

Análisis de condiciones ambiental en nuevas escuelas de clima cálido-húmedo, Tucumán, Argentina

Environmental conditions analysis in new schools in hot and humid climate, Tucumán, Argentina

Sandra Gabriela Marquez Vega y Cecilia Fernanda Martinez

Centro de Estudios Energía, Hábitat y Arquitectura Sustentable, Institut de Acondicionamiento Ambiental, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

sgmarquezvega@herrera.unt.edu.ar

cmartinez@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

El trabajo analiza las condiciones ambientales en los espacios áulicos de escuelas públicas de la provincia de Tucumán, Argentina, construidas en el período 2003-2015. Se estudia el edificio prototípico, 2500 m² promedio, verificando su adecuación a las estrategias bioclimáticas para la zona, evaluando el comportamiento térmico de la envolvente, determinando los valores de transmitancia térmica de cerramientos opacos, carpinterías y cubierta. Se proponen modificaciones al diseño morfológico-funcional y modificaciones en la materialidad de la envolvente, logrando mejoras en el comportamiento de entre 57% y 68%. Las modificaciones propuestas a la tipología edilicia, que se repite en el 77% de las escuelas de nivel intermedio, contribuyen a mejorar las condiciones ambientales en estos edificios que no cuentan con sistemas de climatización, mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje y aportando a la reducción del gasto y contaminación en funcionamiento si se implementara el acondicionamiento artificial.

ABSTRACT

The objective of the work is to analyze the environmental conditions in the classroom spaces of public schools built in the period 2003-2015. The prototypical building, used in 92% of intermediate level schools, is analyzed, verifying its suitability to the bioclimatic strategies and the thermal behavior of the outer envelope is evaluated, determining the thermal transmittance values of opaque closings of carpentry. Based on the results, modifications are proposed in terms of morphological, spatial and functional design, improving adaptation to passive design strategies and modifications in the materials of the outer envelope, achieving improvements in thermal behavior of between 57% and 68%. The proposed modifications will have an impact on the area of public construction considering the amount of square meters that are built for school functions, helping to improve the environmental conditions in these buildings, which do not have air conditioning systems.

PALABRAS CLAVE: Espacio aulico, Diagnóstico ambiental, Arquitectura bioambiental.

KEY WORDS: Schools, Environmental analysis, Enviromental architecture.

FECHA DE RECEPCIÓN: 31/3/2021 | **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 25/5/2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0174984>

INTRODUCCIÓN

Al hablar de educación, es vital la influencia de las condiciones de habitabilidad de los espacios áulicos. Diversos estudios relacionan el confort y los resultados académicos de los alumnos, siendo las condiciones interiores de temperatura, ventilación e iluminación las que tienen beneficios significativos para alcanzar los estándares básicos (Earthman, 2004; Wargocki y Wyon, 2006). La calidad ambiental involucra establecer qué tan propicios son los espacios para generar ambientes con condiciones de bienestar, salud y seguridad para que puedan generarse procesos eficientes de enseñanza–aprendizaje (Hernández Vázquez, 2010).

El período 2003-2015 fue el de mayor construcción de nuevas escuelas públicas en la historia argentina siendo 2370 las escuelas terminadas, de las cuales correspondieron a la provincia de Tucumán 237. De esas escuelas 129 fueron construidas en el Gran San Miguel, área metropolitana conformada por la conurbación de la ciudad Capital y 7 municipios y comunas lindantes, que alberga el 53% de la población de la Provincia, con una densidad de más de 6900 hab./Km². De total de escuelas 67 pertenecen al nivel educativo intermedio y 52 se construyeron respondiendo al mismo proyecto y especificaciones técnicas, con plantas de 2500 m² promedio.

En general, el diseño de edificios para funciones escolares se realiza sin considerar pautas de adecuación ambiental, debido entre otros motivos, a que las normativas existentes no contemplan en profundidad la necesidad de mejorar la calidad de los ambientes a través de tener en cuenta las condicionantes climáticas y de uso. En la Provincia se detecta que son numerosas las escuelas que no brindan las condiciones mínimas de confort (Ledesma et al, 2003).

