

## EDIFICACIÓN SUSTENTABLE EN ZONA RURAL: LA REMODELACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL CENTRO DE SALUD N°132 EN EL DEPARTAMENTO DE MALARGÜE, MENDOZA

## SUSTAINABLE BUILDING IN RURAL AREA: THE REMODELING AND EXPANSION OF THE HEALTH CENTER N°132 IN THE DEPARTMENT OF MALARGÜE, MENDOZA

Alfredo Esteves<sup>1</sup>, [alfredo.esteves@um.edu.ar](mailto:alfredo.esteves@um.edu.ar), <https://orcid.org/0000-0001-5212-9293>  
Matias Esteves<sup>1,2,3\*</sup>, [mesteves@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:mesteves@mendoza-conicet.gob.ar), <https://orcid.org/0000-0002-7688-8363>  
Guadalupe Cuitiño<sup>1,4</sup>, [gcuitino@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:gcuitino@mendoza-conicet.gob.ar), <https://orcid.org/0000-0002-0021-5648>  
Agostina Scalia<sup>1</sup>, [agostina.scalia@um.edu.ar](mailto:agostina.scalia@um.edu.ar), <https://orcid.org/0009-0003-1784-1340>

1 Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad de Mendoza, Mendoza, Argentina

2 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

3 Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales, CONICET, Mendoza, Argentina

4 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, CONICET, Mendoza, Argentina

Submitted: 08/11/2023. Accepted: 11/08/2024

Published: 13/12/2024

## RESUMEN

**Objetivo:** presentan los resultados alcanzados en la remodelación y ampliación del Centro de Salud público N°132 ubicado en la localidad rural de Bardas Blancas (Mendoza, Argentina), a partir de la incorporación de estrategias de conservación de energía y sistemas solares pasivos y activos.

**Metodología:** a partir de un abordaje cuantitativo se evaluaron las particularidades constructivas y formales del edificio existente y el proyecto de ampliación, así como las estrategias pasivas a emplear de acuerdo a las condiciones climáticas locales. De esta manera, fue posible determinar las mejoras a aplicar en la remodelación para alcanzar mayor eficiencia energética.

**Resultados:** se demuestra la importancia de aplicar estrategias de calefacción pasiva como de aquellas vinculadas a la conservación de energía para reducir el uso de combustibles fósiles y mejorar la calidad de vida al interior de los edificios, principalmente en zonas rurales con problemas de servicios e infraestructuras.

**Originalidad:** se señala la importancia de que los edificios públicos comiencen a utilizar herramientas bioclimáticas en sus diseños, pensando en que además de reducir el gasto público asociado a su funcionamiento, se conviertan en referentes y elementos educativos en la materia frente a la sociedad que los utiliza.

**PALABRAS CLAVE:** arquitectura bioclimática, conservación de la energía, desarrollo sostenible.

## ABSTRACT

**Objective:** the article results in the remodeling and expansion of Public Health Center No. 132 located in the rural locality of Bardas Blancas (Mendoza, Argentina) are presented, based on the incorporation of energy conservation strategies and passive and active solar systems.

**Methodology:** using a quantitative approach, the construction and formal characteristics of the existing building and the expansion project were evaluated, along with the passive strategies to be employed based on local climatic conditions. In this way, it was possible to identify the improvements to be implemented in the remodeling and expansion of the building to achieve greater energy efficiency.

**Results:** it demonstrates the importance of implementing passive heating strategies as well as those related to energy conservation to reduce the use of fossil fuels and enhance the quality of life within buildings, particularly in rural areas with issues related to services and infrastructure.

**Originality:** It highlights the importance of public buildings starting to incorporate bioclimatic tools into their designs, with the idea that, in addition to reducing public spending associated with their operation, they become examples and educational elements in the field for the society that uses them

**KEYWORD:** bioclimatic architecture, energy conservation, sustainable development.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector residencial es responsable de al menos el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero y, por ello, apremia revisar las formas en las cuales se construye y habitan los edificios. En efecto, la arquitectura y la construcción son actividades de gran impacto ambiental, no solo en la fase constructiva, sino que también durante el ciclo de vida del edificio. Por ello, diversos autores y organizaciones (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021; Díaz Orueta, 2023; Guzowski et al., 2020, entre otros) promueven e insisten en la urgente transición de los modelos edilicios y energéticos actuales hacia un modelo sustentable, que considere la relación entre aspectos sociales, económicos y ecológicos de forma articulada.

En el caso de Argentina, si solo se considera la implementación de conservación de energía en la edificación se podría alcanzar un ahorro del 50%, valor que podría llegar hasta el 70% en algunos casos donde actualmente no hay conciencia de su utilización racional (Filippin et al., 2010). En particular en climas soleados, como los del Centro-Oeste, el nivel de ahorro podría llegar al 85% en el sector específicamente de viviendas rurales mediante la combinación de conservación de energía, sistemas solares pasivos y sistemas de Agua Caliente Solar (Esteves Miramont, 2017). Así, aparecen amplias experiencias y textos científicos en la literatura sobre el tema, con aportes de datos concretos respecto de estrategias a implementar particularmente en viviendas (Barajas Hernández et al., 2022; Blasco Lucas, 2022; Kuchen & Kozak, 2020; Torres Quezada & Lituma Saetama, 2023), aunque también destacan algunos textos sobre otros tipos de construcciones, como es el caso de los edificios para la salud (Canales et al., 2021; Fernández & Garzón, 2020; Hernández et al., 2008; Paviglianiti et al., 2022). Estos últimos tienen la particularidad de que en su mayoría son promovidos desde el Estado y, por ello, adquieren especial relevancia si se considera que es el actor que puede -y debe- proponer políticas públicas claras y contundentes para motivar la transición energética antes mencionada, a la vez que favorecer un ambiente más sano y propender a la reducción del gasto público asociado al consumo desmedido de energía para alcanzar condiciones de confort.

En relación con lo anterior, también destaca la función social de las instituciones de investigación y ciencia e incluso del rol de los actores académicos, como las universidades, donde se forman a futuros profesionales en las necesidades reales y actuales que demanda la sociedad, con acciones que posibiliten que la ciencia, tecnología y recursos humanos formados sean puestos al servicio de la sociedad en su conjunto, atendiendo especialmente a las necesidades y potencialidades de desarrollo de las comunidades más vulnerables. En este sentido, este trabajo presenta los resultados de la remodelación y ampliación realizada en el año 2014 de forma conjunta entre los docentes que integrantes la Diplomatura Superior en Arquitectura Sustentable de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Mendoza y del entonces Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Transporte del Gobierno de Mendoza (actual Ministerio de Planificación e Infraestructura Pública), en un centro de salud emplazado en área rural del sur provincial. Se partió de la base de la necesidad de remodelación y ampliación del edificio, la cual estaba contemplada en el presupuesto oficial. En efecto, el edificio existente tuvo escaso mantenimiento desde su construcción a mediados del siglo XX y presentaba graves deficiencias en las instalaciones (agua sanitaria, eléctrica y cloacas). A eso se sumaba el deterioro en la cubierta de techo, patologías en muros y carpintería en general. La ampliación consistió en la construcción de un bloque con dos viviendas independientes al centro de salud para que habiten el enfermero/a y el chofer de la ambulancia. Así, se aprovechó esta instancia para que tanto las acciones a desarrollar en la remodelación como en la ampliación se alinearan con estrategias sustentables. Los profesionales de la universidad aportaron los datos teóricos necesarios y guiaron a los agentes provinciales en la generación y aplicación de acciones concretas. Los trabajos realizados se orientaron a la incorporación de estrategias de conservación de energía y sistemas solares pasivos y activos, con el objetivo principal de reducir en el consumo de energía actual vinculado al gas envasado para la calefacción de los locales y la generación de agua caliente sanitaria.

