

# MEJORAMIENTO TÉRMICO-LUMÍNICO-ENERGÉTICO DE ESTABLECIMIENTOS ESCOLARES DE NIVEL INICIAL EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BS AS, ARGENTINA

Graciela Viegas – gachiviegas@yahoo.com.ar

María Laura Garganta – lauragarganta@gmail.com

Gustavo San Juan – gustavosnajuan60@hotmail.com

Instituto de Políticas del Ambiente Construido. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata.

**Resumen:** *El presente trabajo desarrolla una experiencia realizada en conjunto entre los profesionales de la producción oficial de edificios escolares y un grupo de investigación dedicado al tema hábitat-energía y medio ambiente. Se analizan las etapas de pre-diseño, simulación térmico-lumínica y auditoría higro-térmica y energética de un establecimiento escolar de nivel Inicial diseñado bajo criterios de conciencia ambiental, localizado en un medio periurbano de la ciudad de La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. Durante el pre-diseño, en función de variantes de localización y orientación, se concluyó que como alternativa a la orientación solar norte en aulas (no existente en la trama urbana de la ciudad) la noreste es más beneficiosa que la noroeste. Por otro lado, el aula con localización interna del bloque, presentó entre 1,6 y 3,7 °C más que las dos aulas externas del mismo. Finalmente en el análisis de iluminancia se obtuvieron niveles de iluminación y coeficientes de luz diurna (para días nublados), que en la mayoría del día no superaron a los mínimos establecidos por la Norma IRAM-AADL J20-02. Durante la auditoría se observó que la diferencia entre aulas internas y externas fue como máximo de 1°C, mayor en las primeras, durante los días sin aporte energético y con ocupación. Las temperaturas alcanzadas en las aulas en septiembre sin energía auxiliar se encontraron dentro de los niveles de confort térmico. Con energía auxiliar, consumiendo gas natural de 0,075 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día, se alcanzaron temperaturas promedio máximas de 20°C. Con respecto a la iluminación natural, se observó que la iluminancia y el coeficiente de luz diurna durante día nublado, alcanzaron los mínimos establecidos, y se encontraron en muy buenos niveles durante un día soleado de septiembre.*

**Palabras clave:** *Arquitectura escolar, Diseño con conciencia ambiental, Simulación y auditoría ambiental*

## 1. INTRODUCCIÓN

La educación se ha convertido en factor clave para el desarrollo de los países y es cada vez más imperiosa la necesidad de transformar no sólo la estructura curricular sino las formas organizacionales, de planificación y gestión de todas las actividades. Asimismo la brecha entre la oferta y la demanda respecto a edificios escolares es grande y no puede ser solucionada sólo por el aumento cuantitativo. Una de las soluciones es el mejoramiento cualitativo del parque existente, según los recursos técnicos, económicos y sociales, con los que se cuenta (San Juan, 2008).

Entendemos que la arquitectura escolar debe responder a dos aspectos fundamentales para lograr un ambiente saludable: lograr buenas condiciones de confort y obtener un nivel de eficiencia energética óptimo (tendiente al mínimo consumo, con el máximo de calidad).

Respecto a las condiciones de confort, deben ser coherentes con la actividad a ser realizada, proporcionando un bienestar deseable. Si nos remitimos al ambiente escolar, se considera que la mejor condición del ambiente, redundando en una mejor relación enseñanza-aprendizaje, en la disminución de problemas fisiológicos y en el aumento de la productividad escolar (Niclas y Bailey, 1996). Respecto a la eficiencia energética en edificios escolares (relacionada al uso de los recursos escasos, principalmente los energéticos no renovables), se entiende que los distintos espacios componentes de una escuela (salón de usos múltiples, circulaciones, aulas, administración, etc.) son demandantes de una cierta calidad ambiental, lo que implica demandas energéticas distintas y acciones proyectuales diferentes o similares. Pero la demanda de calidad y energía en el “sector aulas” es la principal (puede llegar al 60% o más del total del edificio). Es por ello que se considera el ámbito de mayor diseño. En consecuencia, realizar estudios en cuanto a la mejora de la calidad térmica del edificio en la etapa proyectual, permite evitar consumos energéticos innecesarios.

En la provincia de Buenos Aires, los edificios escolares son construidos por profesionales de la Dirección Provincial de Infraestructura Escolar (DPIE) y la Unidad Ejecutora Provincial (UEP) de la Dirección General de Cultura y Educación (DGCE). Estos organismos establecen las condiciones necesarias para el mantenimiento de la infraestructura de los edificios educativos a fin de garantizar la habitabilidad de los espacios destinados al desarrollo de la enseñanza, elaborar y coordinar los proyectos de obras de construcción, ampliación, refacción y refuncionalización de los mismos. Asimismo, asisten en la formulación de planes estratégicos que permitan optimizar la *calidad de la oferta educativa* en el área de su responsabilidad.

En este contexto, se torna fundamental la aplicación de criterios de confort y eficiencia energética a partir de incorporar estrategias de mejoramiento térmico-lumínico-energético a edificios escolares en dicha provincia para asegurar la calidad de la oferta educativa.

Como antecedente, profesionales de la DPIE diseñaron y construyeron durante los años 2004-2006 un jardín de infantes emplazado en un terreno urbano en la ciudad de La Plata que incorporó algunas estrategias de diseño ambientalmente conciente de manera cualitativa como: (i) aumento de la ganancia solar por ventanas en aulas y salón de usos múltiples (SUM), (ii) protección de las paredes al sur mediante muebles de guardado a modo de “espacios tapón”; (iii) incorporación de iluminación natural puntual mediante claroboyas; (iv) forestación del entorno de las aulas para evitar sobrecalentamientos y permitir el refrescamiento.

