0.140			0.626		0.80	1.63	6.78	14.28
3	Machimbre	0.0191	0.160	0.119	500	9.6	0.023		0.83	1.52	-0.10	13.34
4	Membrana hidrófuga	0.0003	0.170	0.002	322	0.1		0.1140	8.77	0.45	-0.20	-3.81
5	Chapa galvanizada									#N/A	#N/A	#N/A
6										#N/A	#N/A	#N/A
7										#N/A	#N/A	#N/A
8										#N/A	#N/A	#N/A
9										#N/A	#N/A	#N/A
10										#N/A	#N/A	#N/A
11										#N/A	#N/A	#N/A
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:			0.531	Res. Ter. Tot. K=1/Rt			0.426	Peso Total			2.349	21.65
				Resis.paso vapor tot.			10.573					

Planilla 20: Carga de datos en la hoja “capas” de la planilla CEEMACON.xls.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la pestaña “VERIFICA”, se puede observar el cumplimiento o no, según corresponda, de los coeficientes de transmitancia térmica (K) mínimos, recomendados o ecológicos planteados en la norma IRAM 11605 (Planilla 21). En este caso, el Nivel B exigido por la Ley N° 13.059 es el “K recomendado”. Asimismo, en esta planilla también se puede comprobar la ausencia o no, según corresponda, de condensación superficial e intersticial, tanto mediante tablas como de forma gráfica (Gráfico 15).

PLANILLA PARA LA VERIFICACION DE K DE NORMA IRAM 11605/96 [W/m2.K]

TIPO DE K	VERANO	INVIERNO	VERANO C/COLOR	VERIFICACION
K calculado:	2.02	2.35		
K mínimo	0.76	1.00	0.99	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	0.76	0.62	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	0.29	0.25	NO VERIFICA

VERIFICACION CONDENSACION SUPERFICIAL

CONDICIONES SUP. INT.	UNIDAD	VALOR	VERIFICACION
Presión de vapor interior	kPa	1.75	
Presión de vapor exterior	kPa	0.45	
Diferencia de temperatura (Ti-Te)	°C	24.50	
Resistencia superficial interior	m².K/W	0.17	
Caída de temperatura en la sup. int.	°C	8.40	
Temperatura de la superficie interna	°C	13.60	
Temperatura de rocío sup. int.	°C	15.30	SI CONDENSA

VERIFICACION CONDENSACION INTERSTICIAL

Nº CAPA	TEMP.	TEMP.ROCÍO	VERIFICACIÓN
Aire interior	22.00		
Yeso	16.24	15.30	NO CONDENSA
Ático - Cámara de aire (invierno)	14.83	15.12	SI CONDENSA
Machimbre	6.78	14.28	SI CONDENSA
Membrana hidrófuga	-0.10	13.34	SI CONDENSA
Chapa galvanizada	-0.20	-3.81	NO CONDENSA
0	#N/A	#N/A	#N/A

Planilla 21: Verificación en la hoja "verifica" de la planilla CEEMACON.xls.

Fuente: Elaboración propia.

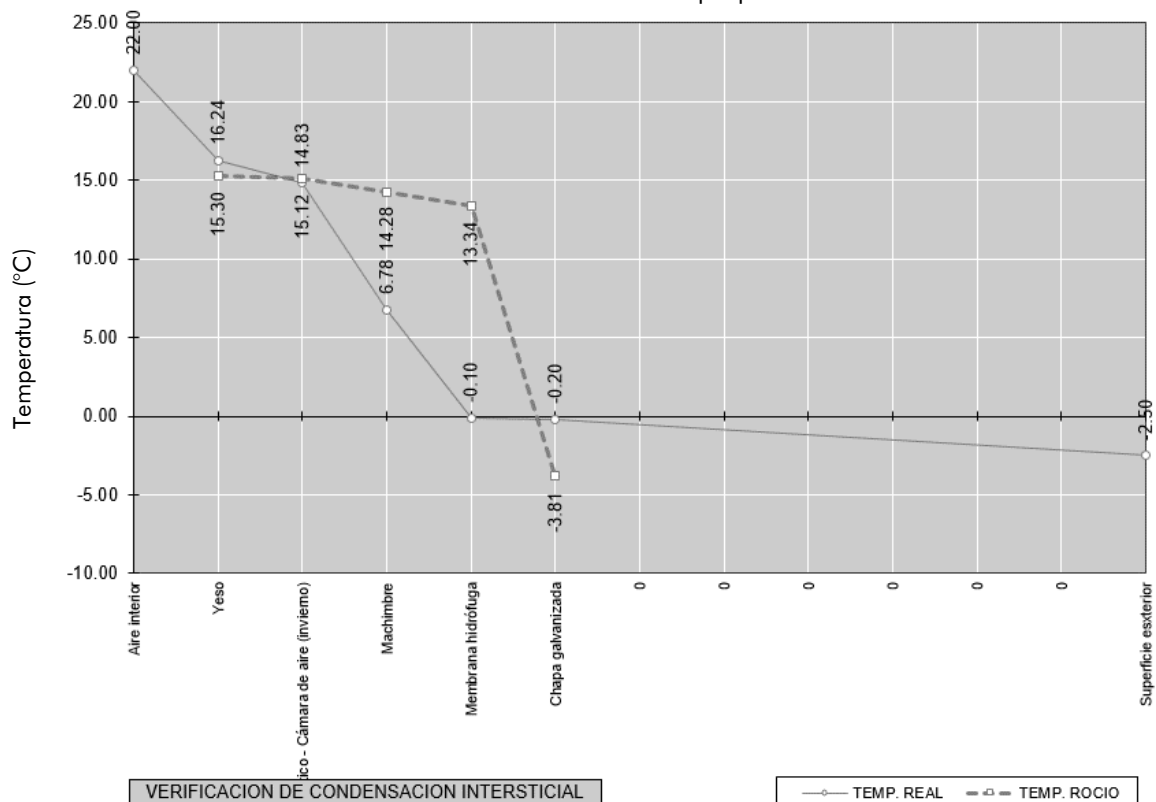


Gráfico 15: Verificación gráfica de condensación intersticial en la hoja "verifica" de la planilla CEEMACON.xls.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se adjuntan las planillas correspondientes a cada una de las soluciones tecnológico-constructivas relevadas para la envolvente vertical opaca.

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL		NO VERIF	
							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL		NO VERIF	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocio (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM				
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.75	15.47	15.30
2	LADRILLO COMÚN	0.2500	0.910	0.275	1800	450.0	0.080		3.13	1.61	14.39	14.11
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	0.66	0.60	1.05
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	0.59	0.37	-0.57
-										0.45	-0.49	-3.81
11												
	R.S.E			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
				Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.					
Espesor Total:				0.295	0.488	2.050	536.00	4.284				

Planilla 22: Tipo de muro - M1
Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL		SI VERIF.	
							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL		SI VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC		0.130		PERM	PERM				
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.75	16.86	15.30
2	LADRILLO COMÚN	0.3700	0.910	0.407	1800	666.0	0.080		4.63	1.64	16.01	14.43
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	0.61	-0.06	-0.12
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	0.55	-0.24	-1.37
										0.45	-0.92	-3.81
11												
	R.S.E			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
				Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.					
Espesor Total:				0.415	0.620	1.614	752.00	5.784				

Planilla 23: Tipo de muro - M2
Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL	NO VERIF		
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL	NO VERIF		
EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM		1.75	15.17	15.30
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.58	14.04	13.86
2	LADRILLO COMÚN	0.2500	0.910	0.275	1800	450.0	0.080		3.13	0.45	-0.40	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
Espesor Total:				0.270	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.				
					0.466	2.145	488.00	3.580				

Planilla 24: Tipo de muro - M3
Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.		
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.		
EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM		1.75	16.67	15.30
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.63	15.79	14.30
2	LADRILLO COMÚN	0.3700	0.910	0.407	1800	666.0	0.080		4.63	0.45	-0.86	-3.81
-												
11										0.45	-2.50	
	R.S.E			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
Espesor Total:				0.390	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.				
					0.598	1.672	704.00	5.080				

Planilla 25: Tipo de muro - M4
Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE				
							MINIMO	SI VERIFICA		SUPERFICIAL		SI VERIF.	
							RECOMEN.	NO VERIFICA		INTERSTICIAL		NO VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA					
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)	
Elem.													
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla		Ver Planilla	1.75	22.00		
	R.S.I.		CONDUC		0.130		PERM		PERM				
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.75	16.88	15.30	
2	LADRILLO HUECO NO PORTANTE	0.1800	0.440	0.409	1800	324.0	0.080		2.25	1.57	16.03	13.79	
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	0.72	-0.07	2.15	
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	0.62	-0.25	0.20	
										0.45	-0.93	-3.81	
11													
	R.S.E			0.040						0.45	-2.50		
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50		
Espesor Total:				0.225	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.					
					0.622	1.607	410.00	3.409					

