

REHABILITACIÓN DE MUROS EXTERIORES EN CENTROS DE SALUD EN SAN MIGUEL DE TUCUMÁN PARA SU EFICIENCIA TERMICO-ENERGÉTICA

Amalita Fernández, Beatriz Garzón

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) Universidad Nacional de Tucumán (UNT)
Av. Néstor Kirchner 1900, S.M. de Tucumán, CP 4000, Tucumán
Amalita93@gmail.com bgarzon06@gmail.com

RESUMEN: El presente trabajo propone el análisis del cerramiento vertical exterior (CVE) de los Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) ubicados en la ciudad de San Miguel de Tucumán (SMT). En primera instancia se realiza un censo de todos los CAPS existentes en SMT y se determinan las tipologías constructivas de muros. Se determina un prototipo de CAPS representativo para cada tipología de CVE detectada. Se estudia el comportamiento higrotérmico de los muros considerando las siguientes variables: transmitancia térmica, riesgos de condensación superficial e intersticial y verificación de puentes térmicos. Este se aborda a través de las normas nacionales IRAM. Se elaboran propuestas universales, sistematizadas y asequibles de rehabilitación para mejorar su comportamiento higrotérmico, se analiza dicho comportamiento en envolvente con las mejoras propuestas y el costo económico de estas mejoras contrastado con los costos de mantenimiento ordinarios. Por último, se verifica la mejora en el comportamiento térmico de los CAPS, a partir de cálculos globales de comportamiento térmico para los prototipos representativos de cada tipología constructiva. Como conclusión, se expone la importancia que tiene el adecuado diseño de la envolvente edilicia exterior para mejorar las condiciones de habitabilidad, y la factibilidad de mejorarlas con los recursos disponibles actualmente.

Palabras clave: Arquitectura para la salud. Envolvente edilicia. Rehabilitación Termo-energética.

INTRODUCCIÓN

Está demostrado estadísticamente que los edificios son responsables de más del 40% de la energía consumida en Argentina, de esa energía la mayor parte es empleada para la climatización de los ambientes interiores y el 50% de ella es ganada o perdida a través de los cerramientos opacos del edificio (Venhaus-Held, Alías y Jacobo, 2017).

Una de las funciones más importantes de la envolvente arquitectónica es controlar los factores físicos que son parte del medio ambiente: calor, luz y sonido, para garantizar las condiciones de confort térmico, visual y acústico generando un mínimo de consumo de energía (Maristany, Abadía y Rivoira, 2017). El parámetro de diseño más importante para regular y controlar el confort térmico de una edificación en clima cálido húmedo es la envolvente de la edificación, y resulta indispensable, ya que, su adecuado diseño reduce de manera considerable los consumos energéticos (González Vásquez y Molina-Prieto, 2017). Sadinesi, Madala y Boehm (2011), consideran que los muros conforman la fracción predominante de la envolvente arquitectónica, es la que provee el confort térmico y acústico, y es el elemento que mayor aporte estético hace a la construcción.

La rehabilitación energética consiste en mejorar las prestaciones de un edificio existente. Tiene como objetivo mejorar las condiciones del edificio, tratando de ser coherentes con las posibilidades económicas, las características del mismo y las posibles barreras de incorporación que existan (Perez Fargallo, Calama Rodriguez y Flores Alés, 2018). Se busca que la propuesta implique el menor costo posible y sea posible efectuarla en un período breve. Actualmente, en la ciudad de San Miguel de Tucumán existen 35 CAPS que fueron construidos y remodelados en diferentes períodos. A cada período de construcción le corresponde una técnica diferente. Los procesos de remodelación y rehabilitación que sufrieron a lo largo de los años fueron con fines funcionales debido a los nuevos requerimientos en los centros de salud (medidas mínimas, acceso para personas con discapacidad, materiales más higiénicos, etc.) y de confort térmico por medios mecánicos (instalación de equipos de aire acondicionado frío-calor); pero no fue contemplada la eficiencia energética ni el confort desde el punto de vista de las estrategias pasivas de diseño, situándose las características tecnológicas de la envolvente entre ellas.

En diversos trabajos publicados, se analizó el comportamiento térmico-energético de manera global, de distintos casos de CAPS. En todos estos casos analizados no se cumplen con los estándares mínimos de confort recomendados por IRAM. Una de las principales variables era la escasa aislación térmica proporcionada por la envolvente, principalmente por los muros. El costo de mantenimiento edilicio para cada CAPS es elevado, este incluye: pintura completa, una vez al año; limpieza de canaletas y albañales, una vez cada dos meses aproximadamente; Limpieza de cámara de inspección; y reparaciones varias, como ser cielorraso o carpinterías. El presente trabajo parte de la hipótesis que efectuar la propuesta de rehabilitación térmica en muros no supondría un costo elevado en relación con los costos de mantenimiento anuales de los CAPS.

