

## ESCUELA MARCELINO BLANCO. UN EDIFICIO ENERGETICAMENTE EFICIENTE EN EL ESTE DE MENDOZA

Mitchell, J., de Rosa, C., Esteves, A., Pattini, A., Basso, M., Cantón, A., Mesa, A., Fernández, J.C. y Cortegoso, J.L

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)  
Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCHUSA)  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Casilla de Correo 131. (5500) Mendoza, ARGENTINA  
Fax 54 261 4287370.  
e-mail: jmitchel@lab.cricyt.edu.ar

### RESUMEN

Se presenta el proyecto en construcción de la Escuela N° 4-042, Marcelino Blanco, del departamento de La Paz, en la provincia de Mendoza. El proyecto se enmarca dentro de la Operatoria DYMES y fue diseñada con una concepción bioclimática de la arquitectura, optimizando las condiciones interiores de confort termo-lumínico, minimizando los consumos de energía convencional. Las estrategias de diseño utilizadas son: medidas no-tradicionales de conservación de energía, calefacción solar pasiva, ventilación de confort, enfriamiento convectivo nocturno e iluminación natural de espacios. Los espacios principales, Aulas, Talleres y SUM, han sido simulados utilizando SIMEDIF, la temperatura interior se encuentra entre los 20°C y 25° C. El comportamiento lumínico, simulado con LUMEN MICRO para los mismos espacios, los valores medios superaron los 500 lux, registrándose valores menores a 300 lux en simulaciones correspondientes a las primeras horas de la mañana, en los meses de junio y julio para días con cielo cubierto.

### INTRODUCCIÓN

Una reestructuración sustancial del sistema estatal nacional de educación básica se ha implementado en Argentina a partir de 1998. Como consecuencia, ha sido necesario materializar un ambicioso programa edilicio, con el objeto de responder a las nuevas necesidades de espacios y de tecnologías para la educación, ampliando el parque edilicio escolar mediante obras nuevas y mejorando mediante reciclado las construcciones existentes, muchas de ellas en situación de obsolescencia o precariedad. Este importante esfuerzo se está llevando a cabo con fondos del presupuesto nacional y con financiación externa del BIRF. Dentro de este último grupo, la Dirección de Escuelas de la Provincia de Mendoza comisionó al LAHV-INCHUSA, unidad de investigación y desarrollo perteneciente al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la confección de los proyectos de tres edificios escolares de demostración, energéticamente eficientes a construirse en diferentes localizaciones urbanas de la provincia de Mendoza. Las obras se iniciaron en octubre de 1998 y su terminación está programada para agosto de 1999. El trabajo presenta uno de tales proyectos, correspondiente al edificio de la Escuela N° 4-042, "MARCELINO BLANCO", actualmente en construcción en la ciudad de La Paz, en la provincia de Mendoza.

### LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMA

La Paz, asentamiento urbano ubicado en el este de la provincia de Mendoza, a 180 Km de su ciudad capital, en el centro-oeste de Argentina Figura N° 1 a. Latitud: 33,46 S, longitud: 67,55 oeste y altitud: 506 msnm.

El clima característico del lugar de emplazamiento es templado cálido (según la Norma IRAM 11603 corresponde a la zona III a). Existen en verano algunos días rigurosos y días fríos en inviernos con valores medios entre 8°C y 12°C, y la mínima media alcanza valores inferiores a 0°C.

El lugar está sometido a la acción de los vientos secos y cálidos del norte y oeste, y fríos del sur y sudoeste, con bajo porcentaje de nubosidad.

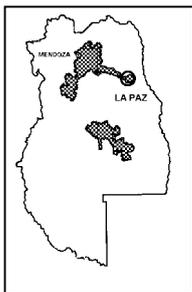


Figura N° 1 a. Mapa de Mendoza

El rasgo fundamental del clima se define por la gran escasez de precipitaciones, alta evapotranspiración, baja humedad atmosférica, alto grado de heliofanía que confiere un recurso solar importante durante la mayor parte del año.

Los datos climáticos relevantes de la localidad son los siguientes: GD de calefacción (base 16°C): 965°C día/año, GD de enfriamiento (base 23°C): 250°C día/año, radiación global horizontal media anual: 18,5 MJ/m<sup>2</sup>, iluminancia exterior horizontal media anual al mediodía solar: **68.530 lux**.