Casi la totalidad de las escuelas públicas no cuentan con sistemas de climatización. Mediciones realizadas en las escuelas permitieron comprobar que las temperaturas interiores en verano e invierno no alcanzan las condiciones de confort (Ledesma et al, 2016), situación que también se da en los espacios exteriores ya que según encuestas se obtuvo que un 84% de los usuarios siente incomfort por calor en verano debido al excesivo asoleamiento y para el caso de invierno el 63% no se siente confortable, principalmente por las corrientes de aire frío (Quiñones, 2013).

METODOLOGÍA

Se plantea como objetivo evaluar las condiciones ambientales en escuelas públicas realizadas en el último período de construcción, 2003-2015, enmarcado en el Programa de Mejoramiento del Sistema Educativo, desarrollado para incrementar y fortalecer la infraestructura edilicia educacional del País. Se analiza el proyecto prototípico usado en más del 77% de las escuelas de nivel intermedio construidas en el Área Metropolitana, para verificar la aplicación de estrategias de diseño bioclimáticas y el cumplimiento de la normativa técnica, con el objetivo de poder inferir si el mismo se adecua al clima del lugar para favorecer el confort natural de sus ocupantes.

Prototipo edilicio

La planta prototípica consta de dos bloques rectangulares paralelos separados por un patio abierto. De las 52 escuelas, el 92% tiene las aulas comunes orientadas al norte y sur, figura 1. Los bloques se resuelven en dos sectores separados por un patio cubierto. Los locales se ubican en dos tiras paralelas separadas por un pasillo central. Las aulas son de 7m x 7m con aventanamiento en ambos frentes, ventanas principales hacia el frente norte o sur y ventanas secundarias hacia el pasillo, figuras 2 y 3.

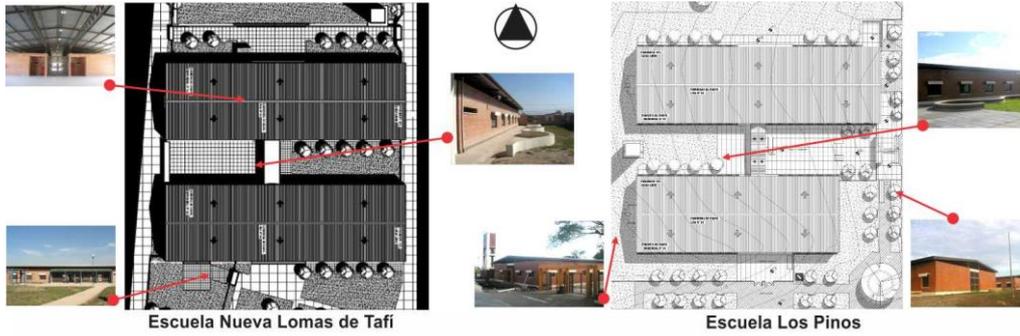


Figura 1: Plantas y vistas de prototipos Fuente: Elaboración propia

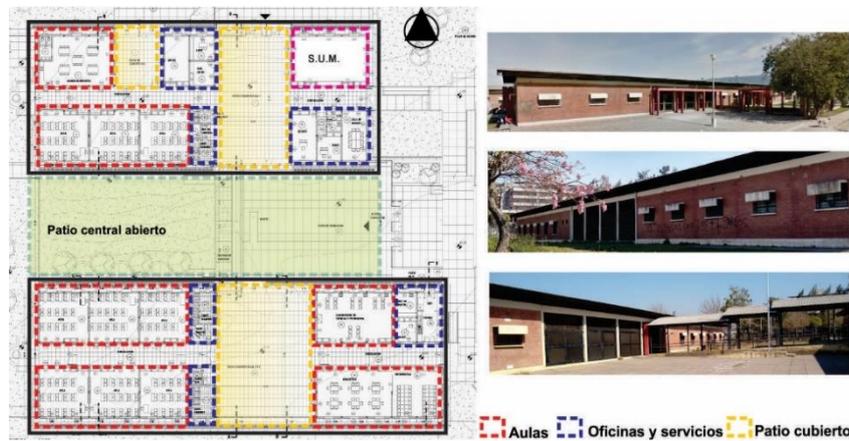


Figura 2: Planta tipo de análisis, con sectores y vistas generales Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Corte general y vistas interiores de escuela tipo Fuente: Elaboración propia

Los muros las cuatro orientaciones se resuelven igual: ladrillo cerámico visto de 0,27 m y revoque interior. La cubierta es de losa de hormigón, carpeta alivianada de 0,12 m, membrana hidrófuga y un sobre techo de chapa. Las carpinterías son metálicas pivotantes con vidrio común 3 mm.