La ciudad de San Miguel de Tucumán (SMT), Tucumán, Argentina se ubica en la zona bioclimática II, templado cálido, subzona b. En esta zona, es el verano la estación crítica, con valores de temperatura media mayores que 24 °C y temperatura máxima mayor que 30 °C. El invierno es más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias comprendidas entre 8 °C y 12 °C. Subzona IIb: amplitudes térmicas menores que 14 °C. (IRAM 11603, 2012). Presenta condiciones críticas de temperatura tanto en invierno como en verano, alejándose en ambos casos de la zona de confort. La temperatura máxima media es de 32°C y la mínima media de 7°C (Estación Experimental Agrometeorológica Obispo Colombres, 2019) (Figura 1).

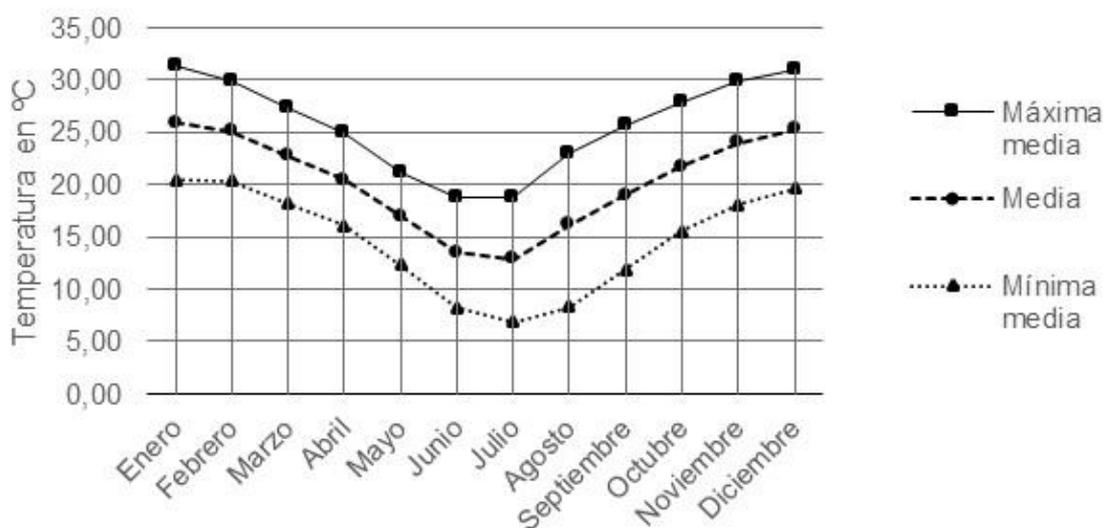


Figura 1. Temperaturas medias anuales para la ciudad de San Miguel de Tucumán. Fuente: elaboración propia.

METODOLOGÍA

En primera instancia se realiza un relevamiento y estudio de la planimetría de los CAPS ubicados en la ciudad de SMT y geolocalización de los mismos. A partir de este análisis, se obtiene información acerca de la técnica constructiva de los muros, y se elabora una clasificación de estos. Se selecciona un ejemplo de CAPS para cada tipo constructivo de muro detectado. Se evalúa la influencia del comportamiento térmico de muros en el desempeño térmico global. Dicha incidencia se evalúa a partir del calculador CIDEE-EA (Fernández, Garzón y Elsinger, 2019).

Posteriormente, se realizan cálculos del comportamiento higrotérmico de los mismos a partir de la metodología de cálculo, expresadas en la serie IRAM 11600, empleando calculadores de elaboración propia. Se calcula, en primera instancia, el coeficiente K de transmitancia térmica a partir del calculador CIDEE-EA (Fernández, Garzón y Elsinger, 2019) basado en procedimientos de cálculo de IRAM. Se comparan los valores obtenidos con los cuatro niveles de confort higrotérmico expresados en la primera modificación a la norma IRAM 11900 (2018). Se verifican los puentes térmicos, determinados a partir de la documentación gráfica y ratifican a través de un estudio termográfico de una muestra seleccionada. Dicho cálculo se realiza en función del procedimiento de expresado en IRAM 11605. Luego se evalúan los riesgos superficiales e intersticiales a través del calculador C-RC (Fernández y Garzón, 2020).