El objetivo de este trabajo es describir y analizar los resultados alcanzados en la remodelación y ampliación del Centro de Salud N°132 ubicado en la localidad de Bardas Blancas en el departamento de Malargüe (Latitud: 35,87° S; Longitud: 69,8° O), a 402 km de la capital de la provincia y a 67Km de la capital de Malargüe. Se parte del supuesto de que, en zonas rurales, donde las distancias son mayores y los servicios e infraestructuras suelen ser más escasos que en áreas urbanas, el uso de energías renovables y estrategias bioclimáticas son adecuadas para brindar mayores condiciones de confort térmico y calidad de vida, a la vez que generar un menor impacto ambiental, ya que el acondicionamiento se produce mediante el aprovechamiento de los recursos climáticos propios del sitio.

El área sanitaria de Malargüe se compone por el Hospital emplazado en la capital, ocho centros de salud distribuidos en áreas rurales, cuatro centros de salud periurbanos y dos postas sanitarias que están distribuidas en zonas con desarrollo poblacional. Es decir, que lo rural cobra especial protagonismo en este departamento. Por ello, cinco de estos centros de salud cuentan con servicio de ambulancia y chofer permanente, los cuales deben efectuar los traslados necesarios de su zona y también de los poblados aislados que no cuentan con un edificio propio para la atención sanitaria. El Centro de Salud de Bardas Blancas pertenece a este grupo y cuenta con presencia permanente de enfermero/a y médico/a, quienes hacen turnos de quince días. Por ello, son hospedados en el mismo predio para favorecer su disposición todo el día y así realizar actividades de atender urgencias y emergencias que puedan surgir en pobladores y pacientes transitorios, realizar acciones de promoción y prevención de la salud y la rehabilitación de enfermedades (Ávila & Mussa, 2015). A esto se suma la atención primaria con cuatro especialidades: ginecología, odontología, clínica médica general y oftalmología. Además, el centro de salud de Bardas Blancas brinda atención mediante un equipo sanitario itinerante, ya que atiende a pobladores de las localidades vecinas de El Manzano, El Alambrado, El Carrizalito y Poti Malal.

En este trabajo se muestra la importancia de la relación entre el medio físico y la arquitectura para alcanzar mejores resultados en cuanto a eficiencia energética y calidad constructiva, con vistas a mejorar la calidad de vida e infraestructura en zonas rurales. Se describen los pasos realizados para la incorporación de estrategias de conservación de energía y sistemas solares pasivos y activos sobre una remodelación y ampliación, con el objetivo principal de reducir el consumo de energía actual vinculado al gas envasado para la calefacción de los locales y la generación de agua caliente sanitaria. Incluso, también se remarca la importancia de un abordaje articulado entre investigadores y docentes de la universidad con profesionales del medio local, con vistas a incluir herramientas y saberes propios que genera la ciencia en la producción y diseño de arquitectura estatal.

## 2. METODOLOGÍA

Primeramente, se estableció una etapa de diagnóstico, donde a partir de observación directa se caracterizaron las particularidades constructivas y formales del edificio original del centro de salud, así como el entorno en el que se encuentra. Luego, se procedió al análisis de la Forma Área Envolvente/Piso (FAEP) cuyo objetivo es determinar el nivel de compacidad del edificio y que involucra a la superficies de muros de la envolvente, techo y volumen de aire interior (Esteves et al., 1997). A la par, mediante el rastreo de fuentes primarias se accedió a información vinculada a las características climáticas de la localidad en cuanto a temperaturas, humedad relativa, precipitaciones y vientos.

A partir de reconocer las particularidades del sitio y las necesidades de climatización, se establecieron una serie de estrategias para alcanzar la correcta conservación de energía en techos, muros perimetrales y ventanas. Para ello, se realizó un balance térmico de invierno por la necesidad de calefacción que presenta el sitio. Este balance involucra el cálculo del Coeficiente Neto de Pérdidas (CNP), método propuesto por Balcomb et al. (1982), que han incorporado varios autores a posteriori, como Grondzik and Kwok (2019) y Esteves Miramont (2017). El CNP considera la

conductancia térmica de cada material utilizado en la envolvente del edificio (muros, techo, aberturas, infiltraciones de aire y fundaciones) y da cuenta de la cantidad de energía que se debe entregar al edificio por cada grado centígrado de diferencia entre la temperatura interior y la exterior. En forma complementaria, este cálculo permite determinar la Fracción de Ahorro Solar (FAS) que puede alcanzar el edificio. La FAS es el porcentaje de la energía necesaria para la calefacción anual que aporta la energía solar para mantener una temperatura interior de 21°C de forma constante. Este aporte de energía solar se realiza a través de los distintos sistemas pasivos que se incorporan en el edificio a través de su superficie colectora orientada al Ecuador y además considera también las pérdidas térmicas modificadas por la presencia de sistemas de conservación de energía aplicados a la envolvente. A partir de allí, es posible determinar y aplicar mejoras constructivas en la remodelación para alcanzar mayor eficiencia energética a través de una FAS convenientemente elevada.

En relación con la construcción del bloque de viviendas, el proyecto también fue sometido al estudio del balance térmico de edificios (Esteves et al., 2018), con la intención de evaluar las propuestas de diseño. Además, se estudió cuál era su ubicación adecuada según los elementos existentes en el predio y la posibilidad de sombra que arrojan árboles y el edificio del centro de salud. Una vez realizada la remodelación y ampliación en cuestión, se colocaron data logger tipo HOBO para el almacenamiento de datos, los que tomaron registros de temperatura y humedad relativa, a modo de conocer los resultados alcanzados. Estos sensores se localizaron al interior del edificio del centro de salud, puntualmente en la sala de enfermería, en la oftalmología y en la casa del médico. También se colocó un sensor en el exterior. La medición se realizó durante 22 días continuos.

Bardas Blancas se emplaza en la ribera sur del Río Grande, en la intersección entre las Rutas Nacionales N°40 y N°145 (Figura 1). Posee una población de 300 habitantes en el poblado y 200 más que viven de forma dispersa. Su economía se orienta en mayor medida al desarrollo pecuario a pequeña escala.