Condiciones climáticas y bioclimáticas

La zona presenta un clima mixto subtropical. Verano cálido-húmedo con temperatura media máxima superior a 32°C y humedad relativa media de 85%, vientos S-SO de baja frecuencia y velocidad. Invierno seco y poco riguroso con temperatura media mínima de 6°C y humedad relativa media de 65%, vientos S-SO de baja frecuencia y velocidad. Invierno y verano el cielo es semicubierto.

En base a los datos climáticos se realizó un análisis bioclimático y a partir de los resultados obtenidos se establecieron estrategias de base para la zona, figura 4.

El ciclo lectivo, período de uso de las escuelas, comprende de marzo a noviembre, de 8:00 a 18:00 horas. Del diagrama de exigencias bioclimáticas se observa que la necesidad de enfriamiento para verano cubre un 31,5%, ya que el período más caluroso corresponde al receso escolar. La necesidad de calefacción para el período invernal cubre un 20% del período en los meses de mayo a setiembre, dado que se produce principalmente en horas de la madrugada y la noche. La situación de confort se presenta en un 48,5% del período escolar.

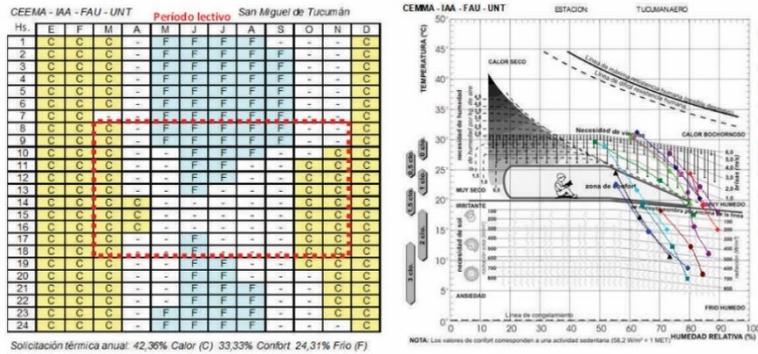


Figura 4: Diagrama Exigencias Bioclimáticas y Gráfica de Olgay

Del análisis bioclimático se puede establecer que el período de verano se presenta como el más solicitante, aunque no se deben descuidar las necesidades invernales. Siendo así, las principales estrategias a cumplir en verano estarán relacionadas con:

- 1- el control de la ganancia de calor a través de la envolvente.
- 2- evitar ingreso de radiación solar directa a través de aberturas.
- 3- lograr ventilación natural, cruzada y/o forzada.

Para invierno será fundamental evitar las pérdidas de calor a través de la envolvente exterior a fin de mantener el calor generado por ganancias internas, ya que por cuestiones de confort visual no se debe permitir el ingreso de radiación solar directa sobre las áreas de trabajo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para las evaluaciones ambientales se toman las aulas por ser los espacios de mayor permanencia y ocupación en relación personas/m². Si bien el estudio total analizó varios aspectos relacionados a las condiciones ambientales, los más destacados y que tienen mayor influencia como factores en el confort interior son: - ventilación; - asoleamiento; -composición material de la envolvente.

Análisis de ventilación y asoleamiento

Se analizó la adecuación y respuesta del prototipo a las estrategias bioclimáticas en cuanto a estas dos condicionantes bioclimáticas que se pueden lograr con el adecuado diseño morfológico y espacial del edificio.