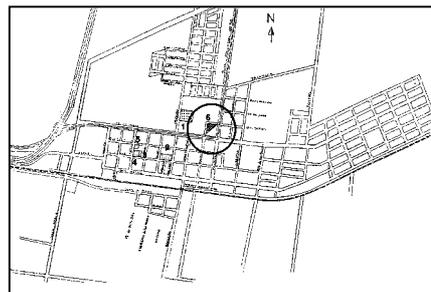


Figura N°1 b. Mapa de la ciudad de La Paz Ubicación del Terreno.

## TERRENO Y PROGRAMA DE NECESIDADES

El terreno de forma triangular, tiene una superficie de 3.961,84 m<sup>2</sup>. Está ubicado en la misma Villa cabecera de La Paz, y aproximadamente a 800 m de su centro Figura N° 1b. El programa de necesidades espaciales está constituido por 6 aulas de 50 m<sup>2</sup> c/u, 4 talleres, (informática, recursos pedagógicos, ciencia y tecnología) de 57 m<sup>2</sup> c/u, salón de usos múltiples (SUM) 240 m<sup>2</sup>, oficinas administrativas 60m<sup>2</sup> y servicios. El área total a construirse es de 1.136,82 m<sup>2</sup>

## DISEÑO Y TECNOLOGÍA

El objetivo fundamental del proyecto es obtener un máximo de confort térmico y lumínico con un consumo mínimo de energía convencional. El partido arquitectónico se estructura según los siguientes criterios:

- ❑ El edificio se desarrolla en un esquema en "U", enmarcando el patio principal de la escuela. El partido resultante queda integrado por una serie de componentes edilicios compactos con desarrollo predominante de fachadas al norte y la posibilidad de asoleamiento pleno a través de ventanas o aberturas superiores por diferencias de techos Figura N° 2.
- ❑ Los componentes edilicios se corresponden con las siguientes áreas: de gobierno, pública y pedagógica.
- ❑ El área pública está conformada por las siguientes unidades funcionales: Hall principal, talleres de Informática y Recursos Pedagógicos y Salón de Usos Múltiples. Éste último con el apoyo de servicio de cocina y depósito y los respectivos sanitarios que le otorgan al área total independencia funcional del resto del edificio, teniendo presente que su uso es extensivo a la comunidad y fuera del horario regular de clases.
- ❑ El área de gobierno la integran: Administración, Dirección, Sala de tutores, Sala de Profesores y sanitarios para docentes, todos vinculados por una circulación cubierta cerrada.
- ❑ El área pedagógica la constituyen: Bloque de seis Aulas, Taller de Ciencias, Taller de Tecnología y sanitarios para alumnos que incluye uno para discapacitado y cancha de Deportes.
- ❑ El esquema prevé el crecimiento futuro de dos aulas y dos talleres de idénticas dimensiones a los proyectados. Se consideró en el dimensionamiento de sanitarios y el patio de alumnos, las futuras ampliaciones.
- ❑ Los diferentes bloques que componen el edificio se vinculan funcionalmente a través de dos espaldas de circulación abierta en el sentido E-O y N-S y que al mismo tiempo canaliza los ingresos y egresos de alumnos en forma independiente. Este conector principal que vincula a cubierto los distintos sectores, es una galería metálica liviana.
- ❑ Se plantearon distintos accesos diferenciales al edificio:
  - El principal, sobre el costado noroeste que permite el acceso al área pública y de uso comunitario. El uso de alumnos se plantea como acceso y egreso circunstancial.
  - El secundario, en el costado oeste entre el área de gobierno y la pedagógica, se plantea como de uso por los alumnos.
  - De servicio, en el lado norte del predio y sirve al depósito del SUM y cocina.
  - Vehicular, en el costado sudoeste, entre el área pedagógica y la deportiva. Permite el acceso vehicular eventual de emergencias. No se contempló estacionamiento vehicular debido a la limitada superficie del terreno.

Por razones impuestas por el terreno se optó por un bloque compacto de aulas, en dos tiras de tres aulas cada una, con orientación norte y sur respectivamente. Un eje circulatorio central permite el acceso a ambas tiras de aulas y que vincula por los extremos con el patio. Las necesidades de radiación solar, flujo luminoso y ventilación cruzada se cumplen para ambas tiras de aulas. Mediante ventanas superiores orientadas al norte para la tira sur y captadores de viento orientados al sur para la tira de aulas norte. La circulación del bloque de aulas está también provista de iluminación natural por medio de tres lucernarios orientados al norte Figura 3a.