A partir de los cálculos expresados se efectúa una propuesta de rehabilitación de muros de la envolvente y se evalúa su comportamiento higrotérmico empleando el mismo procedimiento utilizado en los muros de la situación existente.

Luego, se realiza una evaluación económica de la propuesta. Se analiza el costo por unidad de superficie y se contrasta con los costos ordinarios de mantenimiento.

Por último, se estudia el comportamiento térmico global (coeficiente global de calefacción y refrigeración) de los tres tipos de CAPS con la propuesta de rehabilitación aplicada a cada uno. Dicha evaluación, se realiza a partir del calculador CIDEE-EA.

Sobre CIDEE-EA: Denominado Calculador Integral de la Eficiencia Energética de la Envolvente Arquitectónica. Es un calculador diseñado para la zona bioclimática II (a o b), que integra los cálculos expresados en las normas IRAM 11601; 11605; 11604 y 11659-2. Sistematiza valores comunes a las cuatro normativas, siendo el principal el coeficiente de transmitancia térmica k. Presenta la particularidad de poder ser utilizado parcialmente para obtener solo algunos de los resultados expresados en dichas normas.

Sobre C-RC: Denominado Calculador de Riesgos de condensación. Es un calculador basado en las normas IRAM 11625 que permite verificar riesgos de condensación tanto superficiales como intersticiales. Permite obtener el valor numérico de la temperatura en las distintas capas de la envolvente (techos y muros) y la temperatura del punto de rocío; efectúa una comparación entre ambos y devuelve el valor VERIFICA o NO VERIFICA. Este calculador también arroja un gráfico de líneas donde se comparan las temperaturas y se puede verificar de manera rápida y visual los riesgos de condensación.

RESULTADOS

Las técnicas constructivas para muros detectadas en los CAPS de SMT fueron: ladrillo cerámico hueco 0,20 m revocado en ambas caras con encadenado sismorresistente (M1), ladrillo cerámico macizo 0,30 m revocado en ambas caras sin encadenado sismorresistente (M2) y ladrillo cerámico macizo 0,15 m revocado en ambas caras con encadenado sismorresistente (M3). El caso más típico es el ladrillo hueco, constituyéndose como la solución constructiva del 37,04% de los CAPS; le sigue el ladrillo

macizo de 0,30 m, ocupando el 33,3 %; luego el muro de 0,15 m, 18,52 % y por último existen edificios que combinan el muro de ladrillo hueco con ladrillo macizo de 0,30 m 11,11 % correspondiendo, este último caso, a edificios ampliados en un período posterior.

Incidencia de muros en el comportamiento térmico global

Para conocer la incidencia del CVE en el desempeño térmico de un CAPS, este se analiza a través de tres ejemplos existentes, cada uno representativo de una de las tipologías constructivas de muros. Este comportamiento se determina a partir del calculador CIDEE-EA (Fernández, Garzón y Elsinger, 2019). Se estudia la incidencia del CVE, entre los componentes constructivos de la envolvente, en las ganancias y pérdidas térmicas para las estaciones más críticas. En la figura 2, se muestran las pérdidas y ganancias térmicas por conducción a través de la envolvente de los tres ejemplos de CAPS analizados.

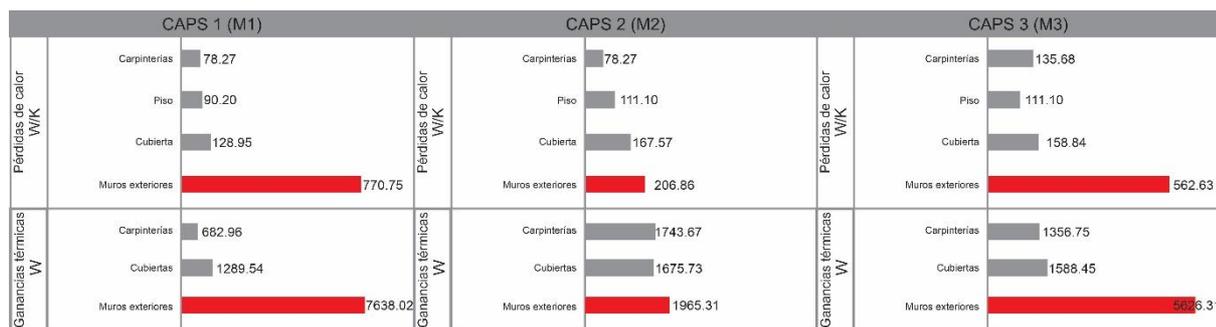


Figura 2. Pérdidas y ganancias térmicas a través de la envolvente. Fuente: Elaboración propia.