Planilla 26: Tipo de muro - M5
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL		SI VERIF.	
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL		NO VERIF.	
							ECOLOGICO NO VERIFICA					
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM				
1	Capa de hormigón	0.0350	1.400	0.025	2200	77.0	0.022		1.59	1.75	20.86	15.30
2	Capa de EPS	0.0900	0.035	2.571	20	1.8	0.008		12.00	1.61	20.64	14.13
3	Capa de hormigón	0.0350	1.400	0.025	2200	77.0	0.022		1.59	0.59	-1.93	-0.61
										0.45	-2.15	-3.81
11												
										0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040								
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:				0.160	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.				
					2.791	0.358	155.80	15.182				

Planilla 27: Tipo de muro - M6
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se adjuntan las planillas correspondientes a cada una de las soluciones tecnológico-constructivas relevadas para la envolvente horizontal y la verificación correspondiente para la condición de verano. Nótese que en la pestaña "CAPAS" de la hoja de cálculo CEEMACON.xls, la resistencia superficial interior (R.S.I.) que aparece por defecto es la correspondiente a la condición de invierno (0,10 m².K/W), pero en la pestaña "VERIFICA", se corroboró que el coeficiente de transmitancia térmica K para la condición de verano, haya sido calculado con la R.S.I. correspondiente (0,17 m².K/W).

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K S/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL	NO VERIF.		
							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL	NO VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I		CONDUC	0.100			PERM	PERM				
1	Machimbre	0.0191	0.160	0.119	500	9.6	0.023		0.85	1.75	12.61	15.30
2	Membrana hidrófuga	0.0003	0.170	0.002	322	0.1		0.1140	8.77	1.63	1.41	14.32
3	Chapa galvanizada									0.45	1.25	-3.81
										#N/A	#N/A	#N/A
11										0.45	-2.50	
	R.S.E			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
Espesor Total:				0.019	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.				
				0.261	3.831	9.64	9.621					

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	3.02	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 28: Tipo de techo - T1
Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		S/NO	VERIFICA QUE NO CONDENSE		
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	NO VERIFICA		SUPERFICIAL	NO VERIF.	
							RECOMEN.	NO VERIFICA		INTERSTICIAL	NO VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC		0.100		PERM	PERM		1.75	17.06	15.30
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.72	15.66	15.12
2	Ático - Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.63	5.28	14.28
3	Machimbre	0.0220	0.190	0.116	500	11.0	0.023		0.96	1.51	-0.44	13.21
4	Membrana hidrófuga	0.0003	0.170	0.002	322	0.1		0.1140	8.77	0.45	-0.52	-3.81
5	Chapa galvanizada											
11										0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
Espesor Total:				0.535	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.				
					0.496	2.016	23.60	10.706				

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	1.77	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 29: Tipo de techo - T2
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO												
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE												
VERIFICA K SINO VERIFICA QUE NO CONDENSA												
MINIMO SI VERIFICA SUPERFICIAL SI VERIF.												
RECOMEN. SI VERIFICA INTERSTICIAL SI VERIF.												
ECOLOGICO NO VERIFICA												
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM				
1	Yeso	0.0120	0.490	0.024	1000	12.0	0.070		0.17	1.75	20.56	15.30
2	Ático - Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.72	20.20	15.12
3	Machimbre	0.0191	0.160	0.119	500	9.6	0.023		0.83	1.63	17.17	14.29
4	Membrana hidrófuga	0.0003	0.170	0.002	322	0.1		0.1140	8.77	1.53	15.45	13.36
5	Filtro de lana de vidrio	0.0500	0.042	1.202	20	1.0	0.500		0.10	0.46	15.42	-3.50
6	Chapa galvanizada									0.45	-1.92	-3.81
11												
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:		0.581			Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.		
					1.698	0.589	22.65			10.673		

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	0.57	
K mínimo	0.76	SI VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 30: Tipo de techo - T3
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO												
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE												
VERIFICA K SINO VERIFICA QUE NO CONDENSA												
MINIMO NO VERIFICA SUPERFICIAL SI VERIF.												
RECOMEN. NO VERIFICA INTERSTICIAL NO VERIF.												
ECOLOGICO NO VERIFICA												
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
Elem.												
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM				
1	Enlucido de yeso	0.0120	0.400	0.030	1200	14.4	0.110		0.11	1.75	18.43	15.30
2	Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.74	17.36	15.24
3	Losa de hormigón armado	0.1000	2.500	0.040	2500	250.0	0.022		4.55	1.69	9.87	14.80
4	Contrapiso	0.0800	0.970	0.082	1800	144.0	0.044		1.82	1.39	8.45	12.01
5	Carpeta	0.0500	1.130	0.044	2000	100.0	0.022		2.27	1.27	5.51	10.70
6	Membrana líquida	0.0100	0.700	0.014				0.1000	10.00	1.13	3.93	8.86
7	Cámara de aire (verano)	0.3000	2.380	0.126			0.626		0.48	0.48	3.42	-3.04
8	Chapa galvanizada									0.45	-1.07	-3.81
11												
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:		1.052			Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.		
					0.687	1.455	508.40			20.023		

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	1.32	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 31: Tipo de techo - T4

Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSA			
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL	NO VERIF.		
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL	NO VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM		1.75	17.31	15.30
1	Yeso	0.0120	0.400	0.030	800	9.6	0.070		0.17	1.73	15.91	15.14
2	Ático, cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210				0.6260	1.60	1.55	6.06	13.55
3	Machimbre	0.0191	0.160	0.119	500	9.6	0.023		0.83	1.45	0.46	12.65
4	Membrana hidrófuga	0.0003	0.170	0.002	322	0.1		0.1140	8.77	0.47	0.38	-3.29
5	Teja colonial cerámica (curva)	0.0150	0.700	0.021	2300	34.5	0.080		0.19	0.45	-0.62	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
Espesor Total:				0.546	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total		Resis.paso vapor tot.			
					0.523	1.913	53.75		11.559			

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	1.69	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 32: Tipo de techo - T5

Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE				
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL		NO VERIF.		
							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL		NO VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA					
Nº Elem.	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.kPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)	
AIRE INTERIOR			Ver Planilla				Ver Planilla		Ver Planilla		1.75	22.00	
R.S.I.			CONDUC				PERM		PERM		1.75	17.30	15.30
1	Yeso	0.0120	0.400	0.030	800	9.6	0.070		0.17	1.72	15.89	15.13	
2	Ático, cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.63	6.01	14.30	
3	Machimbre	0.0191	0.160	0.119	500	9.6	0.023		0.83	1.53	0.39	13.38	
4	Membrana hidrófuga	0.0003	0.170	0.002	322	0.1		0.1140	8.77	0.47	0.31	-3.25	
5	Teja plana	0.0150	0.760	0.020	2300	34.5	0.080		0.19	0.45	-0.62	-3.81	
11										0.45	-2.50		
R.S.E			0.040								0.45	-2.50	
AIRE EXTERIOR													
Espesor Total:		0.546	Res.Ter.Tot.		K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.				
			0.521		1.920	53.75			10.760				

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	1.69	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 33: Tipo de techo - T6
Fuente: Elaboración propia

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE							VERIFICA K SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE			
DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							MINIMO	NO VERIFICA	SUPERFICIAL	NO VERIF.		
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD							RECOMEN.	NO VERIFICA	INTERSTICIAL	NO VERIF.		
EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permeabilidad g/m.h.KPa	Permeancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM				
										1.75	15.02	15.30
1	Enlucido de yeso aplicado bajo los	0.0120	0.400	0.030	1200	14.4	0.110		0.11			
										1.74	12.93	15.24
2	Losa de hormigón armado	0.1000	2.500	0.040	2500	250.0	0.022		4.55			
										1.42	10.13	12.34
3	Contrapiso	0.0800	0.970	0.082	1800	144.0	0.044		1.82			
										1.30	4.38	10.97
4	Carpeta	0.0500	1.130	0.044	2000	100.0	0.022		2.27			
										1.14	1.29	9.03
5	Membrana liquida	0.0100	0.700	0.014				0.1000	10.00			
										0.45	0.29	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E			0.040								
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	2.38	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 34: Tipo de techo - T7

Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO						VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSA		
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE						MINIMO		NO VERIFICA		SUPERFICIAL		
						RECOMEN.		NO VERIFICA		INTERSTICIAL		
						ECOLOGICO		NO VERIFICA				
N°	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM		1.75	17.41	15.30
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1200	15.0	0.110		0.11	1.73	16.10	15.18
2	Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.63	6.45	14.30
3	Losa de hormigón armado	0.1000	2.500	0.040	2500	250.0	0.022		4.55	1.05	4.61	7.74
4	Contrapiso (hormigón de cascotes)	0.0800	0.930	0.086	1800	144.0	0.044		1.82	0.82	0.66	3.98
5	Carpeta de nivelación (concreto)	0.0300	1.300	0.023	2000	60.0	0.022		1.36	0.64	-0.40	0.58
6	Aislación hidrófuga	0.0040	0.700	0.006				0.6700	1.49	0.45	-0.66	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
	Espesor Total:	0.727		Res.Ter.Tot.	0.533	K=1/Rt	1.875	Peso Total	469.00	Resis.paso vapor tot.	10.132	

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	1.66	
K mínimo	0.76	NO VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 35: Tipo de techo - T8

Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT													
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE		
							MINIMO	SI VERIFICA		SUPERFICIAL	SI VERIF.		
							RECOMEN.	NO VERIFICA		INTERSTICIAL	SI VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA					
Nº	CAPAS	Espesor	Conductividad	Resist. térmica	Peso Espec.	Peso Unit.	Permeabilidad	Permeancia	Resist. vapor tot.	Presión vapor	Temp. real	Temp. rocío	
Elem.		m	W/m.K	m².K/W	Kg/m³	Kg/m²	g/m.h.KPa	g/m².h.kPa	m².h.kPa/g	kN/m²	(°C)	(°C)	
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00		
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM					
1	Enlucido de yeso	0.0120	0.400	0.030	1200	14.4	0.110		0.11	1.75	20.25	15.30	
2	Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.74	19.73	15.29	
3	Losa de hormigón armado	0.1000	2.500	0.040	2500	250.0	0.022		4.55	1.74	16.05	15.25	
4	Film de polietileno	0.0003	0.500	0.001	960	0.2		0.0060	166.67	1.71	15.35	14.98	
5	EPS	0.0300	0.035	0.857	20	0.6	0.008		4.00	0.57	15.34	-1.01	
6	Contrapiso	0.0800	0.970	0.082	1800	144.0	0.044		1.82	0.54	0.36	-1.64	
7	Carpeta	0.0300	1.130	0.027	2000	60.0	0.022		1.36	0.53	-1.09	-1.93	
8	Membrana líquida	0.0100	0.700	0.014				0.1000	10.00	0.52	-1.55	-2.15	
										0.45	-1.80	-3.81	
11										0.45	-2.50		
	R.S.E.			0.040									
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50		
		Espesor Total:		0.762	Res.Ter.Tot. K=1/Rt		1.401	0.714	Peso Total	469.24	Resis.paso vapor tot.		189.302

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	0.69	
K mínimo	0.76	SI VERIFICA
K recomendado	0.48	NO VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 36: Tipo de techo - T9
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se adjuntan las planillas correspondientes a cada una de las propuestas de reciclado para la envolvente vertical opaca, planteadas en el apartado “3.2 Propuesta”.

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

 PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
 DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE												
N° Elem.	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE	
							MINIMO	SI VERIFICA	PERM	PERM	SUPERFICIAL	SI VERIF.
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL		SI VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla		Ver Planilla		1.75	22.00
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM		PERM			
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044			0.45	1.75	19.36
2	LADRILLO HUECO NO PORTANTE	0.1800	0.440	0.409	1800	324.0	0.080			2.25	1.66	18.92
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020			0.25	1.22	10.60
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044			0.45	1.17	10.51
5	BASE COAT	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.022			0.23	1.08	10.15
6	PLACA EPS 20 Kg/m3	0.0200	0.035	0.571	25	0.5	0.008			2.67	1.03	10.06
7	BASE COAT Y "FINISH"	0.0070	1.130	0.006	2000	14.0	0.022			0.32	0.51	-1.56
8											-2.29	
11											0.45	-1.69
	R.S.E.			0.040							-2.50	
	AIRE EXTERIOR										0.45	-2.50
Espesor Total:				0.257	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total		Resis.paso vapor tot.			
					1.204	0.830	434.50		6.621			

Planilla 37: Propuesta de reciclado (I₁-A₁) para muro M5.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT

 PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE
 DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO

NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE												
N° Elem.	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE	
							MINIMO	SI VERIFICA	PERM	PERM	SUPERFICIAL	SI VERIF.
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL		NO VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla		Ver Planilla		1.75	22.00
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM		PERM			
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044			0.45	1.75	20.64
2	LADRILLO HUECO NO PORTANTE	0.1800	0.440	0.409	1800	324.0	0.080			2.25	1.60	20.41
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020			0.25	0.85	16.12
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044			0.45	0.77	16.07
5	Lana de vidrio	0.0500	0.033	1.500	50	2.5	0.500			0.10	0.62	15.89
6	Cámara de aire	0.0200		0.170			0.626			0.03	0.59	0.14
7	Placas cementicias	0.0100	0.240	0.042	1200	12.0	0.026			0.38	0.58	-1.64
											-2.08	-3.81
	R.S.E.			0.040								
	AIRE EXTERIOR										0.45	-2.50
Espesor Total:				0.305	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total		Resis.paso vapor tot.			
					2.334	0.428	424.50		3.926			

Planilla 38: Propuesta de reciclado (I₁-A₃) para muro M5.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT													
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO													
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE													
Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		VERIFICA QUE NO CONDENSA		Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.			
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.			
							ECOLOGICO	NO VERIFICA					
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla			1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM			1.75	20.46	15.30
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18		1.74	20.13	15.28
2	CÁMARA DE AIRE	0.0200		0.170			0.626		0.03		1.74	18.11	15.27
3	HOJA DE ALUMINIO	0.0001	0.500	0.000				0.0112	89.29		0.50	18.11	-2.61
4	LANA DE VIDRIO	0.0500	0.040	1.250	15	0.8	0.500		0.10		0.50	3.32	-2.64
5	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45		0.49	3.07	-2.80
6	LADRILLO HUECO NO PORTANTE	0.1800	0.440	0.409	1800	324.0	0.080		2.25		0.46	-1.77	-3.56
7	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25		0.46	-1.82	-3.65
8	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45		0.45	-2.03	-3.81
11											0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040							0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR										0.45	-2.50	
Espesor Total:				0.308	Res.Ter.Tot.	2.071	K=1/Rt	0.483	Peso Total	423.25	Resis.paso vapor tot.	93.005	

Planilla 39: Propuesta de reciclado (I₂-A₃) para muro M5.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT													
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO													
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE													
Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	VERIFICA K		VERIFICA QUE NO CONDENSA		Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.			
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.			
							ECOLOGICO	NO VERIFICA					
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla			1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM			1.75	20.76	15.30
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18		1.74	20.49	15.27
2	FILM POLIETILENO	0.0001		0.170				0.0160	62.50		0.52	18.87	-2.13
3	CELULOSA PROYECTADA	0.0700	0.040	1.750	45	3.2	0.525		0.13		0.52	2.19	-2.19
4	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45		0.51	1.99	-2.40
5	LADRILLO HUECO NO PORTANTE	0.1800	0.440	0.409	1800	324.0	0.080		2.25		0.46	-1.91	-3.46
6	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25		0.46	-1.95	-3.58
7	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45		0.45	-2.12	-3.81
11											0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040							0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR										0.45	-2.50	
Espesor Total:				0.308	Res.Ter.Tot.	2.571	K=1/Rt	0.389	Peso Total	425.65	Resis.paso vapor tot.	66.221	

Planilla 40: Propuesta de reciclado (I₂-A₄) para muro M5.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSA	
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	SI VERIFICA		SUPERFICIAL		SI VERIF.
							RECOMEN.	SI VERIFICA		INTERSTICIAL		SI VERIF.
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permeabilidad g/m.h.KPa	Permeancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM		1.75	20.16	15.30
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.65	19.86	14.49
2	LADRILLO COMÚN	0.3700	0.910	0.407	1800	666.0	0.080		4.63	0.69	14.11	1.63
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	0.64	14.05	0.56
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	0.55	13.80	-1.52
5	ESPUMA DE POLIURETANO PROY	0.0300	0.028	1.071	35	1.1	0.400		0.08	0.53	-1.35	-1.88
6	PLACAS CEMENTICIAS	0.0100	0.240	0.042	1200	12.0	0.026		0.38	0.45	-1.93	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
Espesor Total:		0.455		Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.			
				1.733	0.577	765.05			6.244			

Planilla 41: Propuesta de reciclado (I₁-A₂) para muro M2.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSA	
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	SI VERIFICA		SUPERFICIAL		SI VERIF.
							RECOMEN.	SI VERIFICA		INTERSTICIAL		SI VERIF.
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espesor m	Conductividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permeabilidad g/m.h.KPa	Permeancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM		1.75	20.68	15.30
1	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	1.65	20.46	14.50
2	LADRILLO COMÚN	0.3700	0.910	0.407	1800	666.0	0.080		4.63	0.70	16.33	1.82
3	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	0.65	16.28	0.77
4	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	0.56	16.11	-1.27
5	CELULOSA PROYECTADA	0.0700	0.040	1.750	45	3.2	0.525		0.13	0.53	-1.67	-1.90
6	PLACAS CEMENTICIAS	0.0100	0.240	0.042	1200	12.0	0.026		0.38	0.45	-2.09	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR											
Espesor Total:		0.495		Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total			Resis.paso vapor tot.			
				2.411	0.415	767.15			6.302			

