

Artículo 1

MEJORA DEL COMPORTAMIENTO TERMO-ENERGÉTICO DE UN EDIFICIO ESCOLAR TÍPICO EN LA CIUDAD DE SAN JUAN

-María Celina Michaux, Irene Alicia Blasco Lucas, María Guillermina Ré.

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de La Roza y Meglioli, 5400 San Juan, Argentina. Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 318 - Fax: +54(0)264 423 5397 - <http://www.irpha.faud.unsj.ar> E-mails: celimichaux@gmail.com, iblasco@faud.unsj.edu.ar, guillerminare@gmail.com

Palabras clave: escuela, eficiencia termo-energética, simulación, estrategias bioclimáticas.

Resumen:

Dada la imperiosa necesidad de reacondicionar física y/o funcionalmente importantes sectores de la infraestructura escolar cuyos edificios han superado los 50^º años de vida útil, se considera que es un momento oportuno para adecuar dichos establecimientos a los nuevos requerimientos ambientales y del mercado energético. Esto fundamenta la presente investigación, cuyo objetivo es realizar una propuesta tecnológica destinada a mejorar el comportamiento termo-energético de una tipología representativa en el territorio nacional, construida en la ciudad de San Juan en el año 1953. Para ello se utilizan herramientas de simulación tanto estacionaria como dinámica, que permiten obtener el diagnóstico inicial y estudiar los efectos que producen las variaciones constructivas posibles de efectuar en los principales componentes de la envolvente edilicia. De este modo se verifica por un lado, que cumplan con los valores admisibles de acondicionamiento climático estipulados por las Normas IRAM; y por otro, se precisan los niveles de eficiencia termo-energética asociados. Con los cambios constructivos propuestos la reducción de pérdidas varía entre 16% y 63%, y el ahorro energético obtenido es de 29%. El trabajo efectúa a la vez contribuciones en lo metodológico-instrumental por el procedimiento que desarrolla y en lo tecnológico-constructivo por los detalles específicos que resuelve para cada variante propuesta, cuantificando el aporte termo-energético correspondiente a cada uno.

Introducción:

La importancia que tiene la educación en una sociedad fundamenta la profundización del conocimiento sobre los espacios donde tienen lugar los procesos de enseñanza y aprendizaje, con el fin de proponer tecnologías y mejoras edilicias que posibiliten brindar el máximo confort posible, permitiendo la mayor productividad en sus ocupantes y mediante el mínimo consumo energético, contribuyendo así a reducir la contaminación ambiental. Los edificios educativos deben cumplir con los requerimientos necesarios para lograr dichos niveles de confort y su estudio debe cobrar mayor relevancia desde el enfoque de la eficiencia energética ya que su uso intensivo, su escasa flexibilidad funcional y su larga vida útil conlleva a la existencia de edificios superpoblados y obsoletos desde su comportamiento térmico. Por esto, es necesario realizar mejoras adecuadas a las necesidades presentes, tanto a nivel funcional, como tecnológico y energético. En la actualidad se llevan a cabo diversos procedimientos y se aplican variadas herramientas que posibilitan evaluar el aspecto energético de los edificios educativos, tales como las auditorías termo-energéticas conducidas mediante mediciones, o las simulaciones estacionarias y/o dinámicas realizadas con programas informáticos basados en normativas (Filippín, 1999; San Juan et al., 2000a y 2000b; Ledesma et al, 2003; Flores Larsen et al. 2004; Gonzalo et al., 2007; Papparelli et al., 2008, Ré et al., 2016).

En la ciudad de San Juan, casi el 80% de los establecimientos educativos presentan más de 50 años de vida

50 años de vida útil, sin mostrar mejoras constructivas que beneficien su conducta térmica. Por esto, el trabajo pretende valorar el comportamiento térmico de un edificio escolar característico a nivel provincial y nacional, considerando para el estudio, los factores que más afectan los aspectos energéticos de un edificio y utilizando programas de simulación estacionaria, que determinen variaciones climáticas y relacionen la obtención de niveles de confort en cada sector con el consumo de energía requerido para lograrlo.

Caso de Estudio:

Se elige para el análisis la Escuela “Teniente Pedro Nolasco Fonseca” por pertenecer a la tipología predominante en el Área Metropolitana de San Juan (AMSJ) y por tener un gran valor simbólico y social en el medio local. La escuela se construyó en 1953, su tipología “en peine” es característica y representativa del 1° y 2° gobierno de Perón; este prototipo Nacional básico, está compuesto por un volumen central (aquí se disponen las aulas y la circulación principal) y dos volúmenes secundarios (el primero organiza otra la zona de aulas y el segundo los servicios). En el AMSJ se encuentran 12 escuelas de esta tipología y una cantidad similar ubicadas en las zonas rurales de la Provincia. En las Figuras 1 y 2 se muestra la implantación urbana y la planta general del edificio educativo además de una planimetría y diferentes vistas fotográficas. En la Tabla 1 se detallan variables y parámetros por aspecto; según sus particularidades funcionales, tecnológicas y fundamentalmente morfológicas.

