



UN EDIFICIO ESCOLAR ENERGETICAMENTE EFICIENTE EN EL CENTRO - OESTE DE ARGENTINA

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

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA)

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)

Casilla de Correo 131. (5500) Mendoza, ARGENTINA

Fax 54 261 4287370.

e-mail: mbasso@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN : Se presenta el proyecto de la Escuela Alicia Moreau de Justo, con una matrícula de 350 alumnos. Ubicado a 1 Km de la villa cabecera del departamento de Lavalle de la provincia de Mendoza. El edificio esta concebido bajo los Criterios y Normativa Básica de Arquitectura de Cumplimiento Obligatorio, de la Ley Federal de Educación, con el nuevo concepto de la escuela abierta a la comunidad. El proyecto además se enmarca dentro de una concepción bioclimática de la arquitectura, en la que se tiende a optimizar las condiciones interiores de confort termo-lumínico minimizando, al mismo tiempo, los consumos de energía convencional para estos fines. Las estrategias de diseño utilizadas son: medidas no-tradicionales de conservación de energía, calefacción solar pasiva, ventilación de confort, enfriamiento convectivo nocturno, enfriamiento terrestre híbrido e iluminación natural de espacios.

Todos los espacios principales, Aulas, Talleres y SUM, han sido simulados térmicamente, los valores de temperatura interior se encuentran entre los 20°C y 25°C. En comportamiento lumínico, simulado para los mismos espacios, indica que los valores medios superaron los 500 lux.

ABSTRACT: The project for the "Alicia Moreau de Justo", school building housing a scholar population of 350, is presented. It is located close to the head town of the Departamento (county) of Lavalle, on the arid sub-Andean region of central western province of Mendoza, Argentine. The building is conceived within the technical prescriptions set forth by the basic norms established by the new Ley Federal de

Educación, and financed by the Inter American Development Bank (BID). Going beyond the technical norms in the aspects of environmental comfort and energy efficiency, it is clearly framed within a bioclimatic conception of architecture. The design strategies utilized are: non-traditional measures of energy conservation, passive solar space heating, comfort ventilation, night convective passive cooling, daylighting and hearth-coupling hybrid cooling (partial).

The thermal and luminous performance of all primary spaces: classrooms, workshops and multipurpose-room (SUM) have been studied through simulation analysis. In the first case, interior temperatures in classrooms were predicted to swing between 20 and 25°C. The luminous performance simulated for the same spaces yielded mean values above the 500 lux level on the work-surface.

1 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 y del BID. Dentro de este último grupo, la Dirección de Escuelas de la Provincia de Mendoza comisionó al LAHV-INCIHUSA, 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 actualmente en construcción avanzada en diferentes localizaciones urbanas del oasis norte 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° 4-041, "ALICIA MOREAU DE JUSTO" en la ciudad de Lavalle, en la provincia de Mendoza.

2 Localización Geográfica y Clima

Localización geográfica: Lavalle, pequeño asentamiento urbano ubicado en el oasis agrícola del norte de la provincia de Mendoza, a 33 Km. al noreste de su ciudad capital, en la planicie aluvial árida, de alta sismicidad, al este de los Andes, en el centro-oeste de Argentina. Su situación geográfica es latitud: 32.75 S, longitud: 68.07 O y altitud: 600 msnm.

Clima: Los datos climáticos relevantes de la localidad son los siguientes: GD de calefacción (base 16°C): 980°C día/año, GD de enfriamiento (base 23°C):270°C día/año, radiación global horizontal media anual: 18,4 MJ/m², iluminancia exterior horizontal media anual al mediodía solar: 65800 lux.

3 Terreno y Programa de Necesidades

El terreno, de forma trapezoidal, tiene una superficie de 4364.65 m². Está ubicado en una zona periurbana, sobre la ruta de acceso a la ciudad y aproximadamente 600 m. de su centro. El programa de necesidades espaciales está constituido por 7 aulas de 45 m² c/u, 4 talleres, (informática, recursos pedagógicos, ciencia y tecnología) 56 m² c/u, salón de usos múltiples (SUM) 240 m², oficinas administrativas 60m² y servicios. El área total a construirse es de 1518 m².

4 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 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.

Los bloques funcionales son: Sector Gobierno, Sector Aulas, Sector Talleres y Sector SUM, Laboratorio de Informática y Centro de Recursos Pedagógicos. (Fig. 1 y 2)

En la distribución dentro del terreno se ubican dos zonas: Aulas y Talleres del lado oeste y el sector Gobierno y de uso comunitario sobre el lado este. La distribución de los volúmenes, enmarca por tres lados el espacio abierto principal de la escuela.

Los diferentes bloques que componen el edificio se vinculan funcionalmente a través de dos espaldas perpendiculares de circulación abierta en el sentido E-O y N-S que al mismo tiempo canaliza los ingresos y egresos de alumnos en forma independiente sin comprometer las distintas zonas. Este conector principal que vincula a cubierto los distintos sectores es una galería metálica liviana.

Los elementos funcionales compartidos con el sector comunitario (SUM, Laboratorio de Informática y Centro de recursos Pedagógicos) se sitúan sobre la RUTA Provincial N° 34 y la calle Centenario; a estos dos últimos se realzan volumétricamente mediante una rotación de 16° siguiendo la directriz del terreno, quedando orientados exactamente hacia el norte geográfico con un movimiento en su fachada norte.