Planilla 42: Propuesta de reciclado (I₁-A₄) para muro M2.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE	
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.		
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espe-sor m	Conduc-tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea-bilidad g/m.h.KPa	Per-meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM				
1	PLACA DE ROCA DE YESO	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.75	19.71	15.30
2	CÁMARA DE AIRE	0.0350		0.170			0.626		0.06	1.74	19.21	15.28
3	FILM POLIETILENO 200 micrones	0.0002	0.500	0.000				0.0080	125.00	1.74	16.21	15.28
4	PLACA EPS 20 Kg/m3	0.0200	0.035	0.571	25	0.5	0.008		2.50	0.53	16.20	-1.87
5	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	0.51	6.13	-2.44
6	LADRILLO COMÚN	0.3700	0.910	0.407	1800	666.0	0.080		4.63	0.50	5.75	-2.54
7	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	0.46	-1.41	-3.64
8	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	0.45	-1.49	-3.70
										0.45	-1.79	-3.81
11												
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:				0.483	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.				
					1.390	0.719	765.00			133.519		

Planilla 43: Propuesta de reciclado (I₂-A₁) para muro M2.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE	
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.		
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espe-sor m	Conduc-tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea-bilidad g/m.h.KPa	Per-meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.130			PERM	PERM				
1	PLACA DE ROCA DE YESO	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.75	20.31	15.30
2	CÁMARA DE AIRE	0.0350		0.170			0.626		0.06	1.74	19.95	15.28
3	FILM POLIETILENO 200 micrones	0.0002	0.500	0.000				0.0080	125.00	1.74	17.74	15.28
4	ESPUMA DE POLIURETANO PROYECTADO	0.0300	0.028	1.071	35	1.1	0.400		0.08	0.51	17.74	-2.39
5	REVOQUE INTERIOR	0.0200	0.930	0.022	1900	38.0	0.044		0.45	0.51	3.85	-2.41
6	LADRILLO COMÚN	0.3700	0.910	0.407	1800	666.0	0.080		4.63	0.50	3.57	-2.52
7	AZOTADO HIDRÓFUGO	0.0050	1.130	0.004	2000	10.0	0.020		0.25	0.46	-1.70	-3.63
8	REVOQUE EXTERIOR	0.0200	1.160	0.017	1900	38.0	0.044		0.45	0.46	-1.76	-3.69
										0.45	-1.98	-3.81
11												
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:				0.493	Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.				
					1.890	0.529	765.55			131.094		

Planilla 44: Propuesta de reciclado (I₂-A₂) para muro M2.
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se adjuntan las planillas correspondientes a cada una de las propuestas de reciclado para la envolvente horizontal, planteadas en el apartado “3.2 Propuesta” y la verificación correspondiente para la condición de verano. Nótese que en la pestaña “CAPAS” de la hoja de cálculo CEEMACON.xls, la resistencia superficial interior (R.S.I.) que aparece por defecto es la correspondiente a la condición de invierno ($0,10 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$), pero en la pestaña “VERIFICA”, se corroboró que el coeficiente de transmitancia térmica K para la condición de verano, haya sido calculado con la R.S.I. correspondiente ($0,17 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$).

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSE	
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL	SI VERIF.		
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL	SI VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº Elem.	CAPAS	Espe-sor m	Conduc-tividad W/m.K	Resist. térmica $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$	Peso Espec. Kg/m^3	Peso Unit. Kg/m^2	Permea-bilidad $\text{g}/\text{m}^2.\text{h.kPa}$	Per-meancia $\text{g}/\text{m}^2.\text{h.kPa}$	Resist. vapor tot. $\text{m}^2.\text{h.kPa}/\text{g}$	Presión vapor kN/m^2	Temp. real ($^{\circ}\text{C}$)	Temp. rocío ($^{\circ}\text{C}$)
AIRE INTERIOR			Ver Planilla CONDUC		0.100		Ver Planilla PERM		Ver Planilla PERM		1.75	22.00
R.S.I.												
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1200	15.0	0.110		0.11	1.75	21.02	15.30
2	Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.74	20.74	15.22
3	Losa de hormigón armado	0.1000	2.500	0.040	2500	250.0	0.022		4.55	1.67	18.67	14.65
4	Contrapiso (hormigón de cascotes)	0.0800	0.930	0.086	1800	144.0	0.044		1.82	1.29	18.27	10.87
5	Carpeta de nivelación (concreto)	0.0300	1.300	0.023	2000	60.0	0.022		1.36	1.14	17.42	8.98
6	Aislación hidrófuga	0.0040	0.700	0.006				0.6700	1.49	1.02	17.20	7.39
7	Placa de EPS 20 kg/m^3	0.0600	0.035	1.714	20	1.2	0.014		4.29	0.90	17.14	5.43
8	Geotextil	0.0100	0.700	0.014			0.150		0.07	0.54	0.26	-1.62
9	Cámara de aire (verano)	0.070	0.333	0.210			0.626		0.11	0.54	0.12	-1.75
10	Baldosa de cemento	0.020	1.300	0.015	2000	40.0	0.022		0.91	0.53	-1.95	-1.97
11										0.45	-2.11	-3.81
R.S.E.					0.040						0.45	-2.50
AIRE EXTERIOR											0.45	-2.50
Espesor Total:		0.887		Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.		15.505			
				2.487	0.402	510.20						

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	0.43	
K mínimo	0.76	SI VERIFICA
K recomendado	0.48	SI VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 45: Propuesta de reciclado (I₁-A₁) para techo T8.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		S/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSA	
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	SI VERIFICA		SUPERFICIAL	SI VERIF.	
							RECOMEN.	SI VERIFICA		INTERSTICIAL	SI VERIF.	
							ECOLOGICO	NO VERIFICA				
Nº	CAPAS	Espesor	Conductividad	Resist. térmica	Peso Espec.	Peso Unit.	Permeabilidad	Permeancia	Resist. vapor tot.	Presión vapor	Temp. real	Temp. rocío
Elem.		m	W/m.K	m².K/W	Kg/m³	Kg/m²	g/m.h.KPa	g/m².h.kPa	m².h.kPa/g	kN/m²	(°C)	(°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM		1.75	21.08	15.30
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.74	20.82	15.28
2	Hoja de aluminio	0.0001		0.140				0.0112	89.29	0.58	19.54	-0.68
3	Lana de vidrio	0.0800	0.040	2.000	15	1.2	0.500		0.16	0.58	1.21	-0.73
4	Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	0.57	-0.71	-0.96
5	Losa de hormigón armado	0.1000	2.500	0.040	2500	250.0	0.022		4.55	0.51	-1.08	-2.33
6	Contrapiso (hormigón de cascote)	0.0800	0.930	0.086	1800	144.0	0.044		1.82	0.49	-1.87	-2.89
7	Carpeta de nivelación (concreto)	0.0300	1.300	0.023	2000	60.0	0.022		1.36	0.47	-2.08	-3.32
8	Aislación hidrófuga	0.0040	0.700	0.006				0.6700	1.49	0.45	-2.13	-3.81
11										0.45	-2.50	
	R.S.E.			0.040						0.45	-2.50	
	AIRE EXTERIOR									0.45	-2.50	
Espesor Total:		0.807		Res.Ter.Tot.	K=1/Rt	Peso Total	Resis.paso vapor tot.					
				2.673	0.374	467.70	99.643					

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	0.37	
K mínimo	0.76	SI VERIFICA
K recomendado	0.48	SI VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

Planilla 46: Propuesta de reciclado (I₂-A₃) para techo T8.
Fuente: Elaboración propia

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT												
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SINO		VERIFICA QUE NO CONDENSA	
							MINIMO	SI VERIFICA	SUPERFICIAL		SI VERIF.	
							RECOMEN.	SI VERIFICA	INTERSTICIAL		SI VERIF.	
							ECOLOGICO		NO VERIFICA			
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocio (°C)
	AIRE INTERIOR		Ver Planilla				Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00	
	R.S.I.		CONDUC	0.100			PERM	PERM				
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.75	20.89	15.30
2	Ático - Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.74	20.58	15.28
3	Machimbre	0.0220	0.190	0.116	500	11.0	0.023		0.96	1.74	18.25	15.22
4	Film de PE de 200 micrones	0.0000	0.500	0.000	960	0.0		0.0080	125.00	1.73	16.96	15.14
5	Placa de EPS (20 Kg/m3)	0.0600	0.035	1.714	20	1.2	0.008		8.00	0.54	16.96	-1.74
6	Chapa de acero galvanizado	0.0001	58.000	0.000			0.000		1.00	0.46	-2.06	-3.57
										0.45	-2.06	-3.81