A través del estudio de ganancias y pérdidas térmicas (Figura 2) se observa que, para todos los casos, éstas se dan principalmente a través de los muros; siendo, en algunos casos la incidencia mayor que en otros. Este análisis evidencia la relevancia del CVE en el comportamiento térmico de los edificios tomados como ejemplo, los cuales resultan representativos del total existente en la ciudad de SMT.

Transmitancia térmica (K)

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, indicados en la IRAM 11601 (IRAM 11549:2002). Es decir, a mayor valor de K menor es la aislación térmica proporcionada por el elemento constructivo. A continuación, se realiza el procedimiento de cálculo de K a través del calculador CIDEE-EA (Fernández, Garzón y Elsinger, 2019), el cual responde al procedimiento expresado en la norma IRAM 11601. Una vez obtenido el valor K, se procede a compararlo con los niveles de confort térmico recomendados en la norma para la zona bioclimática II según la norma IRAM 11605 Nivel A: ecológico, Nivel B: recomendado, Nivel C: mínimo y Nivel A/B incorporado como un nivel intermedio por la modificación 1 de la norma IRAM 11900:2017. Los valores obtenidos se expresan en la Tabla N°1.

Muros									
Solución constructiva	Coeficiente K [w/m ² °K]	Niveles de confort higrotérmico para verano				Niveles de confort higrotérmico para invierno			
		A	A/B	B	C	A	A/B	B	C
		0,45	0,78	1,10	1,80	0,38	0,69	1,00	1,85
M1	1,73	-	-	-	●	-	-	-	●
M2	1,85	-	-	-	-	-	-	-	-
M3	2,82	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla1. Valores de transmitancia térmica de muros y comparación con valores normados. Fuente: elaboración propia.

A partir de los valores obtenidos, puede observarse que solo el M1 (ladrillo cerámico hueco de 0,18m revocado en ambas caras) cumple con alguna de las condiciones de confort recomendadas por IRAM (Nivel C para verano e invierno). La escasa aislación térmica proporcionada por los muros genera importantes ganancias térmicas durante el verano y pérdidas en el invierno.

Verificación de puentes térmicos

Un puente térmico se define como la heterogeneidad de un elemento constructivo que forma parte de la envolvente de un edificio (pared, piso, techo, etc.) que ocasiona mayor flujo de calor a través de ésta, favoreciendo la condensación superficial (IRAM, 2002). Para detectarlos, se empleó la termografía infrarroja, la herramienta empleada es una cámara termográfica FLIR C2, la cual presenta una precisión de ± 2 °C o 2 % y un rango de temperatura que va desde -10 a +150 °C. A partir de las imágenes tomadas en los casos estudiados, se puede ver claramente la presencia de puentes térmicos. En la figura 3, se observan de manera clara el puente térmico que configura la estructura sismorresistente en muros M1 y M3. Para el caso de mampostería de ladrillo macizo de 0,30 m, donde según la planimetría no hay encadenados, no se detectan los puentes térmicos en el elemento opaco.

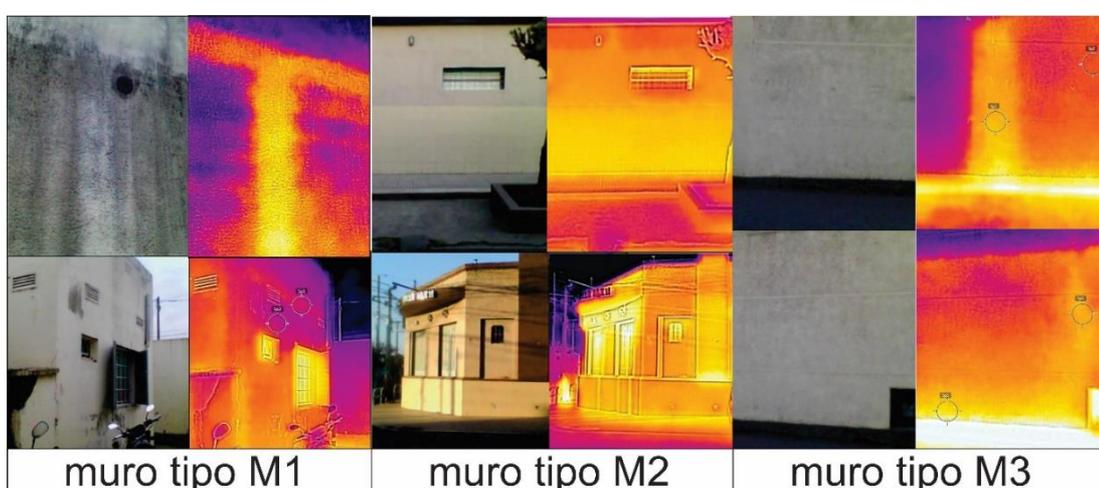


Figura 3. Detección de puentes térmicos a partir de la termografía. Fuente: elaboración propia.