Para verificar el comportamiento del edificio, se realizó una auditoría térmico-energética del mismo. Como resultado se observó que en general el edificio manifestó un correcto comportamiento térmico ( $^{\circ}\text{C}$ ) teniendo en cuenta que el aporte suplementario de energía incidió elevando la temperatura interior, en aproximadamente  $2^{\circ}\text{C}$ . Sin energía auxiliar, la escuela tuvo significativa sensibilidad a la radiación solar, ya que se observaron temperaturas internas superiores a las externas, y una amplitud térmica interior de entre  $2,7^{\circ}\text{C}$  y  $3,1^{\circ}\text{C}$ . El edificio consumió en la última semana de julio  $0,13 \text{ m}^3/\text{m}^2$  de gas natural para calefacción, cocción y calentamiento de agua, con una temperatura promedio interior de  $16,8^{\circ}\text{C}$  en aulas y  $18,4^{\circ}\text{C}$  en el SUM (Viegas, 2010).

A partir de esta experiencia, se inició un proceso de trabajo que planteó incorporar estas estrategias en forma cuantitativa en las etapas de pre-diseño de los edificios que construye la DPIE, para asegurar un mejor desempeño.

El presente trabajo entonces, tiene por objetivo analizar los resultados obtenidos en las diferentes etapas de (a) pre-diseño y simulación térmico-lumínica y (b) auditoría térmico-lumínica y energética de un establecimiento escolar de nivel Inicial, recientemente inaugurado en la ciudad de La Plata, con lo cual verificar las condiciones prediseñadas, establecer (en base al uso del mismo) ajustes a la metodología y proponer futuras medidas a adoptar para mejorar los edificios educativos que construye la DPIE de Buenos Aires.

### 1.1 El caso de estudio: un jardín de infantes en Arturo Seguí, La Plata, Argentina

El jardín de infantes n° 924 se localiza en un medio periurbano de la delegación de Arturo Seguí, perteneciente a la ciudad La Plata, provincia de Buenos Aires (Fig. 1).

Durante la etapa de anteproyecto, la DPIE realizó el diseño arquitectónico (autor: Arq. Silvio Acevedo. Convenio entre la Dirección Provincial de Infraestructura, el IIPAC y el Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental (LAMbDA), ambos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. Período 2009-2011), mientras que el IIPAC realizó el análisis de optimización de las condiciones de confort térmico, iluminación natural interior y control solar, aplicado a los módulos de educación primaria básica de la escuela mencionada. El trabajo desarrollado por el IIPAC en esta etapa, realizado a partir de cálculos teóricos, permitió a los proyectistas tomar las decisiones finales de proyecto.

En concordancia con los estudios mencionados y en función de los estándares existentes para la construcción de escuelas en la provincia, se establecieron las pautas de diseño y características edilicias que se observan en Tab. 1 y 2. El edificio fue inaugurado en julio de 2011, lo que permitió al IIPAC el desarrollo de una auditoría higró-térmica y energética entre los meses de agosto y septiembre de ese año.

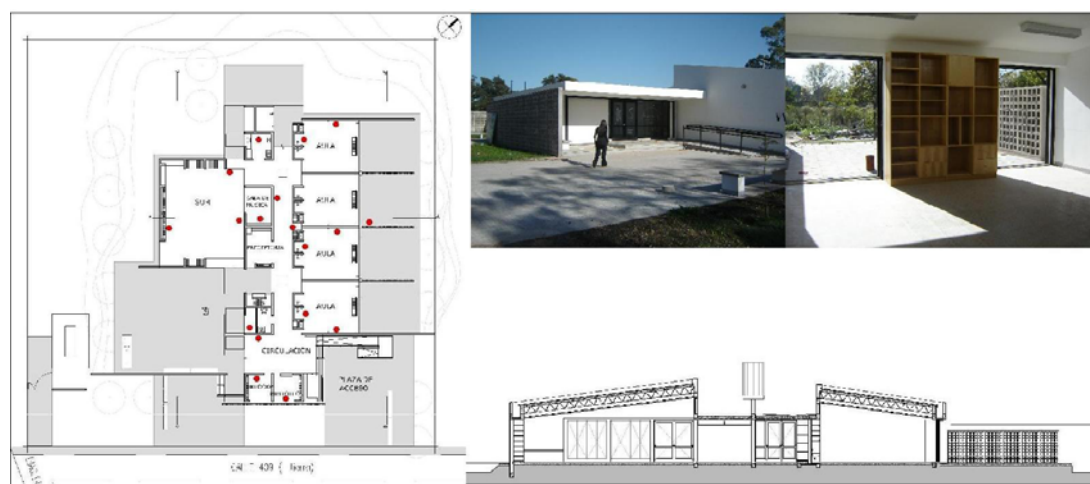


Figura 1- Implantación del edificio, imágenes de acceso y aula, y corte transversal por el salón de usos múltiples (SUM) - circulación - aulas.

Tabla 1. Indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos. Referencias: Ic - Índice de compacidad; FF – Factor de forma; K – transmitancia térmica; G – Coeficiente global de pérdidas.

Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Envolvente (m <sup>2</sup> )	Ic (%)	FF	K pared (W/m <sup>2</sup> °C)	K techo inclinado (W/m <sup>2</sup> °C)	K techo plano (W/m <sup>2</sup> °C)	G (W/°C m <sup>3</sup> )
128,4	572,2	1569,6	978,8	66	0,62	1,84	0,92	3,8	2,06

Tabla 2. Pautas de diseño adoptadas en el edificio.