El Hall de Acceso y el Sector Gobierno está desviado en la misma magnitud angular hacia el este, obteniendo la ganancia solar directa por lucernarios orientados al N. El sector ubica además sanitarios para S.U.M, este último tiene plena orientación N. Su ubicación permite una expansión directa al patio en el caso de ser necesario.

El sector comunitario del edificio escolar se desarrolla alrededor del hall de acceso, pudiendo independizarse totalmente del funcionamiento de la escuela; todos sus espacios además son de fácil acceso desde el interior de la escuela.

Sobre el costado Oeste del terreno se ubican los bloques de talleres y aulas (en dos volúmenes), obteniendo ganancia solar desde patios hacia el norte de cada bloque y a través de ventanas superiores por diferencia de techos en las aulas ubicadas al Sur de dicho bloque. La ventilación cruzada de las aulas norte se efectiviza por ventanas superiores ubicadas en los techos.

El grupo sanitario constituye también un bloque compacto situado frente al acceso al cuerpo de aulas. No se plantea en este caso el aporte solar para calefacción, los muros exteriores son convencionales y se tiene especialmente en cuenta la ventilación cruzada. El tanque de agua constituye un volumen exento.

En los aspectos espaciales y formales el proyecto se limita a una gran austeridad expresiva y la eliminación de todo elemento superfluo. Esta economía en lo expresivo responde también a la prioridad de concentrar los recursos en el mejoramiento tecnológico de la propuesta, particularmente en su comportamiento termo-lumínico-energético, dentro de un presupuesto estrictamente acotado.

Tecnológicamente, los objetivos principales han sido los siguientes: 1. máximo uso de la tecnología tradicional disponible en la región, con las innovaciones necesarias; 2. no dependencia de materiales o componentes de importación; 3. máximo empleo de mano de obra local debidamente capacitada. Dentro de límites razonables de calidad constructiva y durabilidad, la máxima reducción de costos ha sido un imperativo

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, ($K=0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$); 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. Elementos difusores interiores homogeneizan el flujo luminoso y evitan la incidencia de radiación directa sobre el plano de trabajo. Experimentalmente, se ha instalado un sistema híbrido de enfriamiento terrestre para el acondicionamiento estival de las tres aulas orientadas al norte.

5 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 edificio 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 dos meses: mayo y agosto. En el gráfico N°1 se puede observar la simulación térmica para aulas en el mes de mayo durante dos días soleados seguidos de tres nublados. La temperatura se encuentra entre 20°C y 27°C , durante las horas de clase. Posteriormente en los días nublados la amplitud va disminuyendo, pero siempre manteniéndose entre 18°C y 23°C . Estas temperaturas resultan sin considerar aportes internos de energía auxiliar. El gráfico N° 2 muestra las temperaturas en el CRP y sala de informática, alcanzan 22°C , en días soleados, hacia horas de la tarde. En el hall de acceso las temperaturas varían entre 13°C y 16°C .

6 Comportamiento Lumínico:

En todos los casos simulados con el programa LUMEN MICRO (3), para aulas, SUM y Talleres, los valores medios superaron los 500 lux, registrándose valores menores a 300 lux en simulaciones correspondientes a las primeras horas de la mañana (hasta las 9.30 hs.). La tabla 1 muestra la distribución horaria en la que la iluminación natural exterior disponible en la región es suficiente para alcanzar el valor mínimo recomendado para las tareas visuales en escuelas. La zona indicada en gris corresponde a los valores calculados en rango de 300 a 500 lux. El coeficiente de luz Diurna (CLD) para cielo claro fue calculado con: $IL/lehd \times 100$, horas en que de ser necesario, se encenderían las luminarias en forma gradual, ya que la distribución de las mismas se realiza en forma paralela a las ventanas norte, posibilitando la combinación de la luz natural con la artificial.

Los gráficos 3 y 4 muestran las simulaciones realizadas en aulas para Junio y Noviembre. En ellas se puede observar que los valores de iluminación natural son de distribución

prácticamente constante, esto es debido a que en noviembre el alero exterior elimina la radiación directa incidente y en Junio si bien el alero exterior no está trabajando, los difusores interiores eliminan la iluminancia directa, pero desde el interior de modo que la radiación incidente es utilizada como ganancia térmica.

7 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. Sobre este particular vale la pena presentar algunos datos clave:

Para un área bruta construida de 1731.40 m², el presupuesto oficial fue de A\$ 832.826,13, es decir que el costo unitario es de 481 A\$/m², determinado por la Dirección de Escuelas de la Provincia. 2. La empresa adjudicataria presupuestó A\$ 784.984, lo que representa un 6 % por debajo del presupuesto oficial calculado para edificios convencionales (1 A\$ - peso Argentino = 1 US\$).

La fecha prevista de terminación del edificio es el 30 de junio de 1999; y será ocupado inmediatamente, comenzando su uso a mediados 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. También se realizará un análisis de costo que comprenda todo el ciclo de vida del edificio, utilizando valores de consumo energético reales.

Se espera que los resultados positivos contribuyan a convencer los representantes estatales sobre la practicidad 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.



Figura N°1: Planta, Cortes y Fachadas

8 Referencias

Casermeiro, M., Saravia, L. (1984): "Cálculo Térmico Horario de Edificios Solares Pasivos". Actas de la IX Reunión de Trabajo de ASADES. San Juan.

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.

Lighting Technologies. Inc. (1993): "Lumen Micro – Versión 6.0. Boulder, Co. USA.

Schiler M. Editor.(1989): "Simulating Daylight with Architectural Models".U.S. DOE. USA.