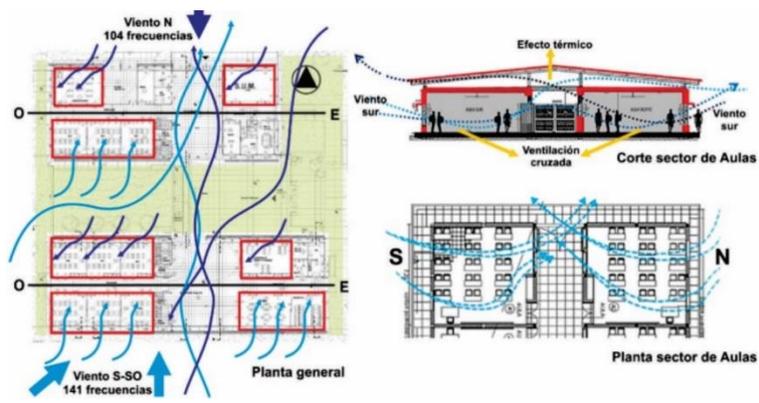


Figura 5: Análisis ventilante del diseño prototípico Fuente: Elaboración propia

Del análisis de ventilación podemos observar, figura 5:

- La planta responde al aprovechamiento de vientos, con la mayor longitud dando a las orientaciones de mayores frecuencias, sur con 141 y norte con 104 (en escala de 1000).
- El esquema de planta abierta permite buena circulación del aire.

- Las aulas organizadas en tiras con dos frentes libres permite tener caras de presión positiva y negativa, generando la posibilidad de entrada y salida de aire.
- La disposición de aventanamientos enfrentados propicia la ventilación cruzada.
- La relación de superficie de aberturas y superficie de piso del 11,6%, verifica el valor mínimo de Norma para ventilación higiénica que es del 5%.

Del análisis de asoleamiento podemos observar que:

- La forma alargada del edificio es adecuada, teniendo las superficies mayores a orientaciones de menor exposición de radiación en verano. Esta forma también permite aprovechar la incidencia de radiación en invierno, pero solo en las aulas al con frente norte. Se disponen al norte locales de servicio, administración y aulas especiales, privilegiándolas por sobre las aulas de uso frecuente.
- El patio descubierto entre bloques tiene un tamaño adecuado para permitir la incidencia de radiación directa sobre el frente norte del bloque ubicado al sur.
- Los desbordes principales están orientados al norte lo que permite aprovechar el sol en invierno, pero están muy expuestos en verano por la falta de sistemas de sombreado, figura 6.
- El tipo de protección solar más utilizado es el alero quebrado, en el 53% de las escuelas. Este se dispone en todas las orientaciones, no adaptándose a las necesidades de sombreado de cada una.
- En ventanas, en el 29% de las escuelas se utiliza un alero horizontal corrido de 0,75 m y en el 18% un alero horizontal individual de solo 0,30 m. La forma y dimensión de los aleros no resultan eficiente para obstruir totalmente el ingreso de radiación directa, por lo cual se utilizan cortinas interiores para resolver el problema de deslumbramiento sobre las áreas de trabajo, figura 6.
- Frentes E y O con nula o escasas aberturas reduciendo la ganancia de calor estival.
- El sobre techo ayuda a disminuir la incidencia solar en verano sobre la cubierta, elemento más expuesto, aportando a reducir la ganancia de calor a través de ella.

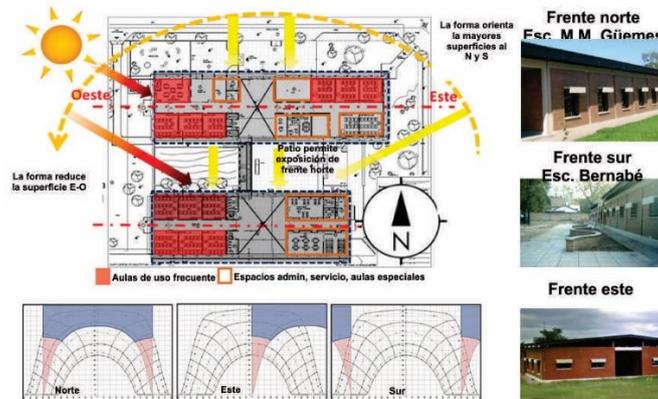


Figura 6: Análisis de asoleamiento Fuente: Elaboración propia

Verificaciones con Normas

Se verificó el cumplimiento de las recomendaciones de *Norma IRAM 11.603* que establece la zonificación bioambiental de la República Argentina, siendo para S. M. de Tucumán la IIb, de clima cálido. Se verificó que solo se cumple adecuadamente con el 33% de las recomendaciones:

- Colores claros en exteriores.* Esta recomendación no se cumple en los muros de ladrillo cerámico visto en su color natural ($\alpha=0,90$). Si se cumple para la cubierta de chapa galvanizada ($\alpha=0,5$).
- Gran aislación térmica en envolvente al este y al oeste.* Esta recomendación no se cumple en el prototipo edilicio ya que ni muros ni cubierta cuentan con aislación térmica.
- Eje mayor, preferentemente orientado este-oeste.* El 92% de las escuelas consideradas si responden a esta pauta de diseño con sus tiras de aulas en un eje E-O.

d) Proteger las superficies de la incidencia de la radiación solar. Para las ventanas, si es posible, no orientarlas al E-O y minimizar su superficie. Se cumple parcialmente ya que las aberturas más importantes se orientan N-S, pero sus protecciones solares son ineficientes. Al oeste no se ubican ventanas y al este solo una o dos, pero con protecciones solares ineficientes. Las superficies opacas E-O no cuentan con sombreado de consideración en la mayoría de los casos analizados.

e) Diseño que permita la ventilación cruzada del edificio. Aprovechar los vientos dominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire. Esta recomendación se cumple en el diseño morfológico del prototipo adecuadamente.

f) En esta zona el invierno reviste limitada importancia, se deja a criterio del proyectista las condiciones de diseño que se deben adoptar. No hubo consideraciones en cuanto a reducir las pérdidas de calor a través de la envolvente ya que ninguno de sus componentes cuenta con una correcta aislación y resistencia térmica.

Verificación de cumplimiento de Normas térmicas

La materialidad de la envolvente tiene una influencia en el comportamiento térmico del edificio, y con ello en el nivel de habitabilidad, costo energético de acondicionamiento artificial, de ser posible disponer del mismo, y asociado con la contaminación generada por uso de energía convencional.

Se verificó el comportamiento térmico de los elementos componentes de la envolvente exterior según lo establecido por Norma IRAM 11601 y Norma IRAM 11605.

Se observa en los resultados obtenidos que para la cubierta se verifica con el nivel C mínimo en verano y para la situación de invierno con nivel recomendado B. En el caso de los muros no se llega a verificar con los valores normados para ningún nivel, tabla 1.

Fuente: Elaboración propia

Cubierta Losa, Carpeta alivianada, Membrana hidrof., Cámara A., Chapa		K máximo Norma IRAM para zona Bio II (temp. mín. diseño -0,20 °C)					
		Nivel C (mínimo)		Nivel B (recomendado)		Nivel A (ecológico)	
K (W/m ² °K)		Ver. 0,72	Inv. 1,00	Ver. 0,45	Inv. 0,83	Ver. 0,18	Inv. 0,32
Verano	0,65	SI	SI	NO	SI	NO	NO
Invierno	0,76	NO	SI	NO	SI	NO	NO

Muro propuesto		K máximo Norma IRAM para zona Bio II (temp. mín. diseño -0,20 °C)					
		Nivel C (mínimo)		Nivel B (recomendado)		Nivel A (ecológico)	
K ver./inv. (W/M ² °K)		Ver. 1,80	Inv. 1,85	Ver. 1,10	Inv. 1,00	Ver. 0,45	Inv. 0,38
K ver./inv. (W/M ² °K)	2,03	NO	NO	NO	NO	NO	NO

* los valores de conductividad térmica de los materiales son los establecidos por Norma IRAM 11601

Tabla 1: Valores de transmitancia térmica de la envolvente prototípica

Para las carpinterías se determinó su aceptabilidad según Norma IRAM 11507-4 para valor de transmitancia térmica media ponderada, de 5,7 a 5,1 W/m²°K, encontrándose que no califican.

A fin de considerar el comportamiento térmico de los muros en una situación más real se verifica el valor de la transmitancia térmica media ponderada (KMP) ya que el cerramiento se compone de superficie opaca y transparente, por lo cual su desempeño energético no puede evaluarse correctamente si solo se considera el componente opaco.