Ganancia solar	1. Aulas: aventanamiento de aulas orientado al noreste. 2. SUM: aventanamiento superior orientado al noreste.
Protección de bajas temperaturas	3. Circulaciones y SUM al sudoeste para proteger el edificio. 4. SUM: placares de guardado concebidos como espacios "tapón" hacia la orientación sudoeste, sudeste, noroeste.
Protección solar y aislamiento nocturno	5. Aulas y SUM: postigos metálicos. 6. SUM: cortinas en aventanamientos superiores.
Iluminación natural	7. Aulas: uniformemente distribuida a través de ventanas de piso a techo orientadas al noreste y aventanamientos superiores orientados al sudoeste. 8. Salida de aulas, esquinas de aulas, habitáculos de baño, sala de música y circulación: concentrada por claraboyas cenitales. 9. Colores claros en el interior, tanto en pisos, muros y cielorrasos.
Acondicionamiento del entorno	10. Forestación en el patio privado de cada aula para sombrear pisos exteriores y muros en el período estival, y garantizar el refrescamiento interior.
Aislación térmica	11. Cubierta plana: losa hormigón armado 10 cm, aislación térmica de poliestireno expandido, densidad estándar (espesor 3cm); contrapiso (esp. 8cm); concreto con aislación hidrófuga (esp. 2cm) y cielorraso de yeso aplicado. 12. Cubierta inclinada: chapa con estructura metálica, capa de aire de 50 cm de espesor, mínima para evitar condensación de poliestireno expandido (30 mm), comúnmente usada en edificios escolares, y cielorraso de yeso suspendido interior. 13. Muros perimetrales: tecnología tradicional de ladrillo hueco de 18cm revocado en ambas caras, sin aislación (envolvente comúnmente usada en edificios escolares);
Acondicionamiento térmico	14. Calefacción: caldera a gas envasado. 15. Refrescamiento: ventilación por ventanas superiores y de piso a techo en aulas y SUM.
Pisos	16. Granítico gris sobre contrapiso, sin aislación térmica.
Ventanas	17. De chapa doblada pintada negro. Vidrio simple.

## 2. METODOLOGÍA

Se trabajó en dos instancias, durante el pre-diseño a partir de simulación numérica y luego de concretado el edificio se realizó la auditoría. Para realizar el pre-diseño se evaluaron los módulos de aulas a través de modelos de simulación térmica con Design Builder y nivel de iluminación y asoleamiento mediante Relux profesional, según los parámetros de cálculo observados en Tab. 3 y 4 respectivamente.

Tabla 3. Condiciones de simulación adoptadas para simulación en Design Builder.

Zona climática	IIIb Templada cálida (IRAM). 35° lat. sur y 58° Long. oeste
Parámetros climáticos	Estación meteorológica urbana
Nivel de ocupación del módulo aula	25 niños en edad inicial y una persona adulta
Periodo analizado	Período lectivo escolar: de marzo a noviembre, de lunes a viernes
Franja horaria	de 8:00 h a 12:00 h y de 13:00 h a 17:00 h.
Ventilación	Período cercano a equinoccios y solsticio de verano (septiembre, octubre, noviembre, marzo, abril): apertura de ventanas de 10:00 h a 14:00 h y de 15:00 h a 16:00 h. Período cercano al solsticio de invierno (Mayo, Junio, Julio y Agosto): apertura al término de cada turno, de 12:00 h a 13:00 h y 16:00 h a 17:00 h.

Tabla 4. Condiciones de la simulación de iluminación natural.

Días de cálculo	21 de Junio, 21 de Marzo/21 de Septiembre.
Horario de cálculo	8.00 h a 12.00 h y 13.00 h a 17.00 h.
Coeficiente reflexión interno	Paredes: blancas (coeficiente de reflexión: 86 %) Piso: granítico gris (coeficiente de reflexión: 65 %). Cielorraso: blanco (coeficiente de reflexión 80%)
Tipo de cielo	Cubierto tipo CIE, orientación norte
Iluminancia admisible	500 lux (Norma IRAM-AADL J20-02)
Coeficiente de Luz Diurna (CLD)	Mínimo 2% para la situación más desfavorable (Norma Argentina)

La auditoría se basó en el registro de: temperatura (°C), humedad relativa (%), iluminación natural (lux) y radiación solar (W/m<sup>2</sup>). Se utilizaron 22 adquirentes de datos electrónicos no invasivos (Hobos), un solarímetro asociado a estación meteorológica (Davis). Se obtuvieron registros cada 5 minutos, en un período de medición desde el 22 agosto al 12 de septiembre de 2011. Las características del período de medición térmica que se seleccionó para el análisis fueron: del 22-08-2011 al 26-08-2011 (con incorporación energía auxiliar, con ocupación del edificio); del 27-08-2011 al 28-08-2011 (con incorporación energía auxiliar, sin ocupación del edificio); del 09-09-2011 al 12-09-2011 (Sin incorporación energía auxiliar. Con ocupación días 9 y 12 y sin ocupación días 10 y 11).

Se realizó el análisis térmico de todos los locales del edificio, según los tres períodos diferentes detectados.

Por otro lado, se seleccionaron dos días para verificar el comportamiento lumínico de un aula y el SUM, uno con cielo nublado y otro con cielo despejado. Se midió la iluminancia (lux) y se calculó el Coeficiente de Luz Diurno-CLD- (%) en un punto medio del aula para el ciclo diario.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Etapa de pre-diseño (simulación)

En la Fig. 2(a) se verifican las diferencias térmicas en función de la posición del aula (interna y externa) en el bloque con orientación norte, a partir de las temperaturas medias mensuales de cada aula, exterior y diferencia entre ambas aulas. Por otro lado se analizó la posibilidad de modificar la orientación de las aulas respecto del norte, de acuerdo a las orientaciones que permite la trama urbana del caso de estudio: noreste y noroeste. En la Fig. 2(b) se comparan las temperaturas medias mensuales de un aula interna para las tres orientaciones (norte, noreste, noroeste) y el exterior.