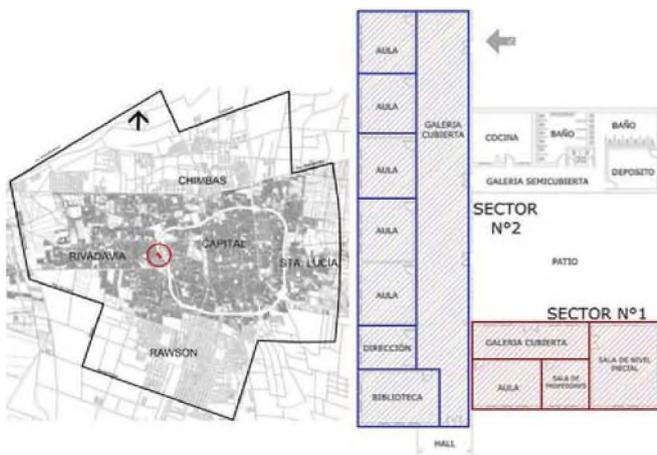


Figura 1: Vista aérea de Escuela Fonseca y fotografías del acceso y patio cívico. Fuente: Fuente: Imagen de Google Earth y tomas personales.

Figura 1: Ubicación del edificio escolar seleccionado dentro del AMSJ y planta con los 2 sectores a analizar

Fuente: Imágenes propias sobre planos digitales; el urbano elaborado por DPDU y la planta de la escuela provista por CeNIE.

ASPECTO FUNCIONAL		
SUPERFICIE	Cubierta	980 m ²
	Semicubierta (al 100%)	68 m ²
	Total	1013 m ²
SUP. DEL TERRENO		12780 m ²
ORIENTACION EDIFICIO		Norte-Sur
ASPECTO MORFOLOGICO		
CONST. VOLUMÉTRICA		Cuerpo Principal de mayor dimension y dos secundarios yuxtapuestos al primero.
COLORES PREDOMINANTES		Amarillo, Pastel y Ocre.
FACTOR DE FORMA		0.61
FAEP (Esteves, et al., 1997)		1.87
COEF. AVENTANAMIENTO		18%

Tabla 1: Variables y parámetros por aspecto tipológico del caso seleccionado.

ASPECTO TECNOLÓGICO			
ELEMENTO		MATERIALIDAD	ESPESOR
MUROS	Interior	Enlucido-Revoque-Ladrillón-Mortero-Ladrillon-Revoque-Enlucido	34 cm.
		Enlucido-Revoque-Ladrillón-Mortero-Revoque-Enlucido	25 cm.
	Exterior	Enlucido-Revoque-Ladrillón-Mortero-Ladrillon-Revoque-Enlucido	34 cm.
CUBIERTA	Cielorraso	Estructura de madera suspendida con cielorraso de yeso aplicado	80 cm.
	Estructura	Tirantes de madera	
	Terminación	Teja Colonial	
SOLADO	Interior	Mosaico Granítico	3 cm.
	Exterior	Losetas de Hormigón	5 cm.
CARPINTERIA		Madera - Vidrio Simple	-
ASPECTO AMBIENTAL			
ENTORNO		Zona urbana de carácter Residencial - Viviendas de mediana y baja altura.	
VEGETACIÓN		Abundante y de gran tamaño- Pinos, Palmeras, Moras y Paraísos.	
ILUMINACIÓN		Aulas y apoyatura escolar: NORTE / Cuerpos Secundarios: OESTE	
VENTILACIÓN		Aulas: CRUZADA N-S. / Cuerpos Secundarios: CRUZADA E-O.	
ACONDICION.	Refrigeración	Ventiladores de Techo y Aire Acondicionado tipo split.	
	Calefacción	Pantalla a gas natural.	
STMA. OSCURECIMIENTO.		En el interior mediante cortinas y persiana americana.	

Fuente: Michaux C., 2014.

Metodología:

La evaluación termo-energética del edificio escolar se realizó utilizando "SIMEDIF", un programa para diseño y simulación del comportamiento térmico y energético de edificios con acondicionamiento natural y artificial, desarrollado en el INENCO (Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional). SIMEDIF permite modelar el desempeño de edificios de uno o varios locales bajo determinadas variaciones climáticas y detectar problemas de falta de confort, ya sea debido a sobrecalentamiento o exceso de frío (Flores Larsen y Lesino, 2001). Para su aplicación, se seleccionan dos sectores, que se indican en la Figura 1. A fin de lograr una óptima legibilidad y orden, se codifican con letras tanto los edificios como sus espacios y elementos componentes. Así, se adopta E para la escuela a simular (en este caso la E1), S para los sectores que forman parte de la escuela, L para los diferentes locales que agrupados constituyen un sector, M para los muros de cada local, T para la cubierta de techo, y V o D para las aberturas existentes, según sean ventana o puerta respectivamente. Utilizando estos criterios de codificación, se estructura en tablas la información que

es necesario introducir al programa, los datos requeridos. Se simula el comportamiento térmico en invierno por un período de 5 días, comprendido entre el 30 de Junio al 4 de Julio, teniendo en cuenta que se deberá descartar la simulación del primer y el del último día, que son utilizados por el programa para entrar en régimen de funcionamiento térmico edificio, y para salir de él, con lo cual solo se considerarán en el análisis de resultados los correspondientes a los días 1, 2, y 3 de Julio.