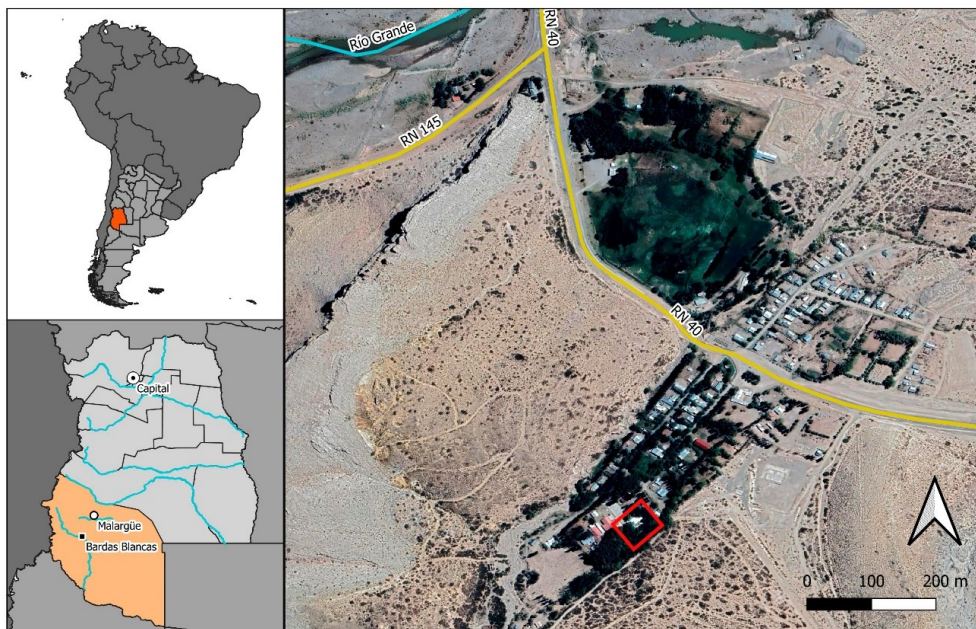


Figura 1. Localización del Centro de Salud en el poblado (recuadro rojo) y del departamento de Malargüe en el contexto provincial. Fuente: Elaboración propia en base a datos SIG de la Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial de Mendoza, 2018.

### 3. RESULTADOS

#### Las particularidades ambientales de Bardas Blancas y del centro de salud

Esta localidad posee clima templado frío, zonificado como IVb según la norma IRAM 11603 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1996). Los datos de temperaturas, humedad relativa, precipitaciones, cantidad de días claros y nublados y velocidad y dirección de viento se obtuvieron de las estadísticas climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (2010). Los datos de radiación solar global fueron tomados de Grossi Gallegos y Righini (2007) y los grados-día de calefacción mediante el trabajo desarrollado por Esteves y Gelardi (2008). En la figura 2 se exponen las temperaturas mensuales absolutas y medias para la localidad de Bardas Blancas, que muestran una elevada amplitud térmica durante todo el año. En la misma figura se indican la cantidad de días claros y nublados y parcialmente nublados medios mensuales, donde se observa que durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre, los días nublados superan la cantidad de 10 días/mes mientras que los días claros se mantienen bajos (por debajo de 10 días/mes).

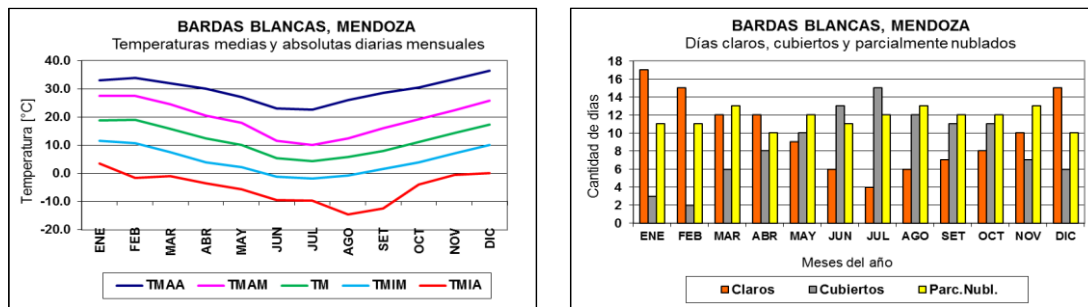


Figura 2. Izquierda: temperaturas mensuales: TMAA-máxima absoluta; TMAM- máxima media; TM-promedio mensual; TMIM mínima media; TMIA mínima absoluta. Derecha: cantidad de días claros, cubiertos y nublados por mes. Fuente: Elaboración propia en base a SMN, 2010.

Las necesidades de calefacción abarcan desde abril hasta noviembre, lo que se pueden observar en la Figura 3, donde se indican los Grados-día de calefacción ( $T_b=18^{\circ}\text{C}$ ) que totalizan  $2783^{\circ}\text{C}\cdot\text{día/año}$  y la Radiación Solar Global y Difusa media mensual sobre plano horizontal. Por ello, en las estrategias pasivas a implementar se priorizó el uso de sistemas solares pasivos de calefacción. Las precipitaciones medias mensuales alcanzan los 419 mm anuales, donde la mayor parte ocurre durante los meses de invierno, que coincide con la mayor cantidad de días nublados y donde las nevadas son frecuentes. También influye el clima de montaña, dada la humedad relativa media bastante baja durante los meses estivales y época intermedia (debajo del 50%).

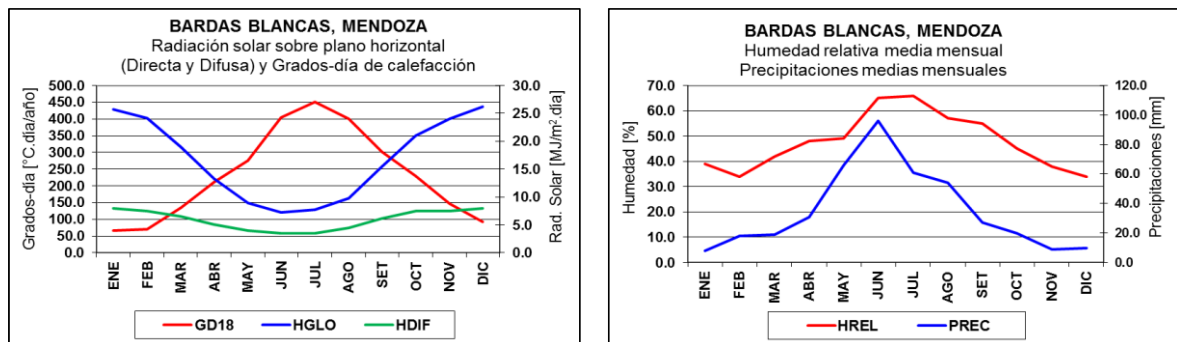


Figura 3. Izquierda: radiación solar sobre plano horizontal -global (HGLO) y difusa (HDIF)- media mensual y grados días de calefacción (GD18). Derecha: humedad relativa media

mensual y precipitaciones medias mensuales. Fuente: Elaboración propia en base a Grossi Gallegos y Righini, (2007), Esteves y Gelardi (2008) y SMN, 2010.