Para efectuar el cálculo y la verificación de los puentes térmicos, se utilizó el procedimiento de cálculo expresado en la norma IRAM 11605. Dicha norma expresa una relación entre la transmitancia térmica del puente térmico y la transmitancia térmica del muro.

$$\frac{k_{pt}}{k_m} \leq 1,5$$

Donde:

k_{pt} : transmitancia térmica del puente térmico

k_m : transmitancia térmica del muro

Solución constructiva	Coficiente K del cerramiento [w/m ² °K]	Coficiente K del encadenado [w/m ² °K]	Verificación de puente térmico
M1	1,73	3,26	NO VERIFICA
M3	2,82	3,36	VERIFICA

Tabla2. Verificación de puentes térmicos. Fuente: elaboración propia.

Se puede observar (tabla 2) que para M1 no verifican los puentes térmicos mientras que, para M3, si lo hacen. A partir de esto, se expone la necesidad de pensar una solución integral que garantice la mejora del comportamiento de los puentes térmicos. Debido al elevado valor de transmitancia térmica en la estructura de hormigón, resulta necesario evaluar los riesgos de condensación en dichos puntos.

Verificación de riesgos de condensación superficial e intersticial

La humedad por condensación se produce a partir de masas de aire cargadas de vapor dentro de un edificio que, al contacto con superficies frías, reducen su temperatura hasta el punto de rocío (Martínez, Sarmiento y Urquieta, 2005). Estas manifestaciones originan problemas de salud e inconfort en las personas, daños y lesiones en la envolvente favoreciendo el desarrollo de procesos patológicos tales como las eflorescencias en muros y pisos, generan la aparición de gérmenes que contaminan el ambiente, corrosión y pudrición de elementos metálicos y de madera, respectivamente, y la disminución del aislamiento térmico de la envolvente. La condensación puede ocurrir en la superficie del elemento constructivo (condensación superficial) o en su interior (condensación intersticial).

Para evaluar si es que existe o no riesgo de condensación tanto superficial como intersticial para todas las tecnologías constructivas expuestas anteriormente, se desarrolló el calculador C-RC (Fernández y Garzón, 2020) a partir del procedimiento y las definiciones expresadas en IRAM11625:2000. Se evalúa también los riesgos de condensación en los encadenados que se constituyen como puentes térmicos.

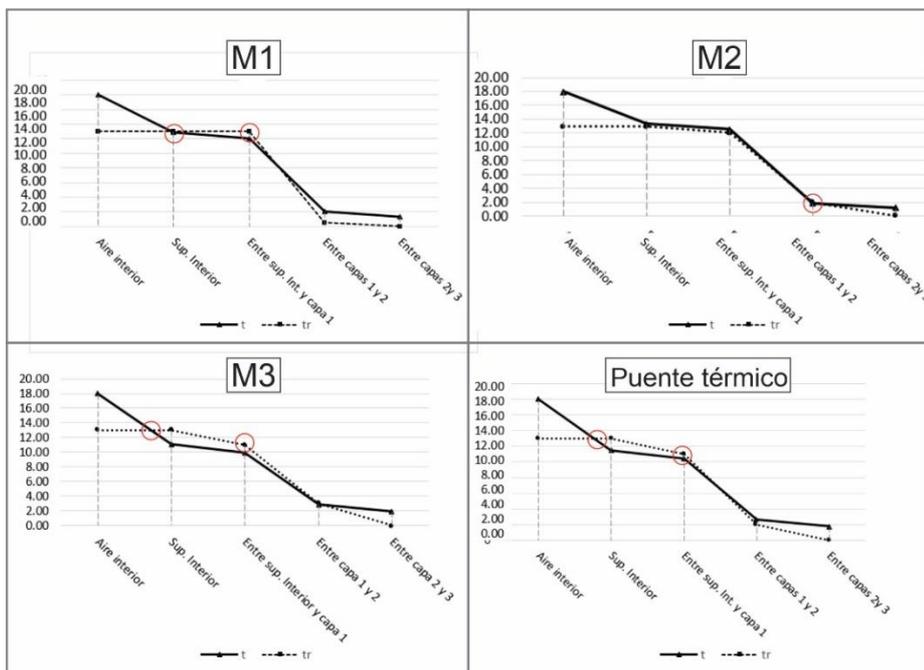


Figura 4. Comparación temperatura interior y superficial con temperatura de punto de rocío para los elementos de la envolvente vertical. Fuente: elaboración propia.