Se adopta como procedimiento correr SIMEDIF para el edificio primero sin calefacción auxiliar, y luego con sistema de calefacción, cuyo termostato se fija en 18°C, a fin de comparar su desempeño térmico en ambas situaciones y obtener el consumo energético asociado al nivel de confort estipulado. Este dato es alcanzado en unidades calóricas (MJ) y debido a que la simulación se realiza en período invernal, se transforma a m³ de gas el valor correspondiente al horario más desfavorable (8:00 pm) a fin de obtener el consumo de fluido respectivo en cada local analizado, considerando que 1000 m³ de gas corresponden a 37300 MJ. En base a los resultados que se obtienen, se selecciona el Sector

que muestra la simulación más desfavorable y que presenta mayores desajustes, y para él se proponen mejoras y pautas bioclimáticas que optimicen las características térmicas de los elementos en la envolvente, en busca de un mayor confort y ahorro energético. Para ello se respetan las recomendaciones que estipulan la Norma IRAM 11603 (2012) para la Zona IIIa (Templada Cálida; Subzona Seca). Mediante el programa K-G-MOD (Blasco Lucas, 2013), se aplican los procedimientos de la serie 11600 de las Normas IRAM para calcular la Transmitancia Térmica K de los componentes constructivos y el Coeficiente Volumétrico de Pérdidas de Calor G del sector seleccionado en su estado actual, y con las mejoras propuestas, a través de las cuales se busca cumplir con los valores admisibles. El sector se vuelve a simular con las modificaciones introducidas, con objeto de comprobar el efecto en las temperaturas interiores y en el consumo energético.

Sectores analizados:

A continuación, se describen en detalle las plantas y cortes de los sectores analizados. En las Figuras 3 y 4 se muestran el Sector No1 (S1) y en la Figura 5 el Sector No2 (S2).

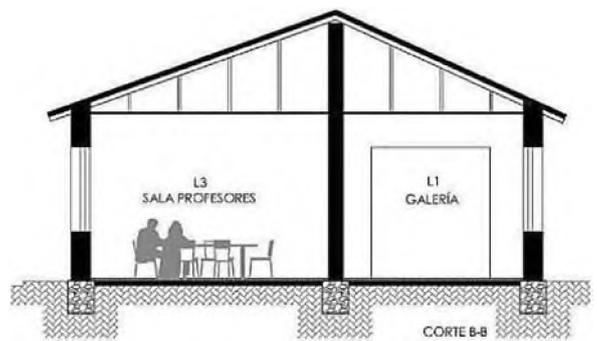


Figura 4: Corte B-B de S1.
Fuente: Imagen de elaboración propia.

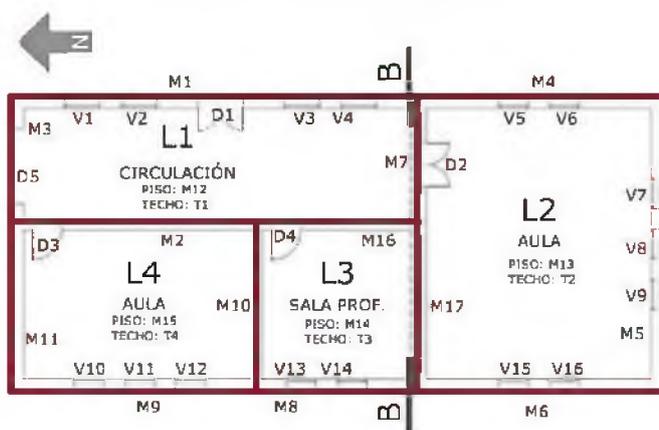


Figura 3: Planta de S1 con la clasificación de componentes para ingresar sus datos a SIMEDIF y foto de L1.
Fuente: Imagen de elaboración propia y toma personal.