Con respecto al viento, se incluye en la figura 4 la frecuencia de dirección y la velocidad para los meses de enero y junio, dos meses de estaciones extremas (verano e invierno), siendo el resto del año de la misma forma, es decir, con alto porcentaje de ocurrencia de vientos desde el sector SO. La velocidad se mantiene alrededor de 10 km/h. La ráfaga máxima ha alcanzado los 144 km/h.

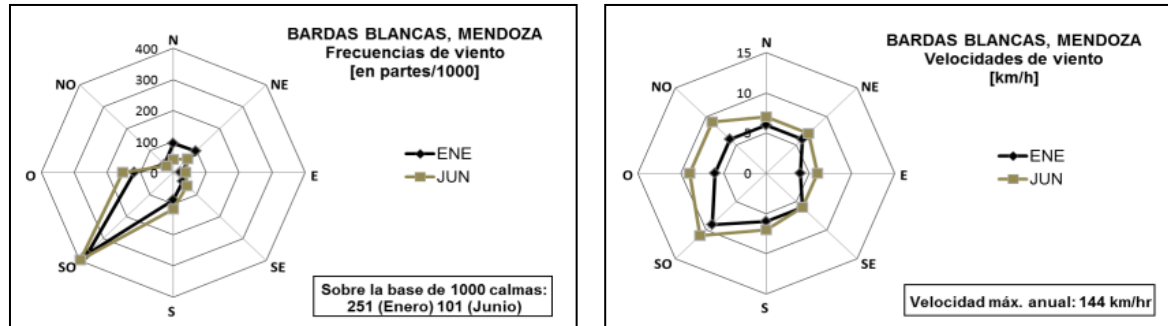


Figura 4. Izquierda: frecuencia de dirección de viento (en partes/1000) con ocurrencia de calmas para el mes de enero y junio. Derecha: velocidad de viento en km/h para los mismos meses. Fuente: Elaboración propia en base a SMN, 2010.

El edificio del Centro de Salud tiene una superficie cubierta de 218,20m<sup>2</sup>. Presenta forma rectangular compacta, orientado en su parte más larga en sentido norte-sur. Esta materializado con muros de ladrillón con revoques cementicios en ambas caras y techo inclinado a dos aguas con chapa acanalada de zinc con aislación térmica mínima y cielorraso interior de machimbre de pino. En el interior, se encuentra la vivienda del médico/a, una sala de espera, la sala de enfermería, sala de consultorio general y una sala de internación abreviada.

La Figura 5 muestra parte de la fachada norte del edificio y el acceso principal. Se puede observar el entorno con una fuerte pendiente, el uso de piedra en taludes exteriores que es un material propio del lugar por la cercanía al río Grande y con la presencia de abundantes forestales de hoja caduca, que facilitan la captación de radiación en invierno y sombra en época estival. La puerta del acceso al establecimiento es directa desde el exterior, lo que facilita un mayor intercambio térmico y, al tratarse de un centro de salud, donde el acceso de personas puede ser permanente, implica un aspecto desfavorable en invierno para mantener las temperaturas interiores. Asimismo, las aberturas ubicadas hacia el norte son de reducidas dimensiones, lo que dificulta la captación de energía solar. Contrariamente, las aberturas de la fachada sur, la más desfavorable, presenta aberturas de mayores dimensiones.



Figura 5. Foto de la fachada norte del edificio. Fuente: Autores

El edificio existente presenta problemas de deterioro en las chapas del techo, las cuales necesitan reemplazarse en su totalidad. Asimismo, aparecen problemas vinculados a las instalaciones de agua, gas y electricidad. Algunos sectores del piso tienen roturas y desgaste propios del uso. Las aberturas, principalmente ventanas no poseen cierre hermético y algunas presentan dificultades para su accionamiento por problemas de corrosión, ya que están materializadas con chapa de acero plegada, lo que favorece el ingreso permanente de filtraciones de aire. Se observaron problemas de humedad en la parte inferior de los muros exteriores, debido al contacto con la nieve en invierno. La localidad cuenta con servicio eléctrico desde 2009, aunque con problemas de corte constante del suministro (Yañez, 2021), lo que puede incidir en el mantenimiento de medicamentos así como en el correcto funcionamiento del centro de salud. Bardas Blancas no posee red de gas natural, por ello la población debe recurrir al gas envasado.

Teniendo en consideración los problemas y patologías edilicias, el proyecto de remodelación y ampliación fue dirigido por la Arq. Laura Ellena y la ing. Gabriela del Pópolo del entonces Ministerio del Infraestructura, Vivienda y Transporte. Este procuraba dar respuesta en ese sentido: reemplazo total de las instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas. Cambio de pisos exteriores, interiores y cielorrasos, reemplazo de la chapa del techo y carpinterías en general. Generar rampas exteriores para sortear las fuertes pendientes y para favorecer el acceso universal y la construcción de un espacio semicubierto en el acceso de la ambulancia para proteger el ingreso de la persona trasladada.

El bloque de viviendas a construir consta de dos viviendas mínimas para el enfermero/a y el chofer de la ambulancia y una cochera. Para la localización de este nuevo bloque se ha tomado en consideración la apertura hacia el norte, el respeto por los árboles existentes en el lugar y la protección desde el suroeste, dirección en que predomina la frecuencia de vientos. Asimismo, se ha decidido su emplazamiento hacia el sur del edificio existente, de manera de tener apertura hacia el norte y alcanzar mayor privacidad para las viviendas. Bajo estas premisas, desde la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño se propusieron aplicar diferentes estrategias vinculadas a la conservación de energía en la envolvente edilicia y el aprovechamiento de la radiación solar mediante sistemas pasivos de climatización dentro de las acciones de remodelación que el Estado provincial llevaría adelante. En la figura 6 se presenta el plano del proyecto donde se puede apreciar la disposición de edificios y actividades.