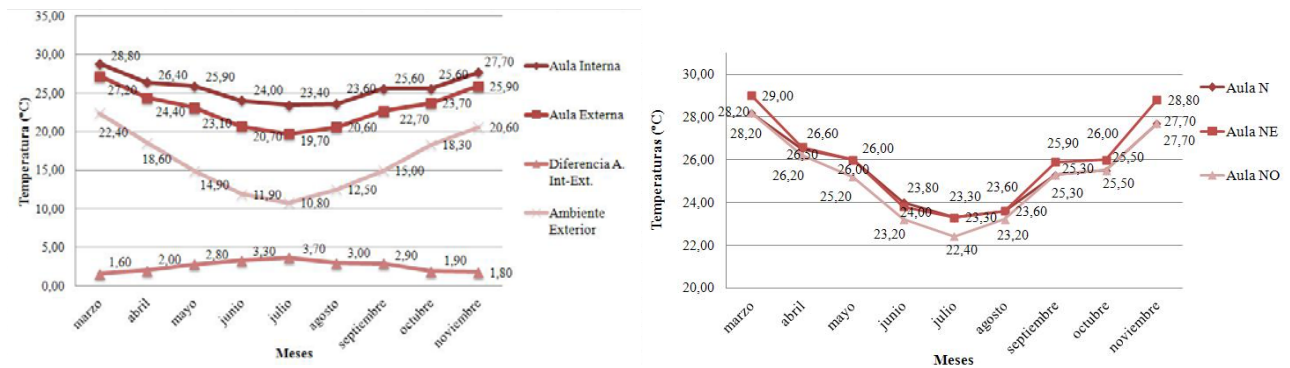
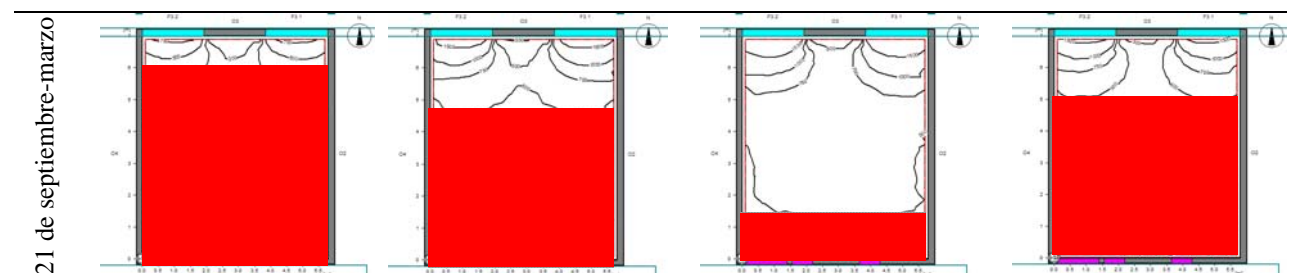


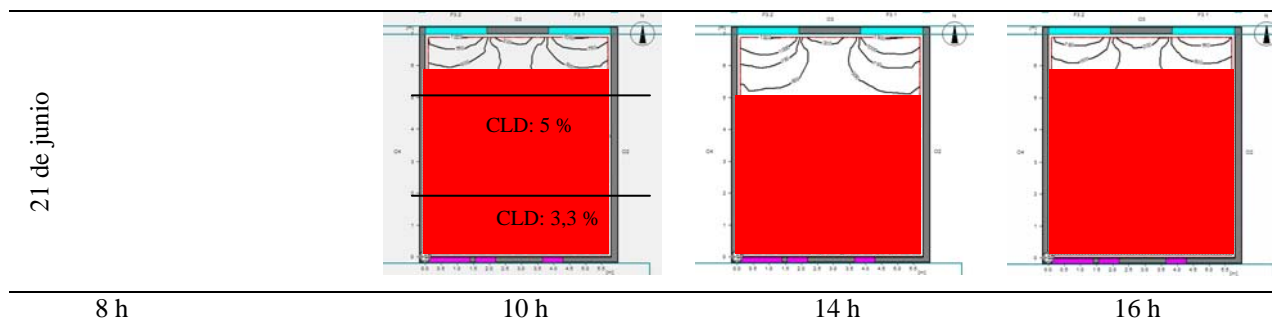
Figura 2- (a) Simulación: diferencias de temperatura entre un aula interna y una externa o que linda con el exterior. (b) Simulación: diferencias de temperaturas según orientación del aula N, NE, NO.

De la Fig. 2(a) se observa que el aula externa presenta diferencias térmicas respecto al aula interna entre 1,6 (marzo) y 3,7 °C en la condición más desfavorable (julio). En la Fig. 2(b) se observa que la variación en la orientación de las aulas plantea dos grandes diferencias. Por un lado, tomando como referencia a la norte óptima, la noroeste es la más desfavorable en los meses fríos y presenta similar comportamiento que la norte en los meses cálidos. En cambio la noreste presentó condiciones similares a la norte en los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto, observándose que los meses de octubre, noviembre y marzo requerirán estrategias para reducir la temperatura interior por sobrecalentamiento.

En la Tab. 5 se observa el resultado de la simulación del nivel lumínico en el aula, para los días 21 de septiembre/marzo y 21 de junio (más desfavorables), en condiciones de cielo nublado o cubierto. Los sectores en rojo son aquellos que no alcanzan los niveles mínimos requeridos por la Norma IRAM-AADL J20-02.