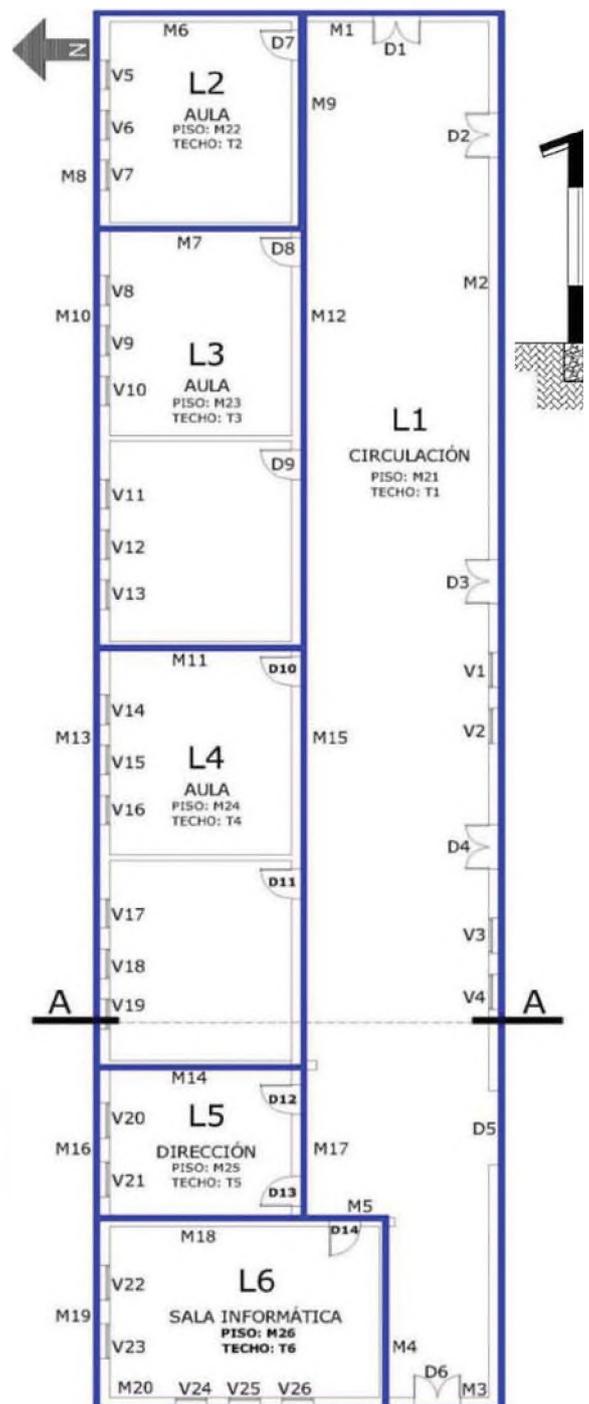


Figura 5: Planta de S2 con la clasificación de componentes para ingresar sus datos a SIMEDIF.

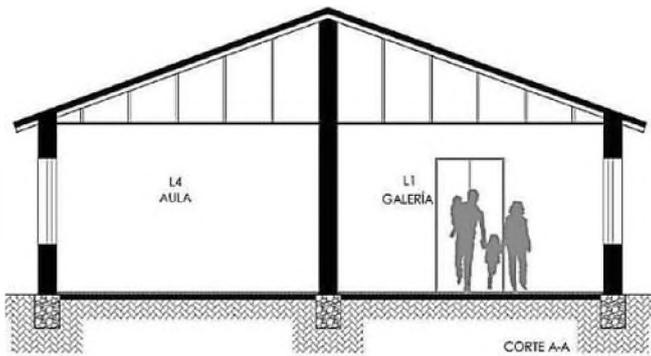


Figura 5: corte A-A y foto de L1 y L2.
Fuente: Imágenes de elaboración propia y tomas personales.

Resultados:

Los resultados diarios de temperatura por local y por día obtenidos mediante la simulación, en el período comprendido entre el 1 y el 3 de julio, para los sectores descriptos, se muestran en las Figuras 6 y 7, y el resumen de los respectivos valores estadísticos en las Tablas 2 y 3. En la Tabla 4 se observan los valores de Carga Diaria (en MJ/W) y la cantidad de gas necesaria en m³ para llegar a la situación de confort el día 2 de julio, en los 2 sectores.

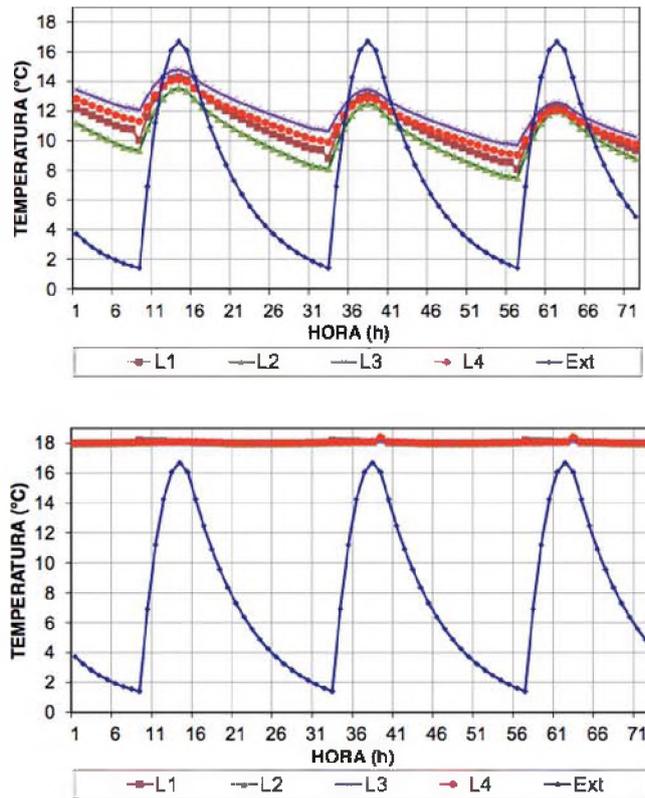


Figura 6: Resultados de SIMEDIF para S1, los días 1,2 y 3 de Julio. Izquierda: sin energía auxiliar. Derecha: con energía auxiliar.
Fuente: gráficos de elaboración propia.

DATOS	L1	L2	L3	L4	Ext
T° máx (°C)	14.27	13.54	14.78	14.11	16.69
T° mín (°C)	8.07	7.5	9.68	9.02	1.40
Amp. Térmica	6.2	6.04	5.1	5.09	15.29
T° Promedio	11.04	10.24	12.00	11.37	7.64
Amortlg. (°C)	-2.42	-3.15	-1.91	-2.58	-

Tabla 2: Valores estadísticos de los resultados de SIMEDIF para el día 1,2 y 3 de Julio, en S1.
Fuente: elaboración propia.