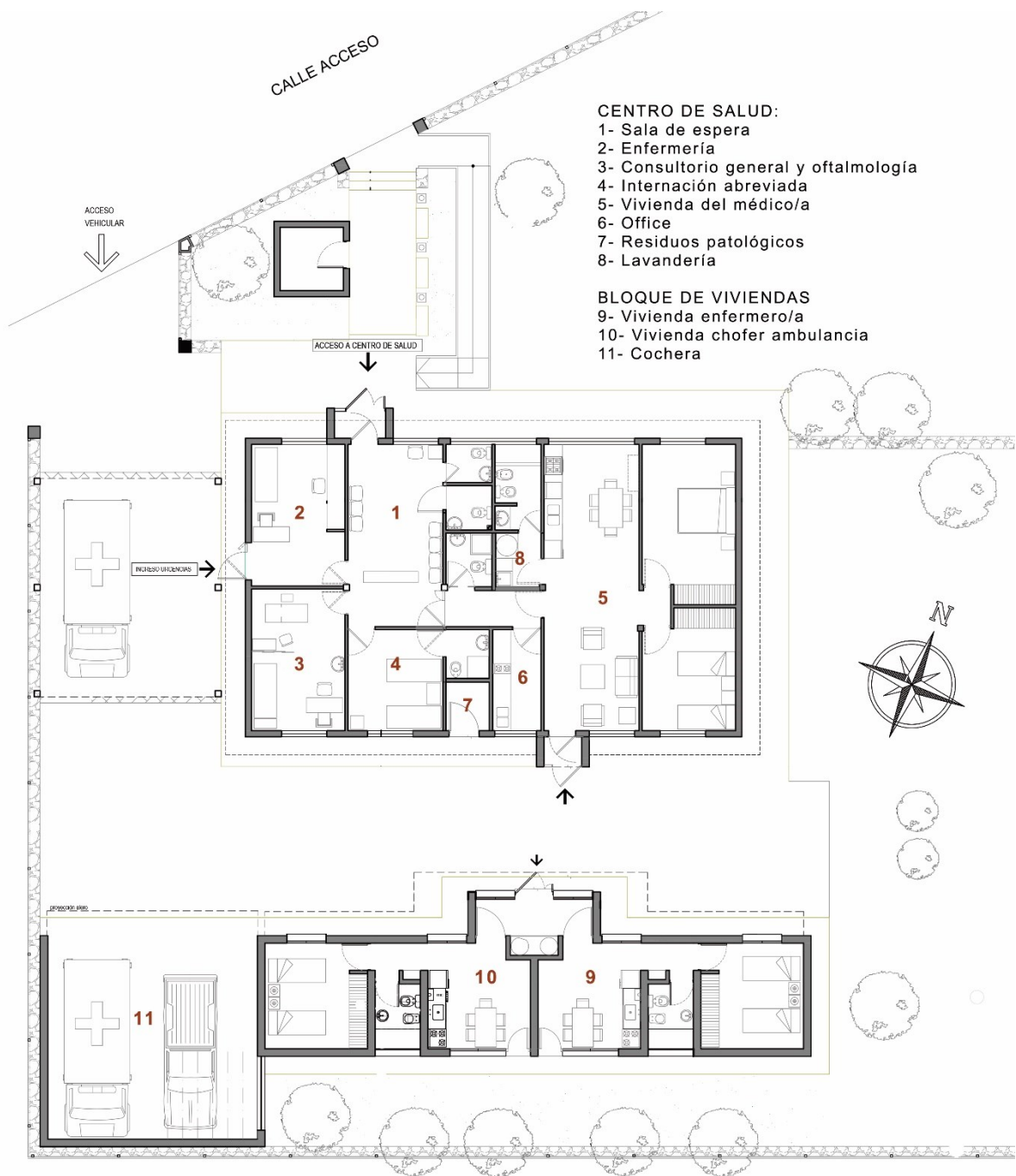


Figura 6. Planta del centro de salud y del bloque de viviendas. Fuente: Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Transporte.

### Propuesta de mejoras al edificio original del Centro de salud

Se procedió al estudio térmico del edificio original, así como de las mejoras que podrían incluirse y calcular sus beneficios. El estudio se realizó mediante el programa Balance Térmico de Edificios Sustentables (Esteves et al., 2018), que toma en cuenta la temperatura interior constante de 21°C (temperatura mínima de confort).

Se observa que, al tener la superficie de ventanas orientadas hacia el norte muy reducida, el aporte de sistemas solares pasivos resulta escaso. Así, la Fracción de Ahorro Solar (FAS) también aparece reducida, lo cual genera 6% de FAS para el edificio previo a la remodelación y crece a 18% para las mejoras aplicadas. Es decir, los aportes solares resultan escasos, donde sólo el 18% de la necesidad de calor anual es aportado por el sol. Donde si se nota la diferencia entre el edificio original y la intervención, es al otorgar mayor protagonismo a la conservación de energía, donde se propuso el uso de materiales con menor transmitancia térmica y de espesor adecuado para las



características climáticas de la localidad. De esta manera, se logra reducir el Coeficiente Neto de Pérdidas a un tercio, lo que tiene un impacto directo en la necesidad de energía convencional que se reduce de 73.346 kWh/año a 24.388 kWh/año. En otras palabras, para mantener temperatura de confort en 21°C en el interior, se alcanzaría un ahorro del 66,7% respecto del edificio original y la potencia instalada resulta menor en un 61,8%. Los valores alcanzados se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores que arroja el balance térmico y la posible remodelación sustentable del Centro de Salud. Fuente: Elaboración propia.

Ítem	CENTRO DE SALUD		Ahorro
	(const. existente)	(remodelado)	
<b>Factor de Area Envolverte/Piso-FAEP</b>	1,77	1,77	
<b>Coeficiente Neto de Pérdidas – CNP</b>	1005,6 W/°C	383,5 W/°C	
<b>Superficie Colectora de Ganancia directa – SC</b>	9,35 m <sup>2</sup>	9,35 m <sup>2</sup>	
<b>Fracción de Ahorro Solar – FAS</b>	6,00%	18,10%	
<b>Energía auxiliar necesaria - EA</b>	73346 kWh/año	24388 kWh/año	66.7%
<b>Energía auxiliar – Qaux</b>	5632 kg GE/año	1872 kg GE/año	
<b>Potencia de calefacción – PC</b>	21780 W	8300 W	61.8%

Estos resultados muestran la importancia que adquiere la conservación de energía, con beneficios significativos durante toda la vida útil del edificio. Sobre todo, en estos lugares aislados de las fuentes de energía, en cuyo caso para reponer el gas envasado hay que trasladar el camión desde la capital de Malargüe distante 67 km por la Ruta Nacional N° 40, lo cual agrega un costo considerable en el traslado del combustible, así como en el impacto ecológico propio del transporte.

Los resultados alcanzados en el balance térmico fueron bien recibidos por los profesionales del Estado. Así, para la conservación de energía en techos y aprovechando el recambio de las chapas, se incorporaron 10cm de lana de vidrio hidrorrepelente (Valor de transmitancia térmica  $K=0.318 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .) para conseguir una aislación térmica considerable. Este material está revestido en una de sus caras con foil de aluminio reforzado y papel Kraft, de 100 mm de espesor, que actúa como barrera de vapor. Para el mejor tensado del fieltro se utilizó alambre de acero galvanizado N° 16 colocado en rombo cada 0,30 m. Se eligió este material por ser incombustible, liviano para el traslado y la puesta en obra y que no constituye un medio apto para la proliferación de insectos y microorganismos.