Tabla 5. Simulación: nivel lumínico alcanzado en el módulo aula con orientación norte para situaciones críticas. Cielo Nublado tipo CIE. Lo indicado en rojo es el sector que no supera los niveles de iluminación admisibles.





A partir de la Tab. 5 se concluye que las condiciones lumínicas en el día de invierno no son aceptables. En primavera y otoño son aceptables sólo a las 14 hs. Luego se calculó el coeficiente de luz diurna (CLD) para la condición más desfavorable, el 21 de junio a las 10 hs, con un nivel lumínico exterior de 6000 lux. El CLD en dos sectores del aula supera el nivel mínimo de norma (2%).

Como consecuencia de estos resultados, se propuso verificar la incidencia de modificar la reflectancia en el piso interior (se incorporó piso granítico blanco con una reflectancia del 92%), e incorporar un velo color blanco (reflectancia cercana al 86%) en la superficie de la losa exterior que es contigua a las aberturas cenitales. En la Tab. 6 se observan los resultados obtenidos. Se visualiza un aumento del 21% al cambiar la reflectancia de superficies en piso interior y cubierta exterior, una medida prácticamente de costo cero, que permite por ejemplo, superar el nivel mínimo de iluminancia a las 14 hs.

Tabla 6. Simulación: intensidad lumínica media en las dos opciones propuestas del módulo aula para el 21 de junio.  
Intensidad lumínica media (lux)

	10 hs	14 hs	16 hs
Piso gris/cubierta aluminizada (original)	279	422	254
Piso blanco/cubierta velo blanco (modificada)	354	535	322
<b>Aumento en %</b>	<b>21%</b>	<b>21%</b>	<b>21%</b>

### 3.2 Auditoría térmico-lumínica de la escuela en período lectivo de invierno.

La etapa de auditoría permitió ajustar los aspectos considerados en la etapa de simulación referidos a: (a) el nivel de ocupación; (b) el asoleamiento; (c) las temperaturas exteriores medias; (d) las pautas de construcción del edificio que cambiaron respecto a lo considerado. Específicamente el nivel de ocupación fue de entre 15 y 20 niños como máximo (62 W/alumno, entre 930 y 1240 W/aula), lo que implica entre 40% y 20% menos de aporte térmico por ocupación (25 alumnos, 1550 W/aula) respecto a lo simulado. Los aventanamientos no permanecieron abiertos al 100% en cada aula, sino que en muchos casos el porcentaje de apertura fue del 50%. Se adoptó la orientación noreste para aulas. Respecto a la iluminancia, se mantuvieron los materiales propuestos originalmente para pisos y cubierta en losas exteriores. No se dispone aún de cortinas difusoras ni de vegetación que sombree o proteja de vientos debido al escaso tiempo de uso del edificio.

En la Fig. 3 se observa la secuencia de días medidos, destacándose los tres períodos importantes definidos en el ítem 2.2. En la Tab. 7 se observan las temperaturas promedio durante el período de clases (8 a 18h), obtenidas en todos los locales.

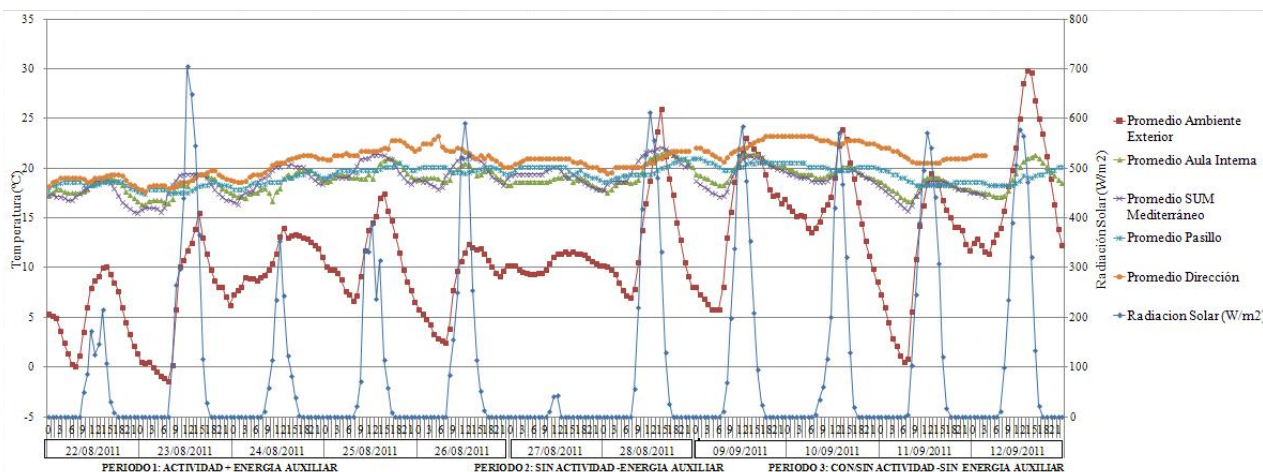


Figura 3- Auditoría: período de medición seleccionado para el análisis, para cuatro locales de referencia (Aula, SUM, Pasillo, Dirección)

La Fig. 3 nos permite observar el comportamiento medio de la escuela. Con temperaturas externas que oscilaron entre -1°C y 30°C, el nivel térmico se mantuvo entre 16°C y 21°C durante el período nocturno y diurno, y supera los 18°C durante el ciclo diurno de uso, con una oscilación promedio de 5°C. En el último período de medición, donde la escuela no incorporó energía auxiliar, se puede observar el buen desempeño de los locales, manteniendo su temperatura con escasa oscilación térmica.

Tabla 7. Auditoría: temperaturas promedio por área funcional para todo el período. Referencias, CV: coeficiente de varianza.