En los aspectos espaciales y formales el proyecto se limitó a una máxima austeridad expresiva, eliminando cualquier elemento superfluo. Ésta decisión se corresponde con la necesidad de concentrar la atención en la optimización y mejoramiento de los aspectos tecnológicos de la propuesta, especialmente en su comportamiento térmico, lumínico y energético. Los simples volúmenes de ladrillo visto se articulan entre sí, según dos tipos de cubiertas: con pendiente en los espacios principales, y planos en aquellos de menor jerarquía de función. Las cubiertas inclinadas se resolvieron con estructura metálica y chapa trapezoidal prepintada blanca, completándose sus terminaciones y encuentros con cenefas, cunbreras, goteros y otras piezas especiales del mismo material y características. Las cubiertas planas se materializaron en losas de hormigón armado, excepto la del hall central que se construyó una cubierta plana muy liviana.



Figura N°2 . Vista desde el Norte del Patio de alumnos y Bloque de aulas.

Los componentes constructivos principales son los siguientes: 1. techos en pendiente de chapa metálica y horizontales de losa de hormigón, ambos con aislación térmica de poliestireno expandido, ( $K=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ); 2. muros exteriores: doble muro de mampostería de ladrillo con aislación térmica intermedia, ( $K=0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) Figura 3b; 3. Fundaciones: convencionales sin aislación, ( $K=0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ ); 4. ventanas: chapa doblada, simple contacto y burletes; vidriados superiores: 2 hojas de vidrio transparente; inferiores: hoja exterior de vidrio transparente e interior de policarbonato alveolar de 8 mm de espesor, ( $K=2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Control solar: aleros exteriores fijos que permiten asoleamiento pleno de las ventanas colectoras, desde el 06/05 hasta el 06/08 y plena sombra desde el 06/11 al 06/02.



Figura N°3a. Vista Sur del Bloque de aulas



Figura N°3b. Detalle de Colocación de Aislación Térmica y Muro de Revestimiento

### COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Todos los espacios principales han sido simulados con el programa de cálculo SIMEDIF (1), y utilizando las modificaciones para edificios de escuelas indicadas en Esteves (2). Las simulaciones térmicas se llevan a cabo para cada área particular del conjunto total edilicio que compone la escuela: bloque de aulas, talleres, SUM y zona administrativa. Las superficies de los sistemas solares pasivos se han determinado teniendo en cuenta la simulación térmica en el mes de agosto y corroborado mediante simulaciones en el mes de junio y noviembre. En el gráfico N°1 se puede observar la simulación térmica para aulas en el mes de junio durante dos días soleados seguidos de tres nublados. La temperatura se encuentra entre 17°C y 24°C, durante las horas de clase. Posteriormente en los días nublados la amplitud va disminuyendo, después del tercer día nublado es necesario aportar calor auxiliar. El gráfico N° 2 muestra las temperaturas en el CRP y sala de informática, alcanzan 20 °C, en días soleados. En el hall de acceso las temperaturas varían entre 13 y 16°C. Estas temperaturas resultan sin considerar aportes internos de energía auxiliar.

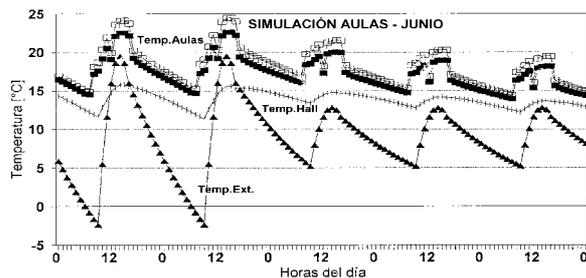


Gráfico N°1. Comportamiento Térmico del Aula : mes de Junio.

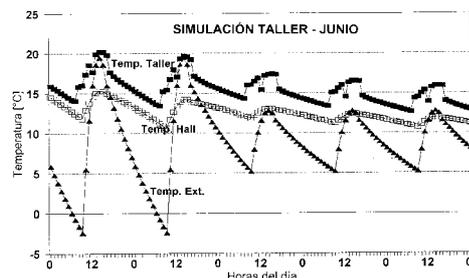


Gráfico N°2. Comportamiento Térmico del Taller : mes de Junio.