Respecto de la conservación de energía en muros perimetrales, se colocó por la cara interna una estructura de perfiles galvanizados, para la posterior colocación de placas prefabricadas de roca de yeso, tipo Durlock o equivalente de calidad superior. Entre el muro de mampostería y la placa de roca de yeso se colocará aislamiento de lana de vidrio tipo placa, de 7 cm de espesor (Transmitancia térmica  $K=0,44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ .)

En relación con las aberturas, se propusieron dos instancias: una vinculada a ventanas y otra en relación con las puertas de acceso al establecimiento. En cuanto a las ventanas, se indicaron las ventajas de el recambio de todas ellas por otras de mejores prestaciones y funcionamiento. Así, se seleccionaron ventanas de aluminio (que demandan menor mantenimiento) del sistema Módena de Aluar División elaborados con terminación termohorneado blanco. Para el tipo de vidriado, se utilizó DVH (5+8+5) que posee una transmitancia térmica de  $3,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$ . En todas las ventanas

del lado Sur se agregaron postigos de madera maciza de  $\frac{3}{4}$ " encerrados en bastidor de 40 x 60 mm y parantes de 40 x 40 mm con rodamiento inferior y guía superior, marco de chapa doblada N°18 y tablas horizontales de  $\frac{3}{4}$ " x 5". Se colocaron exteriormente para oficiar de aislación térmica nocturna y de control del asoleamiento como sombra temporal. Respecto de los accesos al edificio, se construyeron puerta-trampas (exclusas) en el ingreso al Centro de Salud en la fachada norte y en la salida al patio sobre la fachada sur. De esta manera, se evita el intercambio térmico brusco interior-exterior.

Para evitar los problemas de humedad en paredes a causa de la nieve, se colocó un zócalo de piedra del lugar de un metro de altura (Figura 7). Para favorecer una menor dependencia del gas envasado y aprovechando los niveles de radiación solar que presenta el sitio, se instaló un calefón solar sobre la nueva cubierta de la cochera pasante de la ambulancia. En este punto, es interesante advertir, como se observa en la figura 7, que para la instalación del calefón solar se montó una estructura de hierro, cuando se podría haber pensado y ejecutado la inclinación de este techo en relación con la inclinación óptima que necesita el calefón, a modo de ahorrar en hierro y además generar una mejor estética en la inclusión de este dispositivo, donde los sistemas activos están vinculados al diseño formal del edificio.



Figura 7. Arriba: intervenciones en fachada norte y construcción del espacio de transición para ambulancias, donde en el techo se observa la colocación del panel solar para la producción de agua caliente sanitaria. Abajo: fachada sur del edificio, donde se puede observar que el ingreso avanza sobre la línea de fachada por la construcción de la exclusiva o puerta-trampa y el uso de postigos en ventanas. Fuente: autores

## Las estrategias empleadas en el nuevo bloque de viviendas

El bloque de viviendas a construir se emplazó hacia el fondo del predio, a modo de aprovechar el asoleamiento norte. Se trata de dos viviendas de 37m<sup>2</sup> cada una y una cochera para el guardado de un vehículo y de la ambulancia. Las viviendas se dispusieron de forma pareada con la intención de generar una esclusa de acceso común a las mismas. Esta esclusa se diseñó para funcionar como un invernadero, a la vez que reducir el intercambio térmico interior-exterior cada vez que se ingresa al edificio. Se dispuso de ventanales hacia el norte para generar ganancia directa en el interior y algunas aberturas de menores dimensiones hacia el sur, a modo de propiciar la ventilación cruzada para enfriar el interior en verano.

La construcción será tradicional, con muros de ladrillón y estructura de hormigón armado y techo de chapa. A esto se suman las estrategias sugeridas para aislar la envolvente, las cuales son de iguales condiciones que para el centro de salud: en techos se incorpora 10cm de lana de vidrio hidropelente, en muros se aplicó aislación por la cara interior con una estructura de perfiles galvanizados con lana de vidrio de 7cm de espesor. Las ventanas son de aluminio con DVH y se colocaron persianas metálicas. Asimismo, se agregaron zócalos de piedra de 1m de altura para protección de la nieve. De esta manera, no solo se alcanzaron resultados favorables en el acondicionamiento natural, sino que también estético, ya que el centro de salud y el bloque de viviendas poseen una imagen integrada. Sobre la cubierta de la cochera se incluyeron paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.

En la tabla 2 se presentan los resultados alcanzados en el balance térmico del edificio y se han comparado los datos obtenidos de acuerdo a si el edificio se hubiese construido de forma tradicional y con los resultados alcanzados al aplicar las estrategias bioclimáticas antes mencionadas.

Tabla 2. Valores que arroja el balance térmico del bloque de viviendas, considerando la construcción tradicional y la propuesta bioclimática. Fuente: Elaboración propia.

Ítem	BLOQUE DE VIVIENDAS		Ahorro
	(const. tradicional)	(const. bioclimática)	
Factor de Area Envolvente/Piso-FAEP	2,9	2,9	
Coefficiente Neto de Pérdidas – CNP	636,5	194,5	
Superficie Colectora de Ganancia directa – SC	14,9	14,9	
Fracción de Ahorro Solar – FAS	10,30%	39,70%	
Energía auxiliar necesaria - EA	44298 kWh/año	9102 kWh/año	79,40%
Energía auxiliar – Qaux	5632 kg GE/año	1872 kg GE/año	
Potencia de calefacción – PC	10955 Kcal/hr	3663 Kcal/hr	66,50%

Los resultados muestran la importancia de aplicar estrategias de calefacción pasiva como de aquellas vinculadas a la conservación de energía. En efecto, de 10,30% de aporte solar (FAS), se alcanza casi un 40%. Se propicia un ahorro del 79,40% y la potencia instalada resulta menor en un 66,50%. Esto demuestra los beneficios que tiene la aplicación de estrategias bioclimáticas y el impacto positivo durante toda la vida útil del edificio. En el próximo apartado, se presentan los resultados vinculados a las mediciones de temperatura.

En 2018 se realizó una campaña de mediciones para conocer los resultados alcanzados a partir de la remodelación y en la nueva construcción. Se observa en la figura 8 que las temperaturas registradas durante los 22 días de medición se mantienen en el interior cuando están operativos los locales, en alrededor de 20°C. También se observa que cuando el médico asiste (los primeros 5 días señalados como “A”), la vivienda se calefacciona alcanzando temperaturas que ocasionalmente han llegado a los 25°C, mientras que el resto del tiempo, en que no se calefacciona la vivienda, la temperatura se mantiene en 18°C.

También se observa que la temperatura en la vivienda del médico desciende hasta 15°C cuando ocurre una tormenta como en el caso del día 18 y 19/09 (señalado como “B”), donde la temperatura exterior disminuye abruptamente (hasta 2,5°C pero manteniendo el interior por encima de 15°C). Lo mismo ocurre el día 28 y 29/09 (situación C), en los que alcanza 3°C de temperatura mínima exterior y la temperatura de la casa del médico acompaña cayendo hasta 14°C.