Área funcional		Período de monitoreo					
		22 al 26-8-2011 (con actividad, con caldera)		27 al 28-08-2011 (Sin actividad, con caldera)		09 al 12-9-2011 (con y sin actividad, sin caldera)	
		Promedio °C	CV (%)	Promedio °C	CV (%)	Promedio °C	CV (%)
Aula NE	Externa al sudeste	18,1	6	18,4	5	19,0	6
	Interna	19,0	5	19,7	5	19,6	6
	Externa al noroeste	<b>18,0</b>	<b>6</b>	<b>18,3</b>	<b>6</b>	<b>18,9</b>	<b>8</b>
Pasillo		18,9	4	19,8	1	19,3	5
Dirección		20,3	7,2	20,7	1	21,8	3
Sala de música		18,9	6	20,1	2	19,5	3
SUM SO	Cara suroeste	<b>16,5</b>	<b>8</b>	<b>17,6</b>	<b>4</b>	<b>17,5</b>	<b>6</b>
	Cara noroeste	17,2	10	17,9	9	19,3	10
	mediterráneo	19,8	5	20,5	5	19,2	6
Ambiente exterior		8,3	53	11,9	35	15,1	42
		Max. Promedio W/m <sup>2</sup>		Max. Promedio W/m <sup>2</sup>		Max. Promedio W/m <sup>2</sup>	
Radiación solar s/ sup. horizontal		662,32	-	469,22	-	601,49	-

Cuando analizamos las temperaturas promedio para el período de clase (Tab. 7), observamos que la diferencia de temperatura entre aulas externas e internas es como máximo de 1°C, siendo la más desfavorable el aula que linda con el noroeste. Esta situación podría haber mejorado incorporando aislante térmico en la pared expuesta al viento. La situación de mayor diferencia térmica se observa en el SUM, que presenta variaciones térmicas entre 16,5°C y 19,8°C para un mismo período (3,3 °C), siendo la zona más desfavorable la cara que linda con el suroeste. Esta situación podría mejorarse con protección de vientos mediante vegetación en el exterior.

Por último, la temperatura de las aulas se eleva como mínimo 4,2°C respecto del exterior sin aporte de la caldera y con una media de 15,1°C en el exterior y buena radiación solar.

Para analizar en mayor detalle las zonas de mayor uso de la escuela, que son las aulas y el SUM, se presentan las Fig. 4 (a) (b), que muestran el comportamiento térmico sin incorporación de energía auxiliar, con y sin alumnos.

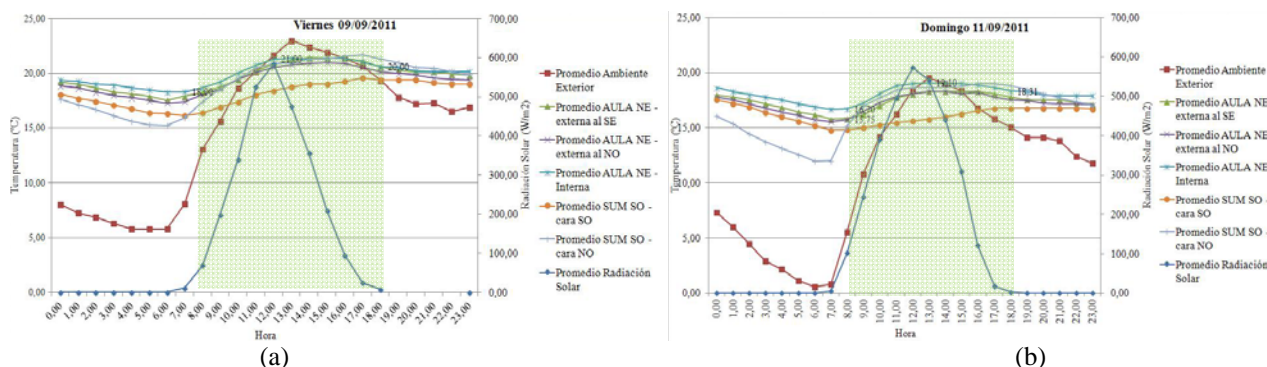


Figura 4- (a) Comportamiento térmico con ganancia térmica por ocupación. (b) Comportamiento térmico sin ganancia por ocupación. Zona grisada: período de uso del establecimiento.

En la Fig. 4(a) se observa que a partir de las 8 hs, cuando se produce el ingreso de alumnos, las tres aulas se encuentran con temperaturas similares (18°C), presentan una máxima de 21°C y a las 18 hs. (salida de los alumnos) se encuentra a 20°C. Las tres aulas presentan comportamientos similares, sin significativas oscilaciones térmicas. En la Fig. 4(b) se observa el comportamiento térmico de un día sin incorporar energía auxiliar y sin presencia de alumnos, en las aulas. La radiación solar es similar, pero las temperaturas mínimas son menores (llegan a 0°C). Se observa que a las 8 hs. la temperatura del aula externa noroeste se encuentra a 15,7 °C, mientras que la interna se encuentra a 16,7°C (1°C más de temperatura). El aula interna llega a una máxima de 19°C y baja hasta 18,3°C a las 18hs. En esta condición (sin aporte calórico por ocupación y con temperaturas menores) la posición de las aulas tiene un importante efecto, como se había estimado en la etapa de pre-diseño. Esto significa que, mejorando la calidad térmica de los muros que lindan con el exterior se podrían obtener mejores condiciones térmicas en los espacios. Es importante entonces notar la sensibilidad ante las condiciones climáticas en el módulo de aulas.