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	0.44	
K mínimo	0.76	SI VERIFICA
K recomendado	0.48	SI VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

CENTRO DE ESTUDIOS ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE - IAA - FAU - UNT													
PLANILLA PARA LA INCORPORACION DE DATOS PARA CADA CAPA DEL CERRAMIENTO							VERIFICA K		SI/NO		VERIFICA QUE NO CONDENSE		
NO INGRESAR VALOR DE CONDUCTIVIDAD EN CASO DE CAMARAS DE AIRE							MINIMO	SI VERIFICA		SUPERFICIAL	SI VERIF.		
							RECOMEN.	SI VERIFICA		INTERSTICIAL	SI VERIF.		
							ECOLOGICO	NO VERIFICA					
Nº	CAPAS	Espe- sor m	Conduc- tividad W/m.K	Resist. térmica m².K/W	Peso Espec. Kg/m³	Peso Unit. Kg/m²	Permea- bilidad g/m.h.KPa	Per- meancia g/m².h.kPa	Resist. vapor tot. m².h.kPa/g	Presión vapor kN/m²	Temp. real (°C)	Temp. rocío (°C)	
Elem.													
AIRE INTERIOR													
R.S.I.		Ver Planilla					Ver Planilla	Ver Planilla		1.75	22.00		
		CONDUC			0.100		PERM	PERM					
1	Placa de roca de yeso	0.0125	0.440	0.028	1000	12.5	0.070		0.18	1.75	20.92	15.30	
2	Ático - Cámara de aire (verano)	0.5000	2.380	0.210			0.626		0.80	1.74	20.62	15.28	
3	Machimbre	0.0220	0.190	0.116	500	11.0	0.023		0.96	1.74	18.35	15.22	
4	Film de PE de 200 micrones	0.0000	0.500	0.000	960	0.0		0.0080	125.00	1.73	17.10	15.14	
5	Chapa de acero galvanizado	0.0001	58.000	0.000			0.000		1.00	0.47	17.10	-3.27	
6	Fieltro de lana de vidrio	0.0800	0.045	1.778	10	0.8	0.500		0.16	0.46	17.10	-3.52	
7	Chapa de acero galvanizado	0.0001	58.000	0.000			0.000		1.00	0.46	-2.07	-3.56	
										0.45	-2.07	-3.81	
AIRE EXTERIOR													
11										0.45	-2.50		
R.S.E.				0.040									
										0.45	-2.50		
Espesor Total:				0.615		Res.Ter.Tot		K=1/Rt		Peso Total		Resis.paso vapor tot.	
				2.272		0.440		24.32				129.094	

TIPO DE K	VERANO	VERIFICACION
K calculado:	0.43	
K minimo	0.76	SI VERIFICA
K recomendado	0.48	SI VERIFICA
K ecológico	0.19	NO VERIFICA

ANEXO 2. Uso de la herramienta desarrollada para el cálculo de la transmitancia térmica (K) de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.

Para el análisis del comportamiento energético de las ventanas, a partir del cálculo del coeficiente de transmitancia térmica y del factor solar, se desarrolla una herramienta que facilita y automatiza las operaciones y verificaciones necesarias. Esta consiste en una planilla elaborada en una hoja de cálculo, la cual tiene en cuenta las Normas IRAM vigentes. Para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica media ponderada (K'_m) según Norma IRAM 11507-4, se plantea la ecuación [7], la cual expone la relación entre las distintas variables tenidas en cuenta.

$$K'_m = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad [7]$$

Donde K'_m es la transmitancia térmica media ponderada en W/m^2K , S_i es la superficie de cada uno de los componentes de la ventana en m^2 y K_i es la transmitancia térmica en W/m^2K (IRAM 2017 op. Cit.).

En el caso de elementos transparentes con protecciones solares interiores o exteriores, se debe tener en cuenta la resistencia térmica que aportan las mismas, entonces se tiene la ecuación [8].

$$R_t = \frac{1}{K'_m} + \sum_{p=1}^n R_p \quad [8]$$

Donde R_t es la resistencia térmica total del elemento transparente con las protecciones solares en m^2K/W , K'_m es la transmitancia térmica media ponderada en W/m^2K y R_p es la resistencia térmica de la protección solar en m^2K/W (IRAM 2017 op. Cit.).

Finalmente, el coeficiente de transmitancia térmica total (K_t) del elemento transparente con sus protecciones solares estará dado por la ecuación [9] que responde a la Norma IRAM 11601, la cual establece que la transmitancia térmica es la inversa de la resistencia térmica.

$$K_t = \frac{1}{R_t}$$

[9]

En cuanto al funcionamiento de la herramienta, los datos ingresados responden a las ecuaciones desarrolladas anteriormente. Algunos de éstos deben ser ingresados manualmente (celdas con trama), como es el caso de las superficies, mientras que otros podrán seleccionarse de una lista desplegable (celdas sombreadas), por ejemplo, la materialidad (véase Planilla 49). Además, se han utilizado fórmulas y funciones de la planilla de cálculo (por ejemplo, la función SI) para posibilitar las operaciones. La herramienta permite verificar el cumplimiento de la Norma IRAM 11601, que establece que las ventanas deben presentar un valor de transmitancia térmica total menor que 4 W/m²K. Asimismo, se tiene en cuenta las categorías de aislación térmica presentadas en la IRAM 11507-4, exigibles en función del desempeño térmico requerido en las condiciones ambientales de uso previstas para la zona climática donde se instale la ventana (IRAM 11603).

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
Material marco:		
K marco (W/m ² .°C):		
Superficie marco (m ²):		
Tipo de vidrio:		
K vidrio (W/m ² .°C):		
Factor Solar (FS):		
Superficie vidrio (m ²):		
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		
Resistencia (R) protección solar interior:		
Tipo de protección solar exterior:		
Resistencia (R) protección solar exterior:		
*FS = Factor Solar		
**En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 49: Estructura de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical.
Fuente: Elaboración propia

La herramienta desarrollada permite el análisis de la eficiencia energética de las superficies transparentes de la envolvente edilicia vertical de los establecimientos hospitalarios, a partir del cálculo del coeficiente de transmitancia térmica y del factor solar. A diferencia de la planilla de cálculo que brinda la Ordenanza N° 8.757 de Rosario, en este caso se tiene en cuenta la materialidad de los marcos de las carpinterías, mediante el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica media ponderada (K'_m) conforme a la Norma IRAM 11507-4. Además, actualmente, la mayoría de los hospitales del sistema público cuentan con ventanas con tecnologías que no son contempladas en la herramienta online de Calificación y Etiquetado de Carpintería de Obra que permite calcular la clase de Eficiencia Energética de las ventanas, conforme a la norma IRAM 11507-6/2018.

A continuación, se adjuntan las planillas correspondientes a cada una de las ventanas relevadas.

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)		Nivel IRAM 11507-4
4.16		no clasifica
		FS*
		0.84
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m^2) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.50	2.35	3.53
Material marco:		Madera
K marco ($W/m^2 \cdot ^\circ C$):		2.10
Superficie marco (m^2):		1.06
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio ($W/m^2 \cdot ^\circ C$):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m^2):		2.47
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Ninguna
Resistencia (R) protección solar exterior:		0
*FS = Factor Solar		
**En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 50: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a la ventana V1.

Fuente: Elaboración propia

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
5.06	no clasifica	0.84
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.60	1.60	2.56
Material marco:		Aluminio sin RPT
K marco (W/m ² .°C):		6.02
Superficie marco (m ²):		0.77
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio (W/m ² .°C):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m ²):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Ninguna
Resistencia (R) protección solar exterior:		0
*FS = Factor Solar **En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 51: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a las ventanas V2 y V3.

Fuente: Elaboración propia

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
2.53	K4	0.84
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.50	2.35	3.53
Material marco:		Madera
K marco (W/m ² .°C):		2.10
Superficie marco (m ²):		1.06
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio (W/m ² .°C):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m ²):		2.47
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Cortina de enrollar de madera, metálicas, de PVC o aluminio
Resistencia (R) protección solar exterior:		0.155
*FS = Factor Solar **En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 52: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a la ventana V4.

Fuente: Elaboración propia

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
2.84	K4	0.18
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ÷
alto ÷	ancho ÷	
1.60	1.60	2.56
Material marco:		Aluminio sin RPT
K marco (W/m ² .°C):		6.02
Superficie marco (m ²):		0.77
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio (W/m ² .°C):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m ²):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Cortina de enrollar de madera, metálicas, de PVC o aluminio
Resistencia (R) protección solar exterior:		0.155
*FS = Factor Solar **En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 53: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a las ventanas V5 y V6.