Sin las fuentes de calor auxiliar, las temperaturas interiores de los locales poseen una curva similar a la de la temperatura exterior, solo se diferencian en un menor achatamiento (ya que la amplitud térmica entre el exterior y los locales es de 5.09 °C a 6.2 °C de diferencia). Las temperaturas máximas se obtienen a partir del mediodía (a las 14 hs.) y temperaturas mínimas en horas de la mañana (a las 8 hs.). L3 presenta una curva con un menor achatamiento, ya que la oscilación entre temperatura máxima y mínima es de 5.01 °C, su amplitud térmica es entre un 2% a 24% menor, comparada con los demás locales. En comparación la curva obtenida de L1 presenta una oscilación de 6.2°C, generando una curva mucho más pronunciada.

En S2 las temperaturas máximas se obtienen en horas de la tarde (a las 15 hs.) con 16.21°C para L4 y temperaturas mínimas en horas de la mañana (a las 8 hs.) con

7.79°C para L3. Estas variaciones son producto del tipo y frecuencias de uso del espacio y los aportes de calor sensible propios de los alumnos. L2 y L4 son los locales con la mayor temperatura promedio de todo el S2, (entre 12.45 y 12.80°C), los cuales poseen también las más bajas amortiguación, variando solo 0.32°C entre ellos. La menor amplitud térmica la presenta L4 con 6.09°C, entre un 1% y 23% que el resto de los locales. En S1, L2 requiere mayor energía auxiliar (m3 de gas) para alcanzar la condición de confort que L2, ya que presenta tres caras expuestas al exterior en comparación con el resto de los locales que solo expone una cara y L3 es el local que menos m3 de gas necesita para lograr la temperatura de confort (un 72% menos que L2) ya que sus dimensiones son menores y al ser una sala de profesores, los mismos aportan calor sensible al local. En S2 L5 requiere casi la mitad de energía auxiliar que lo que necesitan L3, L4 y L6, ya que posee dimensiones más pequeñas. En contraposición L1 requiere 19.3 m3 de gas extra para alcanzar la condición de confort.

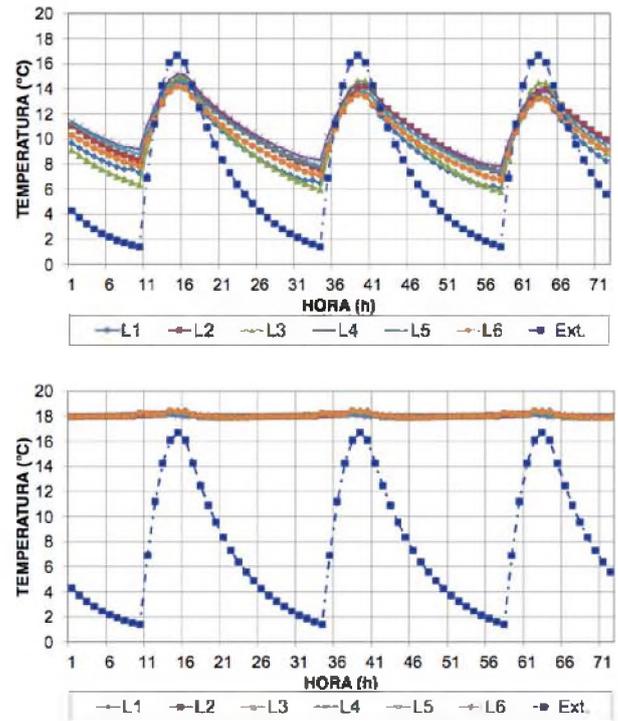


Figura 7: Resultados de SIMEDIF para S2, los días 1,2 y 3 de Julio. Arriba: sin energía auxiliar. Abajo: con energía auxiliar. Fuente:Gráficos de elaboración propia.

DATOS	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Ext
T° máx (°C)	14.68	14.77	14.96	15.16	14.61	14.16	16.69
T° mín (°C)	6.05	7.3	5.78	7.78	7.29	6.72	1.40
Amp. Térmica	8.63	7.47	9.18	7.38	7.32	7.44	15.29
T° Promedio	9.77	10.77	9.91	11.09	10.65	10.14	7.64
Amortig. (°C)	-2.01	-1.92	-1.73	-1.53	-2.08	-2.53	-

Tabla 3: Valores estadísticos de los resultados de SIMEDIF para el día 1,2 y 3 de Julio, en S1. Fuente:Tabla de elaboración propia.

Valor diario (2 de julio)	S1				S2					
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Q (MJ)	210	317	89	165	811	123	216	197	91	191
Gas (m³)	5,6	8,5	2,4	4,4	21,7	3,3	5,8	5,3	2,4	5,1
Total Q (MJ)	781				1629					
Total Gas (m³)	20,94				43,67					

Tabla 4: Carga térmica y consumo energético en los dos Sectores para el día 2 de Julio. Fuente:Tabla de elaboración propia.

Propuesta para reacondicionamiento termo-energético:

Se realiza un diagnóstico de las propiedades térmicas actuales de los componentes constructivos de S2 utilizando el programa KG-MOD (Blasco Lucas, 2013). En la Tabla 5 se puede observar que ninguno cumple con los valores admisibles estipulados por la Norma IRAM 11.605 (1996).