### COMPORTAMIENTO LUMÍNICO

Se ha considerado en el estudio de iluminación, para los espacios destinados a realizar tareas visuales los requerimientos de niveles de iluminación y homogeneidad especificados en las normas IRAM AADL J 20-04 "Iluminación en Escuelas" y las recomendaciones indicadas en Criterios y Normativas Básicas para los edificios escolares frente a la Ley Federal de Educación, como lo son las aulas, talleres y aulas especiales y Salón de Usos Múltiples. Para los cálculos de iluminación natural se partió de los valores de radiación solar, turbidez atmosférica y albedo.

La estrategia de iluminación natural utilizada fue la iluminación natural norte, complementada por aportes desde el sur, que a la vez se utilizaron para ventilación cruzada. La iluminación proveniente del norte por paños altos posibilita una mayor profundidad del ingreso del flujo luminoso. Si bien estas ventanas tienen una placa interior de policarbonato alveolar transparente, éste tiene cierta difusión de la luz solar directa y que junto a elementos difusores verticales fijos, redireccionan los rayos y contribuyen a la homogeneidad luminosa, evitando el deslumbramiento.

Por debajo de estas ventanas se colocaron aberturas para la visión al exterior, a 1 m de altura desde el piso y que con la luz difusa del lado sur aporta a los puestos de trabajo próximos a la ventana. Los aventanamientos se diseñaron con perfiles esbeltos para obtener el máximo de área de iluminación. Para los estudios realizados se consideraron altos valores de reflexión interior que se consiguen con la elección de colores claros en muros y cielorraso, mejorando las condiciones resultantes de iluminación natural interior.

El proyecto se completó con el cálculo de la iluminación artificial complementaria y el diseño de los circuitos de encendido y la distribución de las fuentes de iluminación artificial. De este modo el encendido de las luminarias se realiza de acuerdo a las necesidades reales, a partir de circuitos alineados en un eje paralelo a la ventana, contribuyendo de esta manera al uso eficiente de la iluminación artificial y al ahorro energético.

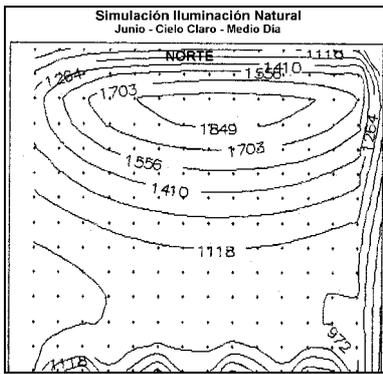


Gráfico N°3 a. Simulación Lumínica de Junio

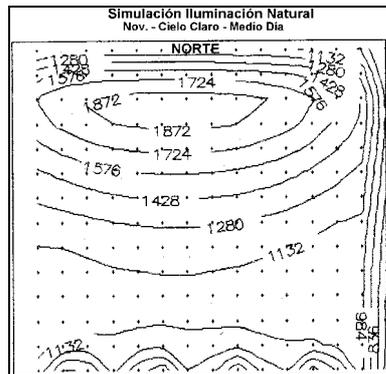


Gráfico N°3b. Simulación Lumínica de Nov.