Se observa también que la situación en el SUM presenta diferencias térmicas o estratificación de temperaturas en todo el local. No se logra una temperatura homogénea. Se observan diferencias máximas de casi 4°C para un mismo horario, en diferentes áreas del SUM. Obviamente las caras externas son las que presentan las temperaturas mínimas.

Por otro lado, a pesar de que en el SUM las aberturas se encuentran obstruidas con papel madera para oscurecerlo, las temperaturas se elevan al incidir la radiación en dicho espacio. Principalmente en el sector que se orienta hacia el noroeste.

La escuela se abastece mediante gas a granel. Durante el mes de agosto y algunos días previos y posteriores, se consumieron 63 kg de GLP diarios (equivalente a 49,3 m<sup>3</sup> de gas natural). De acuerdo al consumo teórico de gas natural por funcionamiento de caldera (aprox. 7 hs. diarias) se consumieron 43,2 m<sup>3</sup> diarios, o 0,075 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> construido, con niveles térmicos que superaron los 18°C. Por ejemplo, una escuela solar en Algarrobo del Águila, La Pampa con máximas temperaturas internas de 16°C, consume en la misma época 0,009 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de GN con temperaturas externas promedio y radiación solar máxima, similares (agosto: 7,6 °C; septiembre: 16,7 °C, radiación entre 500 y 700 W/m<sup>2</sup>), teniendo en cuenta los Grados día del lugar (Santa Isabel: 1646°C y la Palta 1178°C) (Filippín y Marek, 2004).

En la Fig. 5(a) se observa el comportamiento lumínico de las aulas y el SUM durante un día con cielo cubierto (nublado) y uno soleado (radiación máxima de 650 W/m<sup>2</sup>). Durante el primer día sólo se contabiliza el aporte lumínico de las ventanas superiores, debido a que los postigos de las ventanas de piso a techo se encuentran cerrados. El sensor se ubica cercano a las paredes. En la Fig. 5(b) se observa el CLD para el Aula NE externa al noroeste en relación a su nivel lumínico interior.

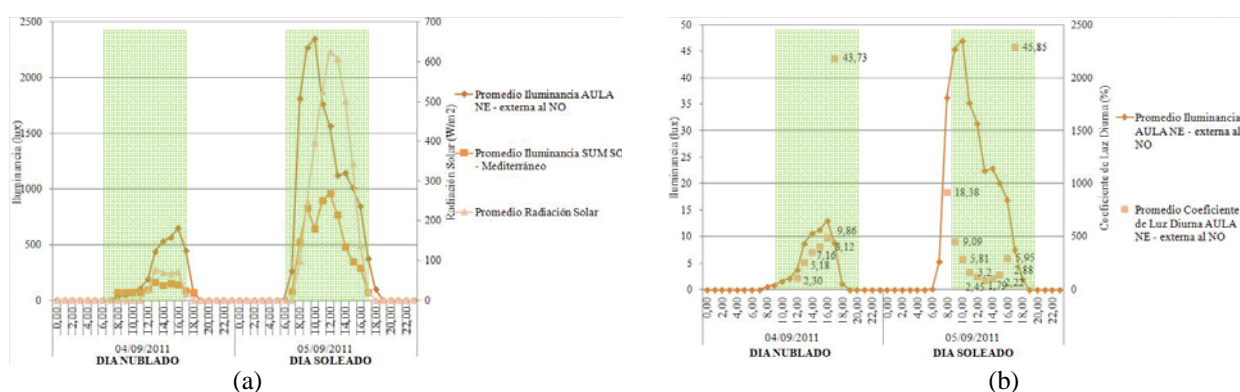


Figura 5- (a)Comportamiento lumínico en día nublado y día soleado. Aclaración: durante el período de uso (día 5/09 con clases) se abren los postigos lo que aumenta considerablemente el nivel lumínico. (b) CLD para un aula. Zona grisada: período de uso del establecimiento.

Los niveles lumínicos alcanzados en las aulas entre las 12 y las 17 hs. superan los 500 lux (mínimo establecido por Norma), no así el resto de las horas que requerirán iluminación convencional. Para el día soleado (ambas aberturas incidiendo) todo el período de clases supera los 500 lux. En el SUM para día nublado, se observan niveles inferiores debido a la presencia de elementos de sombreado en aulas ante el requerimiento de oscurecer el salón. En días soleados entre las 8 y las 14 hs. los valores superan el mínimo admisible. Cabe destacar que los valores no son excesivamente superiores a los mínimos.

Con respecto al CLD se observó que en día nublado, es mayor al mínimo establecido en norma (2%) a partir de las 11 hs. En día soleado, el CLD es significativamente mayor al nivel mínimo establecido por norma, a excepción de las 13 hs. donde la iluminación externa es muy elevada.

#### 4. CONCLUSIONES

El pre-diseño reconoció las óptimas condiciones de la escuela y estableció pautas: (i) condiciones térmicas interiores dentro del nivel de confort (mayores a 18°C) sin incorporar energía auxiliar; (ii) necesidad de aislar las aulas que lindan al exterior; (iii) orientar al noreste como buena alternativa acorde a la trama urbana y apropiada a la época invernal y de equinoccios, planteando la necesidad de proteger las épocas estivales, debido a la incidencia solar de aventanamientos superiores al SO (esto se soluciona con protecciones externas); (iv) mejorar el nivel de iluminación interior modificando algunos parámetros constructivos (pisos y terminación de losa); a partir de esto, aumentar el CLD obtenido en el interior de aulas.