En base a los resultados de la simulación dinámica, los cálculos térmicos estacionarios, se propone mejorar la conformación de los componentes para que cumplan los valores admisibles de una calidad edilicia "C". Es así que se agregan 3cm de aislación de poliestireno expandido en la superficie exterior de los muros de la envolvente de S2. También se aumenta la capacidad aislante térmica de la cubierta colocando 6cm de poliestireno expandido de alta densidad. Con el mismo fin, en las aberturas se reemplaza el vidrio simple existente, por DVH (Doble Vidriado Hermético), además para minimizar infiltraciones de aire se instalan carpinterías de aluminio burleteadas. La Tabla 7 muestra los cálculos realizados con KG- MOD para evaluar la propuesta de mejora constructiva y la respectiva verificación de los Kadm.

E1-S2					
COMPONENTE y MATERIAL	Transmitancia Térmica K	Diferencia K Verano		Diferencia K Invierno	
	[W/m ² ·C]	[W/m ² ·C]	[%]	[W/m ² ·C]	[%]
Muro EF- Exterior	1.87	-0.62	-50	-0.87	-87
Muro EF- Interior 1	1.60	-0.36	-28	-0.60	-60
Muro EF- Interior 2	1.89	-0.64	-51	-0.89	-89
Techo EF	0.80	-0.28	-58	0.03	4
Piso EF	2.19	-2.60	-543	-1.36	-163
Puertas y Ventanas					
Vidrio Ventana	5.75	-4.50	-360	-4.75	-475
Madera Ventana	1.99	-0.74	-56	-0.99	-99

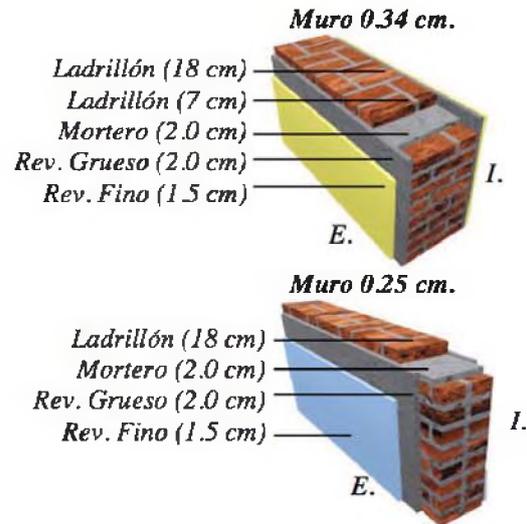


Tabla 5: Envolvente de S2. Características Térmicas actuales de los elementos y de cada componente. Detalles constructivos. Fuente: de elaboración propia.

E1-S2						
COMPONENTE	MATERIAL	Espesor	Resistencia Térmica R	Retardo	Amortiguación	Transm. Térmica K
		[m]	[m ² ·C/W]	[h]	[I]	
MURO EF-EX	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.894	1.87
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.866	
	Ladrillón de Soga	0.180	0.198	2.857	0.473	
	Mortero de Cemento	0.020	0.019	0.550	0.866	
	Ladrillón de Pancerete	0.070	0.077	1.111	0.748	
	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.894	
Muro EF- Exterior	0.340	0.365	6.472	6.607		
MURO EF-INT 1	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.894	1.60
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.866	
	Ladrillón de Soga	0.180	0.198	2.857	0.473	
	Mortero de Cemento	0.020	0.019	0.550	0.866	
	Ladrillón de Pancerete	0.070	0.077	1.111	0.748	
	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.894	
Muro EF- Interior 1	0.340	0.365	6.472	6.607		
MURO EF-INT 2	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.894	1.89
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.866	
	Ladrillón de Soga	0.180	0.198	2.857	0.473	
	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.894	
Muro EF- Interior 2	0.250	0.268	4.811	3.993		
TECHO EF	Teja	0.015	0.019	0.501	0.877	0.80
	Membrana	0.004	0.025	0.216	0.945	
	Aislación	0.025	0.625	0.455	0.888	
	Madera (entablado)	0.050	0.333	2.717	0.491	
	Copa de Aire	0.000	0.081	0.148	0.982	
	Cieloraso suspendido	0.015	0.034	0.532	0.870	
Techo EF	0.609	1.115	4.568	5.033		
PISO EF	Baldosa Granítica	0.020	0.024	0.646	0.639	2.19
	Mortero de Cemento	0.030	0.034	0.854	0.800	
	Contrapeso de H ₂ O	0.100	0.067	2.486	0.522	
Piso EF	0.150	0.124	3.006	2.181		
PUERTAS	Vidrio Puerta	0.003	0.004	0.103	0.673	5.75
	Madera Puerta	0.050	0.333	2.717	0.491	1.99
VENTANAS	Vidrio Ventana	0.003	0.004	0.103	0.673	5.75
	Madera Ventana	0.050	0.333	2.717	0.491	1.99