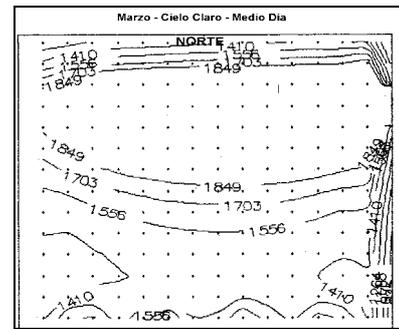


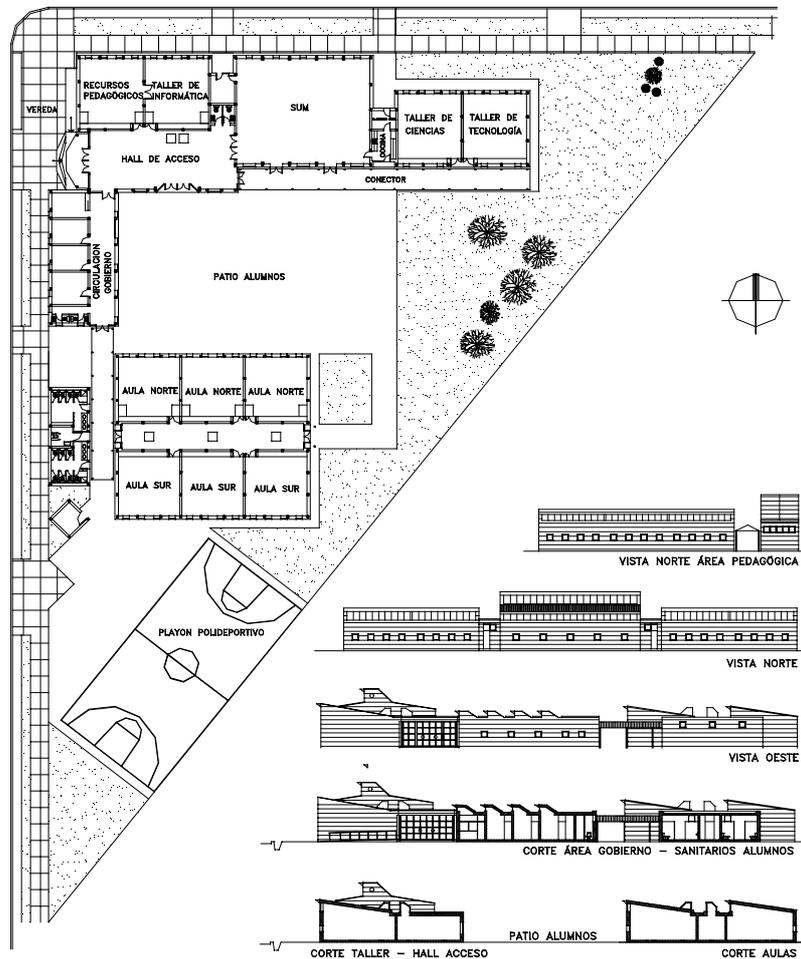
Gráfico N°3c. Simulación Lumínica de Marzo

La gráfica N°3 muestra la simulación de la iluminación natural interior de las aulas y talleres, en curvas de isolux sobre el plano de trabajo a 0,80m del piso, para un día típico de marzo, junio y noviembre a las 12 hr solar. Los valores medios superaron los 500 lux, registrándose valores menores a 300 lux en simulaciones a las primeras horas de la mañana

### CONCLUSIONES PROVISORIAS Y COMENTARIOS FINALES

Los resultados obtenidos a través de análisis de simulación y cálculos de ahorro energético son claramente alentadores, considerando la simplicidad del diseño y de las soluciones tecnológicas adoptadas. También los resultados económicos muestran que la aplicación de diseño y tecnologías energéticamente eficientes en edificios educacionales es posible en la región, porque ha sido posible su incorporación dentro de los costos establecidos en el presupuesto indicado por DYMES.

La fecha de terminación del edificio es el 30 de agosto de 1999; se prevé su ocupación de forma inmediata a fines de invierno. Mucho hay que aprender sobre su comportamiento ambiental real, su consumo energético y el grado de aceptación y de satisfacción de los usuarios. Se está preparando un programa de monitoreo para tener una visión completa sobre estos aspectos, el cual comenzará cuando el edificio esté regularmente ocupado. Se espera que los resultados positivos contribuyan a convencer a los funcionarios sobre la factibilidad técnica y económica de los edificios escolares energéticamente eficientes. Si esto ocurre, será posible aplicar estas estrategias en forma masiva en el futuro, lo que representa un gran paso hacia el lejano objetivo de la sustentabilidad ambiental.



### REFERENCIAS

1. Casermeiro, M, Saravia, L. (1984): "Cálculo Térmico Horario de Edificios Solares Pasivos". Actas de la IX Reunión de Trabajo de ASADES. San Juan.
2. Esteves, A., Fernández, J.C., Basso, M, Mitchell, J. (1994): "Simulación Térmica de Edificios - Aplicación de los Modelos QUICK y SIMEDIF". Actas de la XVII Reunión de Trabajo de ASADES. Rosario pp. 543-550.
3. Lighting Technologies. Inc. (1993): "Lumen Micro - Versión 6.0. Boulder, Co. USA.
4. Schiler, M. Editor. (1989): "Simulating Daylight with Architectural Models". U.S. DOE. USA.
5. Balcomb, J.D. et al. 1983): "Passive Solar Design Handbook-Vol. 3". ASSES. Boulder, Co. USA.
6. Robbins, C.(1986): "Daylighting". Chapter 14. Van Nostrand Reinhold Co. New York, NY. USA