Fuente: Elaboración propia

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
5.06	no clasifica	0.40
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.60	1.60	2.56
Material marco:		Chapa
K marco (W/m ² .°C):		6.02
Superficie marco (m ²):		0.77
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio (W/m ² .°C):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m ²):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Parasol horizontal fijo con proporción 1:2 saliente-altura
Resistencia (R) protección solar exterior:		0
*FS = Factor Solar **En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 54: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar a las ventanas V7 y V8.

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de la herramienta desarrollada permite identificar las características técnico-constructivas de las ventanas existentes, verificar su cumplimiento con las normas de acondicionamiento higrotérmico vigentes para posteriormente, proponer estrategias que permitan mejorar la eficiencia energética de la envolvente edilicia sanitaria. En cuanto al alcance de la herramienta, la misma puede ser utilizada en cualquiera de las zonas bioclimáticas propuestas en la Norma IRAM 11603, lo cual favorece la aplicación en provincias en las que estas normas no tienen carácter obligatorio.

A continuación, se adjuntan las planillas correspondientes a cada una de las propuestas de reciclado para la envolvente vertical transparente, planteadas en el apartado “3.2 Propuesta”. Para el caso de la propuesta de reciclado I₃, que incluye la incorporación de una carpintería en paralelo, el procedimiento de cálculo se realiza según lo especifica la Norma IRAM 11.507-4 para una carpintería doble.

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)		Nivel IRAM 11507-4
3.62		K5
FS*		0.79
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.60	1.60	2.56
Material marco:		Aluminio sin RPT
K marco (W/m ² .°C):		6.02
Superficie marco (m ²):		0.77
Tipo de vidrio:		DVH incoloro - incoloro 4-9-4 mm
K vidrio (W/m ² .°C):		3.15
Factor Solar (FS):		0.79
Superficie vidrio (m ²):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Ninguna
Resistencia (R) protección solar exterior:		0
*FS = Factor Solar		
**En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 55: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de la propuesta de ventana I_{1-A1} (para V3) e I_{1-A2} (para V2).

Fuente: Elaboración propia

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
2.66	K4	0.79
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.60	1.60	2.56
Material marco:		PVC 2 cámaras con refuerzo
K marco (W/m ² .°C):		2.20
Superficie marco (m ²):		0.77
Tipo de vidrio:		DVH incoloro - incoloro 4-9-4 mm
K vidrio (W/m ² .°C):		3.15
Factor Solar (FS):		0.79
Superficie vidrio (m ²):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Ninguna
Resistencia (R) protección solar exterior:		0
*FS = Factor Solar **En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 56: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de la propuesta de ventana I_{1-A4}.

Fuente: Elaboración propia

Herramienta para determinar el comportamiento térmico de ventanas		
K ventana calculado (W/m ² .°C)	Nivel IRAM 11507-4	FS*
2.84	K4	0.18
Medidas abertura en (m)**		Superficie total (m ²) ↓
alto ↓	ancho ↓	
1.60	1.60	2.56
Material marco:		Chapa
K marco (W/m ² .°C):		6.02
Superficie marco (m ²):		0.77
Tipo de vidrio:		Vidrio simple incoloro 4 mm
K vidrio (W/m ² .°C):		5.80
Factor Solar (FS):		0.84
Superficie vidrio (m ²):		1.79
Protección solar:		
Tipo de protección solar interior:		Cortinas de tela
Resistencia (R) protección solar interior:		0.027
Tipo de protección solar exterior:		Cortina de enrollar de madera, metálicas, de PVC o aluminio
Resistencia (R) protección solar exterior:		0.155
*FS = Factor Solar **En la Norma IRAM 11507/4 se adopta la medida 1230 mm x 1480 mm como base de cálculo, según normativa europea.		

Planilla 57: Aplicación de la planilla desarrollada para la verificación de K y factor solar de la propuesta de ventana I₂.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3. Fichas de precios de cada solución tecnológico-constructiva de la envolvente edilicia vertical y horizontal.

Para calcular el Costo de Inversión (CI) de cada una de las propuestas de reciclado de la envolvente edilicia vertical y horizontal, se elaboraron fichas en las que se incluyeron los precios de los materiales y la mano de obra necesarios para materializar 1 m² de cada solución tecnológico-constructiva. Se utilizaron como fuentes la Revista Vivienda y el Suplemento Clarín de Arquitectura. En todos los casos, los valores están expresados en pesos argentinos (\$), teniendo en cuenta que 198 \$ = 1 U\$\$ al 14/02/23, según cotización del Banco Nación. A continuación, se exponen las fichas correspondientes a cada una de las soluciones tecnológico-constructivas propuestas para el reciclado de la envolvente edilicia, mencionadas en el apartado 3.2 y que no han sido presentadas en dicho capítulo.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁)					COMPONENTE MURO	
Incorporación de aislamiento térmico exterior (placas de EPS) mediante sistema EIFS						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Placas de EPS 2 cm (20 Kg/m ³)	1.05	m ²	Placa 1mx1m	1.05	\$ 1,014.50	\$ 1,065.23
Sistema EIFS						
Adhesivo para placas de EPS	4	Kg	Bolsa 30 Kg	0.133	\$ 3,221.50	\$ 429.53
Base coat	2	Kg	Bolsa 30 Kg	0.067	\$ 6,067.65	\$ 404.51
Malla de fibra de vidrio (110grs)	1.05	m ²	Rollo 50 m ²	0.021	\$ 13,883.24	\$ 291.55
Revestimiento						
Revestimiento plástico texturado	2	Kg	Balde 20 Kg	0.100	\$ 20,448.83	\$ 2,044.88
Pintura (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex para exteriores	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 17,544.82	\$ 219.31
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Sistema EIFS						
Oficial (albañil)	0.47	h/m ²			\$ 624.00	\$ 293.28
Ayudante	0.47	h/m ²			\$ 528.00	\$ 248.16
Revestimiento						
Oficial (albañil)	0.35	h/m ²			\$ 624.00	\$ 218.40
Ayudante	0.13	h/m ²			\$ 528.00	\$ 68.64
Pintura						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(placas de EPS) mediante sistema EIFS con revestimiento					\$ 5,468.69	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(placas de EPS) mediante sistema EIFS con pintura					\$ 3,703.26	

Ficha 5: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₁) del componente muro.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₂)					COMPONENTE MURO	
Incorporación de aislamiento térmico exterior (espuma de poliuretano proyectada) y placas cementicias						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Espuma de poliuretano proyectada 30 mm	1	m ²	m ²	1	\$ 3,558.72	\$ 3,558.72
Placas cementicias c/estructura metálica						
Solera de chapa galvanizada de 35 mm	1.00	m	Perfil 2.6m	0.385	\$ 662.46	\$ 254.79
Montante de chapa galvanizada de 35 mm	2.50	m	Perfil 2.6m	0.962	\$ 760.71	\$ 731.45
Tornillos T1	8.00	Unidad	Caja 500u	0.016	\$ 9,719.57	\$ 155.51
Tornillos T2	13.00	Unidad	Caja 500u	0.026	\$ 10,603.10	\$ 275.68
Fijaciones	3.50	Unidad	Caja 100u	0.007	\$ 1,615.96	\$ 11.31
Placa cementicia 10 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 10,392.94	\$ 3,789.09
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Placas cementicias c/estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.60	h/m ²			\$ 624.00	\$ 374.40
Ayudante	0.60	h/m ²			\$ 528.00	\$ 316.80
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(espuma de poliuretano proyectada) con placas cementicias					\$ 9,467.76	

Ficha 6: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₂) del componente muro.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₃)				COMPONENTE MURO		
Incorporación de aislamiento térmico exterior (lana de vidrio) y placas cementicias						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Lana de vidrio (Fieltro liviano) 50 mm	1.05	m ²	Rollo 1.2x18 m	0.05	\$ 17,081.46	\$ 830.35
Placas cementicias c/estructura metálica						
Solera de chapa galvanizada de 70 mm	1.00	m	Perfil 2.6m	0.385	\$ 910.75	\$ 350.29
Montante de chapa galvanizada de 70 mm	2.50	m	Perfil 2.6m	0.962	\$ 1,014.74	\$ 975.71
Tornillos T1	8.00	Unidad	Caja 500u	0.016	\$ 9,719.57	\$ 155.51
Tornillos T2	13.00	Unidad	Caja 500u	0.026	\$ 10,603.10	\$ 275.68
Fijaciones	3.50	Unidad	Caja 100u	0.007	\$ 1,615.96	\$ 11.31
Placa cementicia 10 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 10,392.94	\$ 3,789.09
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Placas cementicias c/estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.80	h/m ²			\$ 624.00	\$ 499.20
Ayudante	0.80	h/m ²			\$ 528.00	\$ 422.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(lana de vidrio) con placas cementicias					\$ 7,309.55	