E1-S2 CON MEJORAS PROPUESTAS							
COMPONENTE	MATERIAL	Espesor	Resistencia Térmica R	Retardo	Amortiguación	Transm. Térmica K	
		[m]	[m ² ·°C/W]	[s]	[-]		
MURO EF-EX	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.694	0.69	
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Polietileno Expandido	0.030	0.906	0.712	0.630		
	Ladrillón de Soga	0.180	0.198	2.857	0.473		
	Mortero de Cemento	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Ladrillón de Panderola	0.070	0.077	1.111	0.748		
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.694		
Muro EF- Exterior	0.370	1.274	7.184	6.437			
MURO EF-INT 1	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.694	0.65	
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Polietileno Expandido	0.030	0.906	0.712	0.630		
	Ladrillón de Soga	0.180	0.198	2.857	0.473		
	Mortero de Cemento	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Ladrillón de Panderola	0.070	0.077	1.111	0.748		
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.694		
Muro EF- Interior 1	0.370	1.274	7.184	6.437			
MURO EF-INT 2	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.694	0.70	
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Polietileno Expandido	0.030	0.906	0.712	0.630		
	Ladrillón de Soga	0.180	0.198	2.857	0.473		
	Revoque Grueso	0.020	0.019	0.550	0.668		
	Revoque Fino	0.015	0.017	0.427	0.694		
	Muro EF- Interior 2	0.280	1.178	5.523	4.823		
	TECHO EF	Teja	0.015	0.018	0.501		0.877
Membrana		0.004	0.025	0.218	0.945		
Polietileno Expandido		0.060	1.714	0.644	0.645		
Aislación		0.025	0.625	0.456	0.688		
Madera (reflexión)		0.050	0.333	2.717	0.491		
Capa de aire		0.500	0.081	0.148	0.982		
Cieloraso suspendido		0.015	0.034	0.532	0.670		
Techo EF		0.669	2.830	5.212	5.878		

E1-S2 CON MEJORAS PROPUESTAS				
COMPONENTE y MATERIAL	Transmitancia Térmica K	Diferencia K Verano	Diferencia K Invierno	
	[W/m ² ·°C]	[W/m ² ·°C]	[%]	[W/m ² ·°C] [%]
Muro EF- Exterior	0.69	0.56	45	0.31 31
Muro EF- Interior 1	0.65	0.60	48	0.35 35
Muro EF- Interior 2	0.70	0.55	44	0.30 30
Techo EF	0.34	0.15	31	0.49 59
Piso EF	1.85	-1.98	-413	-1.02 -123
Puertas y Ventanas				
Vidrio Ventana	5.75	-4.50	-360	-4.75 -475
Madera Ventana	1.99	-0.74	-59	-0.99 -99

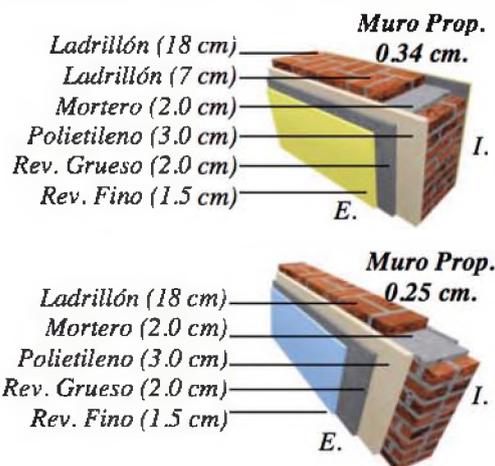


Tabla 6: Envoltente de S2. Características Térmicas de los elementos propuestos. Detalles constructivos. Fuente: de elaboración propia.

Simulación con Mejoras Propuestas:

En la Figura 8 se observa la evolución de temperaturas de la simulación dinámica con SIMEDIF para S2 con las medidas propuestas, y la Tabla 7 muestra los resultados estadísticos. Con las mejoras propuestas se redujo entre un 5% y un 27% la amplitud térmica, lo cual aumenta la estabilidad de la temperatura interior. lo cual aumenta la estabilidad de la temperatura interior.

Mediante el cálculo estacionario realizado con KG-MOD la energía de calefacción necesaria para todo el periodo invernal (Qcal) pasó de 17515KWh a 12468KWh, esto significa una disminución de un 29% en energía. Las infiltraciones en muros disminuyeron de un 60% a 63%, en la cubierta un 58% y en pisos un 16%. Se redujo en un 31% el coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (Gcal) de 1.15 a 0.82 W/m³ °C siendo el admisible de 1.23 W/m³ °C. En los locales la carga diaria disminuyó entre un 12% (para L3) y 34% (para L5) implicando un ahorro de 365MJ, es decir, 10.1m³ de gas para todo S2. El mayor ahorro se obtuvo en L5 con 31 MJ, seguido por L4 con 48MJ y L2 con 32 MJ.

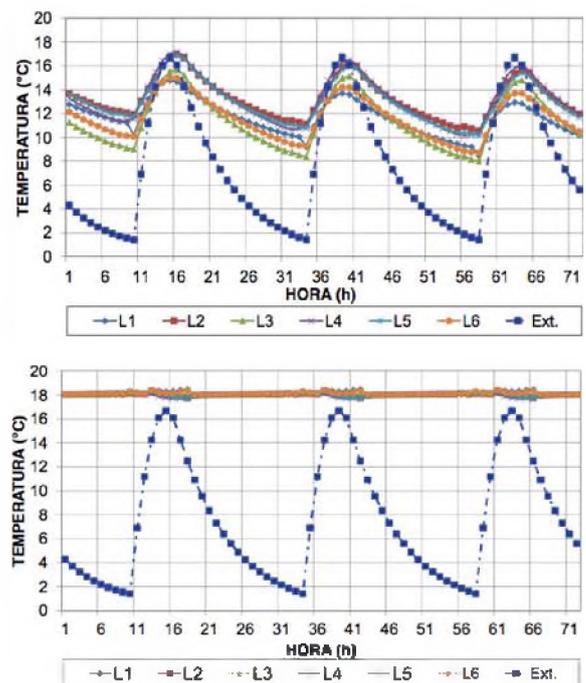


Figura 8: Resultados de SIMEDIF para S2 con las mejoras propuestas, para los días 1, 2 y 3 de Julio. Arriba: sin energía auxiliar. Abajo: con energía auxiliar. Fuente: de elaboración propia.