Para el caso de la sala de odontología, que se encuentra contigua a la de enfermería, se observa que asiste el profesional el día 15 y 16/09 por lo cual, su temperatura crece hasta el registro que marca la temperatura.

Es posible observar que, por las estrategias de conservación aplicadas, las temperaturas interiores nunca disminuyen por debajo de los 14°C, aún cuando en el exterior se registran temperaturas extremas. En el caso de la enfermería con atención más constante, los valores se ubican entre los 17°C a 23°C, dentro del rango de confort.

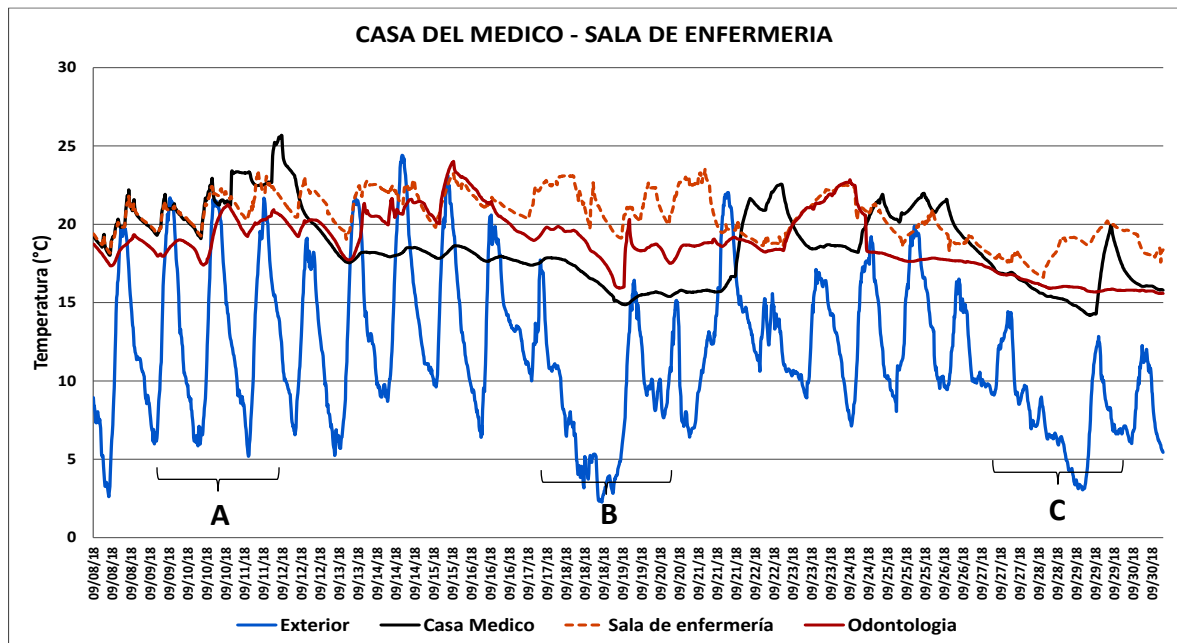


Figura 8. Mediciones realizadas en la casa del médico, la sala de enfermería, en odontología y en el exterior. Fuente: elaboración propia.

A su vez, es interesante remarcar que, por la orientación y tamaño de las aberturas, la ganancia solar pasiva es reducida. Si se pudiese ampliar la superficie colectora del edificio del centro de salud, entonces habría mayores posibilidades de alcanzar mejores condiciones de confort interior de forma natural.

#### 4. CONCLUSIONES

En el caso del centro de salud de Bardas Blancas, se trató de la remodelación de un edificio existente que data de los primeros años de la segunda mitad del siglo XX, cuando los temas vinculados a la sustentabilidad edilicia y aprovechamiento climático eran muy recientes a escala

mundial, lo que relegaba estos aspectos a un segundo plano. Aquí se desprenden dos particularidades a tener en cuenta: la primera, que muchas veces estas remodelaciones sustentables aparecen limitadas al edificio original que, en el caso de análisis, estaba bien orientado, pero con escasa superficie colectora o área expuesta al sol, lo que dificultó la implementación de estrategias de calefacción pasivas. A pesar de que se insistió en maximizar la superficie de ventanas norte, la partida presupuestaria era limitada y sólo se produjo el recambio de las ventanas existentes. Si bien el cambio de las aberturas por unas más eficientes fue significativo, los resultados podrían haber sido mejores, impactando en todo el ciclo de vida del edificio. Así, se hubiesen maximizado aportes ecológicos a partir del menor consumo de energía convencional y la consecuente libración de gases de efecto invernadero; aportes sociales, a partir de reducir al máximo la dependencia de energías convencionales y su abastecimiento obligado desde la capital departamental, a la vez que alcanzar mayores condiciones de confort de forma natural. Ciertamente, en un edificio para la salud, las necesidades de confort son exigentes, ya que muchas veces el paciente tiene que reducir su nivel de vestimenta para los exámenes médicos. Los aportes económicos devienen del menor gasto del Estado para asegurar el correcto funcionamiento térmico del edificio.

La segunda particularidad es la necesidad de que el Estado comience a incluir y exigir estrategias bioclimáticas o sustentables para el diseño y construcción de edificios públicos, al menos con la consideración de aspectos básicos como el aprovechamiento del norte, protecciones solares, conservación de energía, entre otros. Así, el futuro que se ve asociado a lo renovable tiene mayores posibilidades de alcanzar remodelaciones efectivas y no continuar con proyectos que se asocian más a épocas de arquitectura modernista o previas al desarrollo de las renovables. A su vez, estos edificios públicos donde asiste gran parte de la población podrían convertirse en referentes y elementos educativos en la temática. Ciertamente, si el Estado como promotor de este cambio de paradigma energético toma su accionar en los edificios que construye demostrando los resultados alcanzados, sería más fácil que la gente se sienta animada a realizar cambios en sus viviendas y así propender a un menor impacto ambiental con la reducción del uso de combustibles convencionales, a la vez que mayor calidad de vida, más aún en zonas rurales donde la dependencia de la naturaleza sumado a las dificultades para tener servicios e infraestructura de calidad podría ser la clave.

En el caso del edificio del centro de salud es posible advertir que la conservación de energía es un aspecto clave para reducir el consumo energético, aun cuando el aprovechamiento de sistemas solares pasivos sea bajo. Entender esta situación puede ayudar a toma de decisiones, sobre todo en las licitaciones que se realizan desde el Estado para la intervención de edificios existentes. Ciertamente, el caso analizado permite dar cuentas de que en las acciones realizadas redundan en beneficios de ahorro energético anual en un 66,7% y un 61,8% en la potencia instalada.

Queda pendiente de indagar en mediciones en el bloque de viviendas, que se si bien se asume que los resultados serán positivos por la similitud de estrategias aplicadas al centro de salud, sumado a una mayor exposición al sol, se trata de valores que permitirán demostrar lo importante de considerar estas estrategias para proyectos nuevos.