Ficha 7: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₃) del componente muro.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₄)					COMPONENTE MURO	
Incorporación de aislamiento térmico exterior (celulosa proyectada) y placas cementicias						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Celulosa proyectada (70 mm)	1	m ²	m ²	1	\$ 3,291.20	\$ 3,291.20
Placas cementicias c/estructura metálica						
Solera de chapa galvanizada de 70 mm	1.00	m	Perfil 2.6m	0.385	\$ 910.75	\$ 350.29
Montante de chapa galvanizada de 70 mm	2.50	m	Perfil 2.6m	0.962	\$ 1,014.74	\$ 975.71
Tornillos T1	8.00	Unidad	Caja 500u	0.016	\$ 9,719.57	\$ 155.51
Tornillos T2	13.00	Unidad	Caja 500u	0.026	\$ 10,603.10	\$ 275.68
Fijaciones	3.50	Unidad	Caja 100u	0.007	\$ 1,615.96	\$ 11.31
Placa cementicia 10 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 10,392.94	\$ 3,789.09
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Placas cementicias c/estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.60	h/m ²			\$ 624.00	\$ 374.40
Ayudante	0.60	h/m ²			\$ 528.00	\$ 316.80
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(celulosa proyectada) con placas cementicias					\$ 9,540.00	

Ficha 8: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₄) del componente muro.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₁)					COMPONENTE MURO	
AISLAMIENTO TÉRMICO INTERIOR (PLACAS DE EPS) Y PLACAS DE YESO						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico interior						
Placas de EPS 2 cm (20 Kg/m3)	1.05	m ²	Placa 1mx1m	1.05	\$ 1,014.50	\$ 1,065.23
Placas de yeso con estructura metálica (esp. 8 cm)						
Solera de chapa galvanizada de 35 mm	1.00	m	Perfil 2.6m	0.385	\$ 662.46	\$ 254.79
Montante de chapa galvanizada de 35 mm	2.50	m	Perfil 2.6m	0.962	\$ 760.71	\$ 731.45
Tornillos T1	8.00	Unidad	Caja 500u	0.016	\$ 9,719.57	\$ 155.51
Tornillos T2	13.00	Unidad	Caja 500u	0.026	\$ 10,603.10	\$ 275.68
Cinta para juntas	1.65	m	Rollo 150m	0.011	\$ 1,761.05	\$ 19.37
Masilla (interiores)	0.90	Kg	Balde 32 Kg	0.028	\$ 4,293.00	\$ 120.74
Fijaciones	3.50	Unidad	Caja 100u	0.007	\$ 1,615.96	\$ 11.31
Placa de yeso esp. 12.5 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 2,769.00	\$ 1,009.53
Pintura (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex acrílico para interior "Albacryl"	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 20,448.83	\$ 255.61
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Placas de yeso con estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.60	h/m ²			\$ 624.00	\$ 374.40
Ayudante	0.60	h/m ²			\$ 528.00	\$ 316.80
Pintura						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico int.(EPS) y placas de yeso					\$ 4,937.61	

Ficha 9: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₂-A₁) del componente muro.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₂)					COMPONENTE MURO	
AISLAMIENTO TÉRMICO INTERIOR (espuma de poliuretano proyectada) Y PLACAS DE YESO						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico interior						
Espuma de poliuretano proyectada 30 mm	1	m ²	m ²	1	\$ 3,558.72	\$ 3,558.72
Placas de yeso con estructura metálica (esp. 8 cm)						
Solera de chapa galvanizada de 35 mm	1.00	m	Perfil 2.6m	0.385	\$ 662.46	\$ 254.79
Montante de chapa galvanizada de 35 mm	2.50	m	Perfil 2.6m	0.962	\$ 760.71	\$ 731.45
Tornillos T1	8.00	Unidad	Caja 500u	0.016	\$ 9,719.57	\$ 155.51
Tornillos T2	13.00	Unidad	Caja 500u	0.026	\$ 10,603.10	\$ 275.68
Cinta para juntas	1.65	m	Rollo 150m	0.011	\$ 1,761.05	\$ 19.37
Masilla (interiores)	0.90	Kg	Balde 32 Kg	0.028	\$ 4,293.00	\$ 120.74
Fijaciones	3.50	Unidad	Caja 100u	0.007	\$ 1,615.96	\$ 11.31
Placa de yeso esp. 12.5 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 2,769.00	\$ 1,009.53
Pintura (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex acrílico para interior "Albacryl"	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 20,448.83	\$ 255.61
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Placas de yeso con estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.60	h/m ²			\$ 624.00	\$ 374.40
Ayudante	0.60	h/m ²			\$ 528.00	\$ 316.80
Pintura						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico int.(espuma de poliuretano proyectada) y placas de yeso					\$ 7,431.10	

Ficha 10: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₂-A₂) del componente muro.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₃)					COMPONENTE MURO	
AISLAMIENTO TÉRMICO INTERIOR (LANA DE VIDRIO) Y PLACAS DE YESO						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico interior						
Lana de vidrio 50 mm con foil de aluminio	1.05	m ²	Rollo 1.2x12m	0.073	\$ 22,000.10	\$ 1,604.17
Placas de yeso con estructura metálica (esp. 8 cm)						
Solera de chapa galvanizada de 70 mm	1.00	m	Perfil 2.6m	0.385	\$ 910.75	\$ 350.29
Montante de chapa galvanizada de 70 mm	2.50	m	Perfil 2.6m	0.962	\$ 1,014.74	\$ 975.71
Tornillos T1	8.00	Unidad	Caja 500u	0.016	\$ 9,719.57	\$ 155.51
Tornillos T2	13.00	Unidad	Caja 500u	0.026	\$ 10,603.10	\$ 275.68
Cinta para juntas	1.65	m	Rollo 150m	0.011	\$ 1,761.05	\$ 19.37
Masilla (interiores)	0.90	Kg	Balde 32 Kg	0.028	\$ 4,293.00	\$ 120.74
Fijaciones	3.50	Unidad	Caja 100u	0.007	\$ 1,615.96	\$ 11.31
Placa de yeso esp. 12.5 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 2,769.00	\$ 1,009.53
Pintura (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex acrílico para interior "Albacryl"	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 20,448.83	\$ 255.61
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Placas de yeso con estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.60	h/m ²			\$ 624.00	\$ 374.40
Ayudante	0.60	h/m ²			\$ 528.00	\$ 316.80
Pintura						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico int.(lana de vidrio) y placas de yeso					\$ 5,816.32	

Ficha 11: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₂-A₃) del componente muro.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₄)					COMPONENTE MURO	
AISLAMIENTO TÉRMICO INTERIOR (CELULOSA) Y PLACAS DE YESO						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico interior						
Celulosa proyectada	1	m ²	m ²	1	\$ 3,291.20	\$ 3,291.20
Placas de yeso con estructura metálica (70 mm)						
Solera de chapa galvanizada de 70 mm	1.00	m	Perfil 2.6m	0.385	\$ 910.75	\$ 350.29
Montante de chapa galvanizada de 70 mm	2.50	m	Perfil 2.6m	0.962	\$ 1,014.74	\$ 975.71
Tornillos T1	8.00	Unidad	Caja 500u	0.016	\$ 9,719.57	\$ 155.51
Tornillos T2	13.00	Unidad	Caja 500u	0.026	\$ 10,603.10	\$ 275.68
Cinta para juntas	1.65	m	Rollo 150m	0.011	\$ 1,761.05	\$ 19.37
Masilla (interiores)	0.90	Kg	Balde 32 Kg	0.028	\$ 4,293.00	\$ 120.74
Fijaciones	3.50	Unidad	Caja 100u	0.007	\$ 1,615.96	\$ 11.31
Placa de yeso esp. 12.5 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 2,769.00	\$ 1,009.53
Pintura (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex acrílico para interior "Albacryl"	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 20,448.83	\$ 255.61
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Placas de yeso con estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.60	h/m ²			\$ 624.00	\$ 374.40
Ayudante	0.60	h/m ²			\$ 528.00	\$ 316.80
Pintura						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico int.(celulosa proyectada) y placas de yeso					\$ 7,503.34	