DATOS	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Ext
T° máx (°C)	14.78	16.95	15.69	17.16	16.86	15.01	16.69
T° mín (°C)	8.47	10.55	7.99	10.16	10.16	8.71	1.40
Ampl. Térmica	6.31	6.4	7.7	7	6.7	6.3	15.29
T° Promedio	11.68	13.27	11.40	13.19	13.04	11.63	7.64
Amortig. (°C)	-1.91	0.26	-1	0.47	0.17	-1.68	-

Tabla 7: Valores estadísticos de los resultados de SIMEDIF sin energía auxiliar para los días 1, 2 y 3 de Julio, en S1 con mejoras propuestas. Fuente: de elaboración propia.

Conclusiones:

La investigación ha permitido manifestar la necesidad e importancia de mejorar la calidad térmico-energética de las envoltentes en edificios escolares existentes, a fin de adecuarlas a la normativa vigente. El presente trabajo ha cuantificado los datos de la tipología seleccionada, habiendo evaluado una propuesta constructiva factible de ser implementada.

El procedimiento implementado utilizando programas

de simulación térmica y cálculos estacionarios para el reacondicionamiento de edificios educativos existentes, constituye un aporte metodológico específico. El modo de efectuar la reducción del estudio a sectores característicos basados en las configuraciones morfológico-funcionales resulta apropiado para facilitar y hacer más eficaz el trabajo.

Los resultados obtenidos justifican ampliar el universo de estudio a otras tipologías escolares para pautar y sistematizar la valoración termo-energética planteando propuestas superadoras

que impliquen no solo un ahorro energético significativo, sino que sean beneficiosas para el mejoramiento de las condiciones de confort en los establecimientos educativos, sin involucrar grandes costos económicos.

Referencias:

-BLASCO LUCAS, Irene. Potencial de Ahorro Energético en Áreas Residenciales desde un Enfoque Bioclimático. FAUD-UNSJ, 2006.

-BLASCO LUCAS, Irene. Método KG-MOD: Modelo de cálculo de K, G y Q. Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA). FAUD-UNSJ, 2013.

-FILIPPIN, Celina. Comportamiento energético de dos tipologías de edificios escolares en distintas localizaciones geográficas y diferentes entornos. Actas ASADES, 1999.

-FILIPPÍN, Celina. Uso Eficiente de la Energía en Edificios. Edición Amerindia. Santa Rosa, La Pampa, 2005.

-FLORES LARSEN, Silvana, Lesino G., Saravia L. SIMEDIF Versión Beta. Programa de diseño y cálculo del comportamiento térmico de edificios. INENCO-UNSa-CO-NICET. Salta, Argentina, 2002.

-FLORES LARSEN, Silvana, Filippín C., Lesino G. Monitoreo y simulación del comportamiento térmico de una escuela rural en Algarrobo del Águila, La Pampa. Revista AVERMA, 2004. Vol.8, p.05-139.

-GONZALO, Guillermo, Quiñones C., Llabra V., Márquez G. Evaluación del comportamiento térmico y propuestas de mejoras para una Escuela en Hualinchay, Tucumán. Actas ASADES, 2007.

-GONZALO, Guillermo. Manual de arquitectura bioclimática. Editorial Nobuko, 2003.

-IRAM Serie de Normas 11.600. Acondicionamiento térmico de edificios. Instituto Argentino de Normalización. Argentina, 1996-2012.

-LEDESMA, Sara, Nota V., Gonzalo G., Cisterna S., Quiñones G., Márquez G., Llabra C., Boldrini P., Roldán

S. Estudios ambientales en aulas de escuelas públicas en San Miguel de Tucumán. Actas ASADES, 2003. Vol. 7, No 1.

-MICHAUX, Celina. Caracterización tipológica de edificios escolares en el área metropolitana de la ciudad de San Juan. Actas del 3º Encuentro de Jóvenes Investigadores. Secretaría de Ciencia y Técnica del Gobierno de San Juan, 2014.

-PAPPARELLI, Alberto, Cúnsulo M., Kurbán A., Montilla E., Ortega A., Ripoll V. Evaluación térmica de escuela de educación especial en zona árida. Actas ASADES, 2008. Vol. 12.

-RÉ, Guillermina, Blasco Lucas I., Filippín C. Comportamiento higrotérmico y energético en período estival de un edificio escolar típico en la ciudad de San Juan, Argentina. Actas del "I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable". La Plata, Argentina, 2016. pp. 221-232.

-SAN JUAN, Gustavo, Hoses S., Gonzalez D. Sensibilidad de variables edilicias y energéticas de tipologías edilicias escolares en dos situaciones regionales de nuestro país. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2000 a. Vol.4, Art.07-29.

-SAN JUAN, Gustavo, Hoses S., Gonzalez D., Piñeyro J. Evaluación energética e incidencia de mejoras tecnológicas en tipologías escolares bonaerenses. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 2000 b. Vol.4, Art. 05-83