La auditoría invernal permitió corroborar ciertas condiciones y modificar otras: (i) el aporte por ocupación fue significativamente menor al supuesto; (ii) las condiciones climáticas del lugar fueron más rigurosas (mayor incidencia de vientos por implantación suburbana y desprotegida); (iii) se redujo el aporte solar por menor apertura de ventanas en aulas; (iv) las condiciones térmicas interiores diurnas (19,6°C) superaron las temperaturas mínimas de confort sin energía auxiliar, aunque en menor valor absoluto respecto de lo simulado (24°C) debido a lo enunciado en puntos previos; (v) se detectaron diferencias térmicas de 1°C en aulas, significativamente menores a las simuladas (3,9°C) y sólo en días sin ocupación; (vi) el consumo de energía fue de 0,075 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, menor al registrado en la primera escuela diseñada con criterios ambientales en la DPIE (0,13 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).

Si se consideran las diferencias detectadas entre los parámetros de simulación y la realidad, la simulación se considera aceptable. Respecto al pre-diseño, se pudo observar que los parámetros adoptados en algunos casos, redujeron las buenas condiciones del establecimiento en cuanto a la iluminación, y en otros, sobrevaloraron las condiciones

térmicas del edificio. Con estos nuevos parámetros se podrá avanzar en mejores aproximaciones en los futuros edificios a diseñar y construir.

La experiencia permitió profundizar la vinculación que se venía gestando en años previos entre la DPIE y la Universidad. Se logró una correcta interacción entre las partes.

Principalmente se logró mejorar las condiciones de una escuela construida por el Estado en este caso provincial, sin incorporar costos adicionales, a partir del mismo presupuesto inicial, sólo incorporando algunas estrategias de diseño. Estas estrategias podrían mejorarse aún más, según se verificó en la simulación y más tarde en la auditoría. Principalmente en lo que respecta a los aspectos térmicos, no así los lumínicos que se consideran aceptables.

Un aspecto sobresaliente de la experiencia fue la percepción de los usuarios de la escuela, que ante el desconocimiento, hacían un uso inadecuado por ejemplo de la iluminación artificial. La experiencia permitió dar a conocer aspectos que permiten el ahorro de energía cambiando las condiciones de uso. De allí surgió la posibilidad de incorporar un *manual de uso* en la escuela con lo cual mejorar su funcionamiento.

### **Agradecimientos**

Agradecemos la predisposición presentada por las autoridades del Jardín de Infantes N° 924 de Arturo Seguí para el desarrollo de la auditoría térmico-lumínica. Al arquitecto Silvio Acevedo, proyectista del establecimiento, por haber sido gestor de esta interacción, al incorporarla al pre-diseño del edificio, y posteriormente a su plantel de trabajo. A la Arq. Mariana Melchiori por su participación en este proceso durante el pre-diseño del proyecto. Al Sr. Juan Arévalo por su participación en la auditoría térmico-energética y apoyo constante.

### **REFERENCIAS**

- Filippín C., Marek L., 2004. Monitoreo higrotérmico, energético y socio ambiental de una escuela solar en la provincia de La Pampa. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 8, N° 1, pp. 05.109-05.114.
- Flores Larsen S., Filippín C., Lesino G., 2004. Monitoreo y simulación del comportamiento térmico de una escuela rural en Algarrobo del Aguila, La Pampa, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 8, N° 1, pp. 05.139-05. 144.
- Niclas M., Bailey G., 1996. “**Daylity students shoine vrighter**”. SUNWORD, Vol 20, N° 3.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación Norma **IRAM-AADL J20-02**. Iluminación natural en edificios: condiciones generales y requisitos especiales.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación Norma **IRAM N° 11601**. Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación Norma **IRAM N° 11603**. Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación Norma **IRAM N° 11605**. Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximas admisibles de transmitancia térmica K en cerramientos opacos.
- San Juan G., Discoli C., Alvarez L., 2008. Curso de actualización profesional “diseño bioclimático para el espacio físico educativo”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 11, pp. 10.23-10.30.
- Viegas G., 2010. Evaluación del Potencial Energético e Intervenciones de Mejoramiento del Entorno Edificio en Áreas Urbanas de Media y Baja Consolidación: la ciudad de La Plata como caso de estudio. Tesis de Doctorado en Ciencias- Área energías renovables, Universidad Nacional de Salta, Salta.

### **THERMAL, LIGHT AND ENERGY IMPROVEMENT OF AN ELEMENTARY SCHOOL IN THE CITY OF LA PLATA, BS AS, ARGENTINA**

**Abstract:** This paper develops an experience carried out by professionals in the official production of school buildings and a research group devoted to the study of habitat-energy and the environment. The aspects which have been analyzed are the stages of pre-design, thermal-light simulation and hygro-thermal energy audit of an elementary school which has been designed under environmental awareness criteria and which is located in the suburbs of La Plata city, Buenos Aires, Argentina. In the pre-design, according to location and orientation variants, it was concluded that, as an alternative to the northern solar orientation of the classrooms (non-existent in the urban plan of the city), the northeast orientation is more beneficial than the northwest. On the other hand, the internal classroom of the block presented between 1,6 and 3,7 °C more than the two classrooms which are at the outer part of the building. Finally, lighting levels and daylight rates were obtained in the analysis of the luminance (for cloudy days). These did not exceed the minimum established by the IRAM-AADL J20-02 for the most part of the day. During the audit, it was showed that the difference between internal and external classrooms on days without energy input and with occupation was of 1 °C at the most. The temperatures reached in the classroom in September without external energy were within the thermal comfort levels. The average of maximum temperature which was reached with auxiliary energy was that of 20 °C, consuming 0,075 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> per day of natural gas. With regard to natural lighting, it was observed that luminance and daylight rate on a cloudy day reached the minimum values and they were found at very good levels on a sunny day in September.

**Keywords:** Scholar Architecture, Environmental conscious design, Simulation and audit environmental