Para la ponderación de superficies se selecciona un sector de tres aulas agrupadas ya que el prototipo de escuela presenta módulos de tres aulas que se repiten en diferentes bloques y orientaciones. El resultado obtenido muestra que el valor medio ponderado de transmitancia no verifica ni siquiera con los valores mínimos de Norma, tabla 2.

Fuente: Elaboración propia

Componentes de la envolvente exterior	Superf. (m ²)	K (W/m ² °K)	K máximo Norma IRAM para zona Bio II Nivel C (mínimo) (W/m ² °K)	
			Verano 1,80	Invierno 1,85
Muro	145,3	2,03	Verano 1,80	Invierno 1,85
Ventana	18,8	5,70		
KMP cerramiento vertical		2,45	NO	NO

Tabla 2: Valores de transmitancia térmica media ponderada para muros del prototipo

Propuestas de mejoras

En base a los resultados obtenidos en los análisis generales y verificaciones de comportamiento térmico se plantean mejoras teniendo en cuenta dos aspectos:

- 1- Diseño morfológico y funcional.
- 2- Control solar
- 3- Materialidad constructiva.

Diseño morfológico y funcional: Considerar las condicionantes climáticas y las estrategias bioclimáticas asociadas son aspecto para considerar en el diseño que no generan costos adicionales de construcción.

Se propone una modificación en la organización de los espacios en la planta prototipo ubicando los bloques de aulas principales hacia el norte y las aulas especiales hacia el sur. El sector administrativo, que en general suele contar con sistemas de climatización se ubica hacia el sur, figura 7.



Figura 7: Planta prototípica con modificaciones de distribución propuesta Fuente: Elaboración propia

Control solar: El asoleamiento que reciba un edificio en período estival se puede controlar con sistemas simples a través de disposiciones arquitectónicas y con uso de vegetación.

Para resolver los problemas de incidencia solar directa sobre las aberturas se plantea el uso de una protección exterior más eficiente ya verificada en otros trabajos (Cisterna, Martinez, Márquez

Vega, 2019), con la premisa de obstruir el ingreso de radiación directa durante todo el período de marzo a noviembre de 8:00 a 17:00 horas.

Para las ventanas orientadas al norte se plantea una protección de elementos horizontales repartidos que obstruyen la radiación y a la vez mejoran la distribución de iluminación funcionando como bandejas de luz. Para complementar la mejora de iluminación natural en las zonas más alejadas de las ventanas se agrega en la parte superior un aventanamiento corrido tipo ventiluz, figura 8.

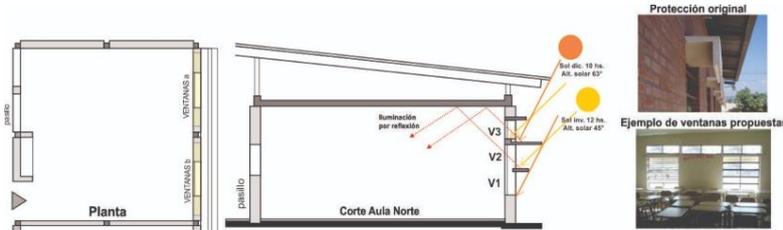


Figura 8: Propuesta de mejora para protección solar orientación norte Fuente: Elaboración propia

Hacia la orientación sur no aparecerían ventanas en el nuevo planteo de distribución ya que todas las aulas tienen su pared sur dando a la circulación interior. Pero en caso de tener aberturas hacia esa orientación, por ejemplo, en oficinas o laboratorio se propone como protección pantallas verticales con alero horizontal superior, que además de obstruir la incidencia de radiación estival brindan, como complemento, protección a las carpinterías contra la incidencia de la lluvia.

Hacia la orientación este se plante no modificar la protección solar y complementarla con el uso de vegetación para sombreado. Hacia la orientación oeste se ubican locales de servicio y en el caso de las aulas no se disponen aberturas en esa orientación.

Para mejorar las condiciones de confort en los espacios exteriores en el período estival, que quedan excesivamente expuestos a la radiación solar, se propone el uso de vegetación la que aporta, además de beneficios bioclimáticos, beneficios psicológicos al generar un entorno más agradable y amigable.