Se determina que los tres muros presentan riesgos de condensación intersticial (M1, M2 y M3), y los muros tipo M1 y M3 presentan, además, riesgo de condensación superficial. Se comprueba también, que los puentes térmicos presentan riesgos de condensación tanto superficial como intersticial. El riesgo de condensación intersticial se debe a la baja aislación térmica de los muros y a la permeabilidad de los materiales, mientras que el superficial, es una consecuencia exclusiva de la baja aislación térmica.

Propuesta de rehabilitación

Se propone la incorporación de un aislante térmico en la cara interna, debido a que se presentan riesgos de condensación en las capas interiores. Se pretende disminuir el K y lograr la verificación de los puentes térmicos. La propuesta consiste en colocar una capa de 0,05m de lana de vidrio con foil de aluminio hacia el interior y una capa de placa de yeso cartón resistente a la humedad como terminación superficial. Esta solución busca, además de mejorar las prestaciones térmicas, cumplir con las Normas de Organización y Funcionamiento del Programa Nacional de Garantía de Calidad de la

Atención Médica. Por lo que se propone una superficie interior lisa, con pintura impermeable antihongos y la colocación de un zócalo sanitario como lo establece dicha norma.

Verificación de condiciones higrotérmicas de la propuesta

La propuesta de rehabilitación presenta importantísimas mejoras en el K (coeficiente de transmitancia térmica) con respecto a la situación original. A continuación, se exponen los valores obtenidos:

Solución constructiva	Coeficiente K [w/m ² °K]	Niveles de confort higrotérmico para verano				Niveles de confort higrotérmico para invierno			
		A	A/B	B	C	A	A/B	B	C
		0,45	0,78	1,10	1,80	0,38	0,69	1,00	1,85
M1 ₁	0,54	-	●	-	-	-	●	-	-
M2 ₁	0,55	-	●	-	-	-	●	-	-
M3 ₁	0,61	-	●	-	-	-	●	-	-

Tabla3. Valores de transmitancia térmica de muros con propuesta de rehabilitación y comparación con valores normados. Fuente: elaboración propia.

Tras la propuesta de aislación efectuada, se verifica el cumplimiento de puentes térmicos para el muro M1, ya que en su versión original no verifica.

Solución constructiva	Coeficiente K del cerramiento [w/m ² °K]	Coeficiente K del encadenado [w/m ² °K]	Verificación de puente térmico
M1	0.54	0.60	Verifica

Tabla 4. Verificación de puentes térmicos. Fuente: elaboración propia.

Para evaluar los riesgos de condensación, se emplea la misma metodología que en el muro original, a través del calculador C-RC. Los resultados obtenidos, se exhiben en la figura 4. Con la solución propuesta, se logran eliminar en su totalidad todo tipo de riesgo de condensación para la situación climática más crítica, temperatura mínima absoluta.

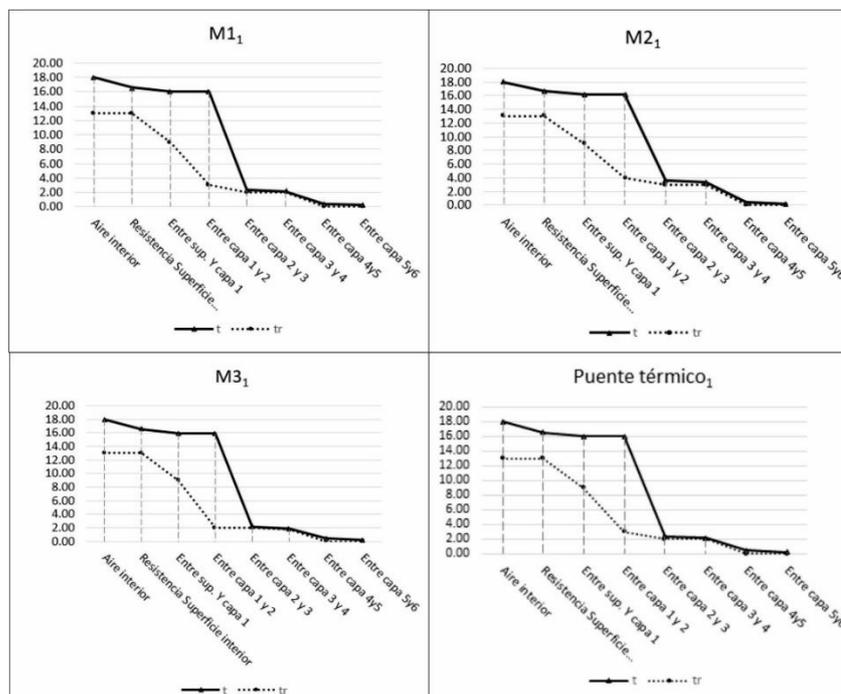


Figura 5. Comparación temperatura interior y superficial con temperatura de punto de rocío para los elementos de la envolvente vertical con propuesta de rehabilitación. Fuente: elaboración propia.