Ficha 12: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₂-A₄) del componente muro.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) para cubierta plana					COMPONENTE TECHO	
Incorporación de aislamiento térmico exterior (placas de EPS)						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Placas de EPS 6 cm (20 Kg/m ³)	1.05	m ²	Placa 1mx1m	1.050	\$ 2,865.92	\$ 3,009.22
Terminación						
Manto geotextil	1.05	m ²	Rollo 10 m ²	0.105	\$ 17,191.00	\$ 1,805.06
Baldosa de cemento	1	m ²	m ²	1	\$ 1,420.64	\$ 1,420.64
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Colocación de aislación y protección						
Oficial (albañil)	0.16	h/m ²			\$ 624.00	\$ 99.84
Ayudante	0.16	h/m ²			\$ 528.00	\$ 84.48
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(placas de EPS) - sistema de techo invertido					\$ 6,419.23	

Ficha 13: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₁) para techo plano.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁) para cubierta inclinada					COMPONENTE	
Incorporación de aislamiento térmico exterior (placas de EPS)					TECHO	
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Placas de EPS 6 cm (20 Kg/m ³)	1.05	m ²	Placa 1mx1m	1.050	\$ 2,865.92	\$ 3,009.22
Recolocación de cubierta existente (chapa)						
Sustitución de chapa (50 %)	1.25	m ²	ml	0.625	\$ 3,990.00	\$ 2,493.75
Clavaderas extra (2" x 2")	1.10	m ²	m ²	1.100	\$ 329.22	\$ 362.14
Clavos de acero	0.15	Kg	Bolsa 1 Kg	0.150	\$ 1,241.50	\$ 186.23
Clavos cabeza de plomo	0.06	Kg	Bolsa 1 Kg	0.06	\$ 1,628.94	\$ 97.74
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Aislación y recolocación de cubierta						
Oficial (techista)	0.40	h/m ²			\$ 624.00	\$ 249.60
Ayudante	0.40	h/m ²			\$ 528.00	\$ 211.20
Arreglos varios						
Oficial	0.30	h/m ²			\$ 624.00	\$ 187.20
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(placas de EPS) para cubierta inclinada					\$ 6,797.07	

Ficha 14: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₁) para techo inclinado.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₃) para cubierta inclinada					COMPONENTE	
Incorporación de aislamiento térmico exterior (lana de vidrio)					TECHO	
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico exterior						
Lana de vidrio	1.05	m ²	Rollo 1.2x12m	0.073	\$ 20,238.64	\$ 1,475.73
Aislación y chapa de HºGº						
Colocación de chapa nueva	1.25	m ²	ml	1.250	\$ 3,990.00	\$ 4,987.50
Clavaderas (2" x 2")	1.10	m ²	m ²	1.100	\$ 329.22	\$ 362.14
Clavos de acero	0.15	Kg	Bolsa 1 Kg	0.150	\$ 1,241.50	\$ 186.23
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Aislación y recolocación de cubierta						
Oficial (techista)	0.35	h/m ²			\$ 624.00	\$ 218.40
Ayudante	0.35	h/m ²			\$ 528.00	\$ 184.80
Arreglos varios						
Oficial	0.30	h/m ²			\$ 624.00	\$ 187.20
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico ext.(lana de vidrio) para cubierta inclinada					\$ 7,602.00	

Ficha 15: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₃) para techo inclinado.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂ -A ₃) para cubierta plana					COMPONENTE	
Incorporación de aislamiento térmico interior en el cielorraso (lana de vidrio)					TECHO	
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Aislamiento térmico interior						
Lana de vidrio 80 mm con foil de aluminio	1.05	m ²	Rollo 1.2x12m	0.073	\$ 24,917.32	\$ 1,816.89
Cielorraso suspendido de placas de yeso con estructura metálica						
Solera de chapa galvanizada de 35 mm	1.30	m	Perfil 2.6m	0.500	\$ 662.46	\$ 331.23
Montante de chapa galvanizada de 35 mm	2.95	m	Perfil 2.6m	1.135	\$ 760.71	\$ 863.11
Tornillos T1	16	Unidad	Caja 500u	0.032	\$ 9,719.57	\$ 311.03
Tornillos T2	18	Unidad	Caja 500u	0.036	\$ 10,603.10	\$ 381.71
Cinta para juntas	1.65	m	Rollo 150m	0.011	\$ 1,761.05	\$ 19.37
Masilla (interiores)	0.90	Kg	Balde 32 Kg	0.028	\$ 4,293.00	\$ 120.74
Fijaciones	6	Unidad	Caja 100u	0.060	\$ 1,615.96	\$ 96.96
Placa de yeso esp. 12.5 mm	1.05	m ²	Placa 1.2x2.4m	0.365	\$ 2,769.00	\$ 1,009.53
Pintura cielorrasos (fijador + 2 manos)						
Fijador al agua	0.03	lt	Balde 20 lt	0.002	\$ 11,854.12	\$ 17.78
Látex esp. p/cielorrasos	0.25	lt	Balde 20 lt	0.013	\$ 23,690.94	\$ 296.14
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Cielorraso con estructura metálica						
Oficial (albañil)	0.75	h/m ²			\$ 624.00	\$ 468.00
Ayudante	0.75	h/m ²			\$ 528.00	\$ 396.00
Pintado cielorraso (base + 2 manos)						
Oficial (pintor)	0.45	h/m ²			\$ 732.00	\$ 329.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de aislamiento térmico interior con barrera de vapor (lana de vidrio con foil de aluminio)					\$ 6,578.63	

Ficha 16: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₂-A₃) para techo plano.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₁)					COMPONENTE CARPINTERÍA	
Sustitución de vidrio simple por DVH con marco existente						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Doble Vidriado Hermético (DVH)						
DVH incoloro - incoloro 4-9-4 mm	1	m ²	m ²	1.00	\$ 33,202.62	\$ 33,202.62
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Oficial	0.90	h/m ²			\$ 624.00	\$ 561.60
Ayudante	0.90	h/m ²			\$ 528.00	\$ 475.20
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Sustitución de vidrio simple por DVH con marco existente					\$ 34,239.42	

Ficha 17: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₁) del componente ventana.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₂)					COMPONENTE CARPINTERÍA	
Incorporación de cortina de enrollar a la carpintería existente						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Cortina de enrollar						
Cortina de enrollar de PVC reforzado	1	m ²	m ²	1.00	\$ 7,348.00	\$ 7,348.00
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Oficial	0.80	h/m ²			\$ 624.00	\$ 499.20
Ayudante	0.80	h/m ²			\$ 528.00	\$ 422.40
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Incorporación de cortina de enrollar de PVC a la carpintería existente					\$ 8,269.60	

Ficha 18: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₂) del componente ventana.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₂)					COMPONENTE VENTANA	
Sustitución de vidrio simple por DVH con reemplazo de marco por aluminio sin RPT						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Carpintería de aluminio sin RPT línea móderna corrediza						
Con DVH incoloro - incoloro 4-6-4 mm	1	m ²	U 100x110 cm	0.91	\$ 64,639.49	\$ 58,763.17
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Oficial	0.90	h/m ²			\$ 624.00	\$ 561.60
Ayudante	0.90	h/m ²			\$ 528.00	\$ 475.20
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Sustitución de vidrio simple por DVH con reemplazo de marco por aluminio sin RPT					\$ 59,799.97	

Ficha 19: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₂) del componente ventana.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₁ -A ₄)					COMPONENTE CARPINTERÍA	
Sustitución de vidrio simple por DVH con reemplazo de marco por PVC (2 cámaras)						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Carpintería de PVC corrediza						
Con DVH incoloro - incoloro 4-6-4 mm	1	m ²	U 120x110 cm	0.76	\$ 66,675.67	\$ 50,511.87
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Oficial	0.90	h/m ²			\$ 624.00	\$ 561.60
Ayudante	0.90	h/m ²			\$ 528.00	\$ 475.20
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Sustitución de vidrio simple por DVH con reemplazo de marco por PVC (2 cámaras)					\$ 51,548.67	

Ficha 20: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₁-A₄) del componente ventana.
Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de reciclado (I ₃ -A ₁)					COMPONENTE CARPINTERÍA	
Colocación de carpintería en paralelo: marco de aluminio sin RPT con vidrio simple						
MATERIALES						
Concepto	Cantidad x m ²	Unidad	Presentación comercial	Cantidad proporcional	Precio unitario	Precio x m ²
Carpintería de aluminio de abrir s/RPT (línea móderna)						
Con vidrio simple incoloro 4 mm	1	m ²	U 100x110 cm	0.91	\$ 51,033.81	\$ 46,394.37
MANO DE OBRA						
Concepto	Rendimiento	Unidad			Precio unitario	Precio x m ²
Oficial	0.90	h/m ²			\$ 624.00	\$ 561.60
Ayudante	0.45	h/m ²			\$ 528.00	\$ 237.60
Síntesis valores x m ²					TOTAL x m ²	
Colocación de carpintería en paralelo: marco de aluminio s/RPT con vidrio simple					\$ 47,193.57	

Ficha 21: Ficha de precios para propuesta de reciclado (I₃-A₁) del componente ventana.
Fuente: Elaboración propia.