El uso de la vegetación ayuda además a disminuir la temperatura de las superficies exteriores lo que mejora la condición de confort en los patios, los que en su mayoría se diseñan como plazas secas con pavimentos que absorben y almacenan calor durante todo el día. La disminución de la temperatura en las superficies exteriores cercanas al edificio permite también tener la posibilidad de ingresar aire a través de las aberturas a una temperatura menor, figura 9.



Figura 9: Ejemplo de propuestas de uso de vegetación Fuente: Elaboración propia

Se proponen al norte especies de hojas caducas de altura mediana, copa de forma esférica, extendida, abanico u horizontal. Ejemplo: Paraísos, Clicanthus floridus, Heliconia y Cotoneaster. Al este y oeste, especies de hojas caducas, altura mediana o grande, copa de forma extendida u horizontal: Álamos, Fresnos, Magnolia, Heliconia y Cotoneaster. Para la orientación sur pequeños árboles laterales que no obstruyan los vientos dominantes y que bloqueen la radiación solar en las primeras horas de la mañana y últimas horas de la tarde en el período de verano.

También se recomienda disponer de estructuras que pueden estar alejadas del muro 0.50 cm permitiendo la ventilación del paramento con plantas trepadoras como: Glisinas, Madre Selvas, Hiedra, Santa Rita, especialmente en los muros orientados al este y oeste.

Materialidad constructiva de la envolvente: Tomando en cuenta los resultados del análisis de comportamiento térmico de la envolvente y las estrategias de “reducción de ganancias y pérdidas de calor a través de la envolvente”, se plantea la modificación del tipo de cerramiento exterior, muro y cubierta, y de las carpinterías. Las propuestas para mejora de muros y cubierta pueden aplicarse a las nuevas construcciones, pero también para la rehabilitación de las escuelas ya construidas.

En el caso de la cubierta se propone incorporar aislación térmica de 10 cm de poliestireno expandido, de uso común en el medio, y un cielloraso de placa de yeso para generar una cámara de aire de 2 cm. Con esta modificación el coeficiente de transmitancia térmica alcanzado verifica para los niveles B y C en verano e invierno y para el nivel A solo en invierno. En el caso de los muros se propone incorporar aislación térmica de poliestireno expandido 0.025 m y un tabique interior de placas de yeso. Con esto se logra un valor de transmitancia térmica de 0,78 W/m²K, verificando con nivel C y B de transmitancia máxima para verano e invierno, tabla 3.

Fuente: Elaboración propia

Cubierta propuesta		K máximo Norma IRAM para zona Bio II (temp. mín. diseño -0,20 °C)					
		Nivel C (mínimo)		Nivel B (recomendado)		Nivel A (ecológico)	
		Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.
K (W/m ² K)		0,72	1,00	0,45	0,83	0,18	0,32
Verano	0,23	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Invierno	0,24	SI	SI	SI	SI	NO	SI

Muro propuesto		K máximo Norma IRAM para zona Bio II (temp. mín. diseño -0,20 °C)					
		Nivel C (mínimo)		Nivel B (recomendado)		Nivel A (ecológico)	
		Ver.	Inv.	Ver.	Inv.	Ver.	Inv.
K ver./inv. (W/M ² K)		1,80	1,85	1,10	1,00	0,45	0,38
0,78		SI	SI	SI	SI	NO	NO

* los valores de conductividad térmica de los materiales son los establecidos por Norma IRAM 11601

Tabla 3: Valores de transmitancia térmica de la envolvente propuesta

Para las carpinterías se propone el uso de DVH con vidrio común, (3 mm - CA 6 mm – 3 mm), con una transmitancia térmica de 3,20 W/m²K, calificando en categoría K5 de aislación térmica.

Con los valores de transmitancia térmica de la envolvente exterior propuesta para muros y carpinterías se logra que el valor medio ponderado del cerramiento vertical verifique con el valor máximo admisible para Nivel C, e incluso para el nivel B en condición de invierno, tabla 4.