## 5. REFERENCIAS

- Ávila, P., & Mussa, C. (2015). *Solvencia de enfermeros(as) para asistir urgencias y/o emergencias. Centros de salud de la zona rural de Malargüe* [Universidad Nacional de Cuyo]. <https://bdigital.uncu.edu.ar/8605>
- Balcomb, J. D., Barley, D., McFarland, R., Perry, J. J., Wray, W., & Noll, S. (1982). *Passive Solar Design Handbook. Vol 1, 2 y 3*. United States Department of Energy.
- Barajas Hernández, J., Pérez García, J. C., Olivera Pérez, E., & Díaz Montagner, E. A. (2022). Evaluación de la vivienda sustentable en México a través de una propuesta de modelo teórico con las variables de mayor impacto. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 14(1), 1-20. <https://doi.org/10.46571/JCI.2022.1.1>
- Blasco Lucas, I. (2022). Bases para un modelo del proceso creativo de la arquitectura sustentable. *AREA*, 28(2), 1-16.

<https://www.area.fadu.uba.ar/area-2802/blasco-lucas2802/>

Canales, P., Valderrama, C., & Ferrada, X. (2021). Hospitales sustentables: partidas críticas para su construcción y el rol de la inspección técnica. *Hábitat Sustentable*, 11(2), 22-33. <http://dx.doi.org/10.22320/07190700.2021.11.02.02>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Construir un futuro mejor Acciones para fortalecer la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (LC/FDS.4/3/Rev.1)*. Naciones Unidas.

Díaz Orueta, F. (2023). Crisis ecosocial, territorio e iniciativas de acción colectiva en España (2011-2022): estrategias para una transición justa. *Cuaderno Urbano*, 35(35), 169-190.

Esteves, A., & Gelardi, D. (2008). Metodo para el cálculo de los Grados-día de cualquier temperatura base y cualquier localidad. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*, 12, 153-158. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/94533>

Esteves, A., Gelardi, D., & Oliva, A. (1997). The Shape in the Bioclimatic Architecture: The FAEP Factor. *II Conf. Teachers in Architecture*.

Esteves, A., Scalia, A., & Gelardi, D. (2018). Arquitectura sustentable. Ajuste del programa de balance térmico en el cálculo de energía auxiliar de calefacción. *Acta de la XLI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 135-146.

Esteves Miramont, A. (2017). *Arquitectura bioclimática y sustentable* (A. Esteves (ed.)).

Fernández, A., & Garzón, B. (2020). Rehabilitación de muros exteriores en centros de salud en San Miguel de Tucumán para su eficiencia térmico-energética. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*, 24, 31-40. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/138414>

Filippin, C., Flores Larsen, S., & Canori, M. (2010). Energy consumption of bioclimatic buildings in Argentina during the period 2001-2008. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1216-1228.

Grondzik, W. T., & Kwok, A. G. (2019). *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*. John Wiley & Sons.

Grossi Gallegos, H., & Righini, R. (2007). *Atlas de Radiación Solar de la República Argentina*. Universidad Nacional de Luján. [http://www.unlu.edu.ar/~gersol/backup/Atlas\\_Solar/valores-medios.html](http://www.unlu.edu.ar/~gersol/backup/Atlas_Solar/valores-medios.html)

Guzowski, C., Ibañez, M., & Zabaloy, M. F. (2020). *Energía, innovación y ambiente para una transición energética sustentable: retos y perspectivas*. Editorial de la Universidad Nacional del Sur.

Hernández, A., Lesino, G., Rodríguez, L., & Linares, J. (2008). Primer hospital bioclimático de Argentina con acondicionamiento térmico solar. *II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES*. <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1614/1603>

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*.

Kuchen, E., & Kozak, D. (2020). Transición energética argentina. El nuevo estandar de eficiencia energética en la evaluación de la vivienda social. Caso de estudio: vivienda de barrio Papa Francisco. *Hábitat Sustentable*, 10(1), 44-55. <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.04>

Paviglianiti, V., Pattini, A., & Rodríguez, R. (2022). Iluminación natural sustentable en entornos hospitalarios: Análisis de barreras y facilitadores para el desempeño, confort y salud de sus trabajadores. *VI Jornadas de Intercambio y Difusión de los Resultados de Investigaciones de los Doctorandos en Ingeniería*. <https://doi.org/10.33414/ajea.1010.2022>

Servicio Meteorológico Nacional. (2010). *Estadísticas climatológicas normales del periodo 1981-2010*.

Torres Quezada, J., & Lituma Saetama, S. (2023). Estrategias de sostenibilidad enfocadas al confort térmico y la energía incorporada de una vivienda emergente en la Región Andina del Ecuador. *Hábitat Sustentable*, 13(1), 42-55. <https://doi.org/10.22320/07190700.2023.13.01.04>

Yañez, G. (2021, junio 6). Vecinos de Bardas Blancas reclaman por el pésimo servicio de energía eléctrica. *Malargüe Diario*. <https://www.malargueadiario.com/vecinos-de-bardas-blancas-reclaman-por-el-pesimo-servicio-de-energia-electrica/>

## DECLARACIÓN DE APORTES AL ARTÍCULO

ROLE	A. Esteves	M. Esteves	G. Cuitiño	A. Scalia
Conceptualization – Ideas; formulation or evolution of overarching research goals and aims.	X	X	X	X
Data curation – Management activities to annotate (produce metadata), scrub data and maintain research data (including software code, where it is necessary for interpreting the data itself) for initial use and later re-use.	X	X	X	X
Formal analysis – Application of statistical, mathematical, computational, or other formal techniques to analyze or synthesize study data.	X	X	X	
Funding acquisition - Acquisition of the financial support for the project leading to this publication.	X	X	X	X
Investigation – Conducting a research and investigation process, specifically performing the experiments, or data/evidence collection.	X	X	X	X
Methodology – Development or design of methodology; creation of models.	X	X	X	X
Project administration – Management and coordination responsibility for the research activity planning and execution.	X	X	X	
Resources – Provision of study materials, reagents, materials, patients, laboratory samples, animals, instrumentation, computing resources, or other analysis tools.	X	X	X	
Software – Programming, software development; designing computer programs; implementation of the computer code and supporting algorithms; testing of existing code components.	X			X
Supervision – Oversight and leadership responsibility for the research activity planning and execution, including mentorship external to the core team.	X	X	X	
Validation – Verification, whether as a part of the activity or separate, of the overall replication/reproducibility of results/experiments and other research outputs.	X	X	X	
Visualization – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically visualization/data presentation.	X	X		
Writing – original draft – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically writing the initial draft (including substantive translation).	X	X		
Writing – review & editing – Preparation, creation and/or presentation of the published work by those from the original research group, specifically critical review, commentary or revision – including pre- or post-publication stages.	X	X	X	X