Costo económico por m²

Para realizar la evaluación económica, no se considera un CAPS en su totalidad sino que se considera la incidencia por unidad. Se analizan presupuestos oficiales brindados por el organismo responsable de las obras de refacción y mantenimiento. El costo directo por unidad de superficie (1 m²) es de \$1.207,70. El costo anual ponderado por mantenimiento es de \$3.242 por m² construido (ver tabla 4), más un monto global de \$2.327 por limpieza de cámara de inspección. A partir del estudio planimétrico de los CAPS de SMT, se determina que en promedio la relación entre superficie de muros exteriores y superficie total construida es de aproximadamente 0,9, debido a que en general las formas son compactas por su disposición en lotes urbanos. Partiendo de esta relación, se puede afirmar que el costo por m² de superficie construida de CAPS para realizar la propuesta de rehabilitación es de \$1.086,93, frente a un costo fijo de mantenimiento de más del doble por unidad de superficie, descontando costos de mantenimiento que se miden de manera global y no podría cuantificarse su incidencia por metro cuadrado.

	Precio por unidad (m ²)	Frecuencia anual	Total por año (\$/m ²)
Limpieza canaletas y cañería pluvial	281,25	6	1687,5
Limpieza cañería cloacal y albañales	262,5	4	1050
Pintura	505	1	505
TOTAL			3242

Tabla 4. Análisis de costos ordinarios de mantenimiento en CAPS de San Miguel de Tucumán. Fuente: elaboración propia.

Comportamiento térmico global

Para verificar la efectividad de la propuesta efectuada, se analiza el comportamiento térmico global de tres CAPS, cada uno representativo de una de las tipologías de muros. Este comportamiento se estudia a partir de las normas IRAM 11604, Coeficiente Volumétrico de Calefacción (G_{CAL}) y 11659-2 Coeficiente Volumétrico de Refrigeración (G_R). El G_{CAL} , pondera todos aquellos factores que intervienen en las pérdidas de calor de un edificio (IRAM, 2007). El G_R , es un coeficiente que pondera todos los elementos que participan en las ganancias de calor en un edificio.

CAPS	Valores máximos admisibles		Existente			Rehabilitación de muros				
	G_{CALadm}	G_{Radm}	G_{CAL}	Verifica	G_R	Verifica	G_{CAL}	Verifica	G_R	Verifica
CAPS 1 (M1)	1,38	16,7	1,71	NO	22,38	NO	1,26	SI	13,2	SI
CAPS 2 (M2)	1,35	16,6	1,42	NO	26,9	NO	1,24	SI	23,6	NO
CAPS 3 (M3)	1,36	16,3	1,76	NO	38	NO	1,18	SI	26,5	NO

Tabla 5. Comportamiento térmico global de tres prototipos de CAPS existentes y con propuesta de rehabilitación de muros. Fuente: elaboración propia.

Ambos coeficientes (G_{cal} y G_R) se obtienen a partir del calculador CIDEE-EA.

CONCLUSIONES

A partir del análisis del comportamiento térmico de los cerramientos verticales exteriores que constituyen la envolvente de los CAPS existentes en la ciudad de SMT, se concluye que son ineficientes desde el punto de vista térmico energético, por tal motivo se elabora una propuesta genérica de rehabilitación. Dicha propuesta es aplicable a los tres tipos de muros existentes para generar una mejora, en todos los casos, de su comportamiento térmico.

Cabe destacar que, para evaluar el comportamiento térmico energético de un edificio es necesario realizarlo de manera integral y no simplemente en su envolvente como elemento aislado. Por ello es importante considerar sus orientaciones, sus aberturas, su geometría y los esquemas de uso de los distintos espacios. Sin embargo, como se menciona en el presente trabajo, la envolvente se constituye como elemento clave para controlar pérdidas y ganancias térmicas siendo, a su vez, sumamente factible de someterse a modificaciones en un edificio existente.

La solución propuesta se implementa de manera común a todos los CAPS de SMT, contemplando el punto de vista logístico y operativo. Su implementación es factible, ya que se trata de materiales y técnicas disponibles en el lugar y, en relación con los costos de mantenimiento de los centros de salud, no presenta un precio elevado.