Fuente Elaboración propia

Componentes de la envolvente exterior	Superf. (m ²)	K (W/m ² K)	K máximo Norma IRAM zona Bio II (W/m ² K)			
			Nivel C (mínimo)		Nivel B (recomendado)	
			Verano	Invierno	Verano	Invierno
Muro	145,3	0,78				
Ventana	18,8	3,20	1,80	1,85	1,10	1,00
KMP cerramiento vertical		1,05	SI	SI	SI	NO

Tabla 4: Valores de transmitancia térmica media ponderada para componentes modificados

CONCLUSIONES

En un contexto sociopolítico y económico en el cual no es factible pensar en proveer de acondicionamiento artificial a las escuelas pública, es fundamental que los edificios logren las condiciones ambientales adecuadas con estrategias pasivas a través de un adecuado diseño morfológico, uso de materiales y diseño de protecciones solares.

Los bajos niveles de confort detectados en las escuelas definen la necesidad de resolver de manera eficiente el diseño en general y de las aulas en especial, sin desconsiderar las condicionantes climáticas. Se puede inferir que el tipo morfológico-constructivo que se viene utilizando para la construcción de nuevas escuelas en la Provincia no logra brindar condiciones aceptables de habitabilidad en las aulas y sus espacios exteriores.

Los análisis y resultados alcanzados permiten establecer líneas de acción para proponer modificaciones tendientes a mejorar el proyecto tipo para construcción de escuelas considerando dos aspectos básicos: I- De diseño, que no implica necesariamente mayores costos de construcción, puesto que se trata de aplicar adecuadamente pautas de diseño en relación a las condicionantes del clima local y II – De materialidad, los que si bien generan un incremento del costo inicial de construcción al mejorar su aislación térmica, se debe ver el mismo como una inversión y no como un gasto, ya que la energía que se ahorra permite amortizar el mayor costo en plazos razonables (Martinez C., 2011). Además, permite proporcionar ambientes sanos, física y psicológicamente, con lo que se eleva el rendimiento y la eficiencia laboral e intelectual de los usuarios y una envolvente exterior energéticamente eficiente también permite retrasar problemas de deterioro que afectan a los cerramientos exteriores, exigiendo menores gastos de mantenimiento, aspecto de gran relevancia en edificios de gestión públicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Cisterna, M. S.; Martinez, C.F.; Márquez Vega S.G. (2019). Eficiencia energética en iluminación y confort en escuelas. Recomendaciones para el uso racional de energía. XVII Jornadas de la Asociación Regional de Economía y Sociedad del NOA. ISBN 978-987-754-021-5.
- Earthman, G. (2004). Prioritization of 31 criteria for school building. *Virginia Polytechnic Institute*. Recuperado de http://www.schoolfunding.info/policy/facilities/ACLUfacilities_report1-04.pdf
- Hernández Vázquez, J.M. (2010). Habitabilidad educativa de las escuelas. Marco de referencia para el diseño de indicadores. *Sinéctica n°35*. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-109X2010000200006
- Ledesma S.; Cisterna M.; Nota V.; Martinez C.; Quiñones G.; Márquez Vega G.; Llabra C.; Gonzalo G.; Mostajo (2016). Sustentabilidad en escuelas de Tucumán. Evaluación ambiental y propuestas de optimización. *ResearchGate Conference Paper*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/311206199>
- Ledesma S.; Cisterna M.; Nota V.; Martinez C.; Quiñones G.; Márquez Vega G.; Llabra C.; Gonzalo G.; Mostajo; Ramos M.; Villa C. (2016). Caracterización del sector edilicio educativo de nivel primario de la provincia de Tucumán y evaluación de consumos energéticos en casos de estudio. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 20. Recuperado de <http://asades.org.ar/biblioteca-revista-averma/>
- Martinez, C. F. (2011). Conveniencia del uso de aislaciones térmicas en la envolvente exterior de edificios desde el punto de vista de la habitabilidad. Actas del IV Congreso CRETA. Facultad de Arquitectura, UNNE. Resistencia, Argentina.
- Quiñones, G. (2013). Influencia de la Vegetación en el Comportamiento Bioclimático de Aulas de Escuelas en San Miguel de Tucumán. Tesis de Maestría. Fac. de Arquitectura, UNT.
- Wargocki, P.; Wyon, D. P. (2006). Research report on effects of HVAC on student performance. *ASHRAE Journal*, Vol. 48, n° 10. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/147242>