Es indudable que el desempeño térmico de los CAPS mejora con la aplicación de la propuesta efectuada. Aun así, es posible que los CAPS no cumplan con las condiciones de confort requeridas, lo que conllevaría a la necesidad de realizar propuestas particulares para cada caso. Sin embargo es importante destacar que la solución propuesta evita, en todos los casos, los riesgos de condensación y si bien no se constituye como una solución definitiva a los problemas de desempeño térmico y ahorro energético de sus espacios interiores, si se constituye como tal a la condensación en muros.

REFERENCIAS

- D'Amico, F. C., Oyola, O. E., Cisternas, M. D., Alvarado, R. G., y Valiente, E. E. (2012). Incidencia de la forma y envolvente en el desempeño térmico de las viviendas del centro-sur de Chile. *Hábitat Sustentable*, 2(2), 19-33.
- DB-HE, D. A. (2014). Puentes térmicos. Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación.
- Fernández, A., Garzón, B. y Elsinger, D. (2019). CIDEE-EA: Calculador Integral de Eficiencia Energética de la Envolvente Arquitectónica. Obra inédita no musical inscrita en Dirección Nacional de Derechos del Autor (DNDA), expediente: EX- 2019- 79854893- APN- DNDA#MJ. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) octubre de 2019.
- Fernández, A. y Garzón, B. (2020). C-RC: Calculador de Riesgos de Condensación. Obra inédita no musical inscrita en Dirección Nacional de Derechos del Autor (DNDA), expediente: EX-2020-30360194 - APN- DNDA#MJ. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) octubre de 2019.
- Maristany, A., Abadía, L., y Rivoira, A. (2017). Hacia una metodología de análisis energético integral de la envolvente arquitectónica y urbana. *De Res Architettura*, (2).
- Martínez, P., Sarmiento, P., y Urquieta, W. (2005). Evaluación de la humedad por condensación dentro de viviendas sociales. *Revista INVI*, 20(55).
- NORMA IRAM 11549 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Acondicionamiento térmico de edificios. Vocabulario. Tercera edición, 2002.
- NORMA IRAM 11601 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario, 2002.
- NORMA IRAM 11603 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Tercera edición, 2012.
- NORMA IRAM 11604 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites. Segunda edición, 2001.
- NORMA IRAM 11605 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios, 2002.
- NORMA IRAM 11625 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Verificación del riesgo de condensación por vapor de agua, 2000.
- NORMA IRAM 11659-2 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Acondicionamiento

térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Primera edición, 2007.

NORMA IRAM 11900 - Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Modificación N°1 a la Norma IRAM 11900:2017-12, 2019.

Pérez Fargallo, A., Calama Rodríguez, J. M., y Flores Alés, V. (2016). Comparativa de resultados de rehabilitación energética para viviendas en función del grado de mejora. *Informes de la Construcción*, 68 (541), 1-11.

Sadineni, S. B., Madala, S. y Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (8), 3617-3631.

Venhaus-Held, M., Alías, H. M., & Jacobo, G. J. (2017). Las envolventes constructivas en la construcción no convencional de edificios del nordeste argentino y el problema de los puentes térmicos. *Hábitat Sustentable*, 24-31.

Vásquez, M. R. G., y Molina-Prieto, L. F. (2018). Envolvente arquitectónica: un espacio para la sostenibilidad. *Arkitekturax Visión FUA*, 1(1), 49-61.

ABSTRACT

This paper proposes the analysis of the architectural envelope of the Primary Health Care Centers (CAPS) located in the city of San Miguel de Tucumán (SMT). In the first instance, a census of all existing CAPS in SMT is carried out and the construction types of walls are determined. A representative CAPS prototype is analyzed for each construction typology detected. The hygrothermal behavior of the walls is studied considering the following variables: thermal transmittance, risks of surface and interstitial condensation and verification of thermal bridges. The study is carried out through IRAM national standards. Universal, systematized and affordable rehabilitation proposals are developed to improve its hygrothermal behavior, said behavior in an envelope is studied with the proposed improvements and the economic analysis of these improvements contrasted with the ordinary maintenance costs. Finally, the improvement in the thermal behavior of the CAPS is verified, based on global calculations of thermal behavior for the representative prototypes of each construction typology. In conclusion, the importance of the adequate design of the exterior building envelope is exposed to improve the living conditions, and the feasibility of improving them with the currently available resources.

KEYWORDS: Sanitary Architecture. Building envelope. Thermal-energetic rehabilitation.