

## **UN EDIFICIO ESCOLAR ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE EN UN TERRENO CON ORIENTACION INTERMEDIA**

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

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. (LAHV)  
Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales. (INCIHUSA)

Casilla de Correo 131 (5500) MENDOZA  
Tel.: 061 288797 Fax.: 061 287370 E-mail: cderosa@lab.cricyt.edu.ar

### **RESUMEN**

Se presenta el proyecto de un edificio escolar energéticamente eficiente a construirse próximamente en la localidad de Medrano, en el oasis norte de la provincia de Mendoza, dentro de la Operatoria DYMES. Se describen las características de diseño y tecnología del mismo, así como las estrategias bioclimáticas utilizadas. El proyecto ha sido evaluado y ajustado en sus comportamientos termolumínicos mediante la utilización de modelos de simulación computacionales. Los ahorros de energía convencional calculados arrojan valores de 85% para calefacción y 90% para iluminación. Los costos de construcción calculados y de adjudicación han resultado compatibles con los de la Operatoria DYMES.

### **INTRODUCCION**

La implementación del Plan Federal de Educación está demandando, a escala nacional, una importante reestructuración del parque edilicio escolar, para acomodar las nuevas necesidades de los niveles educativos básico y polimodal. En Mendoza, como en el resto del país, dicho parque presenta importantes déficits: insuficiencia, obsolescencia y precariedad de sus unidades constitutivas, lo que requiere la construcción de nuevos edificios y la ampliación y reciclaje de estructuras existentes. Este significativo esfuerzo se está llevando a cabo con fondos nacionales: Operatoria Pacto Federal, y con financiación externa: Operatorias PRISE (BID) y DYMES (BIRF). Dentro de este último grupo, la Dirección General de Escuelas del Gobierno de Mendoza ha comisionado al LAHV – INCIHUSA el desarrollo de tres proyectos de demostración de nuevos edificios escolares energéticamente eficientes, todos ubicados en localizaciones urbanas del oasis norte de la provincia. Las documentaciones técnicas y pliegos de licitación fueron completados por la UID en febrero de 1998; el llamado correspondiente se produjo en abril y la apertura de las propuestas en junio del corriente. Las tres obras han sido ya adjudicadas y su inicio está previsto para octubre próximo. Uno de los tres proyectos se presenta en este trabajo; corresponde a la Escuela N° 4-096, a construirse en la localidad de Medrano, al SE de la Capital de Mendoza. La dirección técnica de las obras podría ser realizada por el LAHV, lo que posibilitaría un seguimiento permanente y una seguridad respecto a la calidad tecnológica de la construcción. Asimismo, se prevé la implementación de un programa de mediciones termo-lumínicas en condiciones de uso de los edificios, lo que posibilitará una evaluación integral, identificando aciertos y falencias con el fin de incorporar los ajustes necesarios en futuros proyectos.

### **LOCALIZACION GEOGRAFICA Y CLIMA**

La villa de Medrano es un pequeño asentamiento urbano de aproximadamente 800 habitantes, situado en el oasis norte, distante 45 km. al SE de la ciudad de Mendoza, en el Departamento de Rivadavia. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: latitud: -33,18°, longitud: 68,66°, altitud: 690 m.s.n.m. Los datos climáticos relevantes son: GD cal. (base 16°C): 1215 ; GD enf. (base 23°C): 165; radiación solar global horizontal media anual (MJ/m<sup>2</sup>.día): 19,21; iluminación global horizontal media anual al mediodía solar (lux): 68.705.

### **TERRENO Y PROGRAMA DE NECESIDADES**

El terreno es una parcela residual dentro de una manzana en que se ubican otras construcciones escolares, la superficie es de 3138 m<sup>2</sup>, su forma es rectangular y sus directrices presentan ángulos de 33 y 57° respecto al norte geográfico. El programa de necesidades consta de: 8 aulas comunes: 50 m<sup>2</sup> c/u.; 4 talleres, (Informática, Recursos Pedagógicos, Ciencia y Tecnología): 58 m<sup>2</sup> c/u., salón de usos múltiples: 200 m<sup>2</sup>, sector administrativo: 60 m<sup>2</sup> y servicios.

### **DISEÑO Y TECNOLOGIA**

Se partió del objetivo global de optimizar las condiciones ambientales interiores, con máximas economías de energía convencional, implementando las siguientes estrategias: medidas no tradicionales de conservación de energía, calefacción solar pasiva, iluminación natural, enfriamiento convectivo nocturno y ventilación natural higiénica y de confort. Se priorizó el acondicionamiento bioambiental

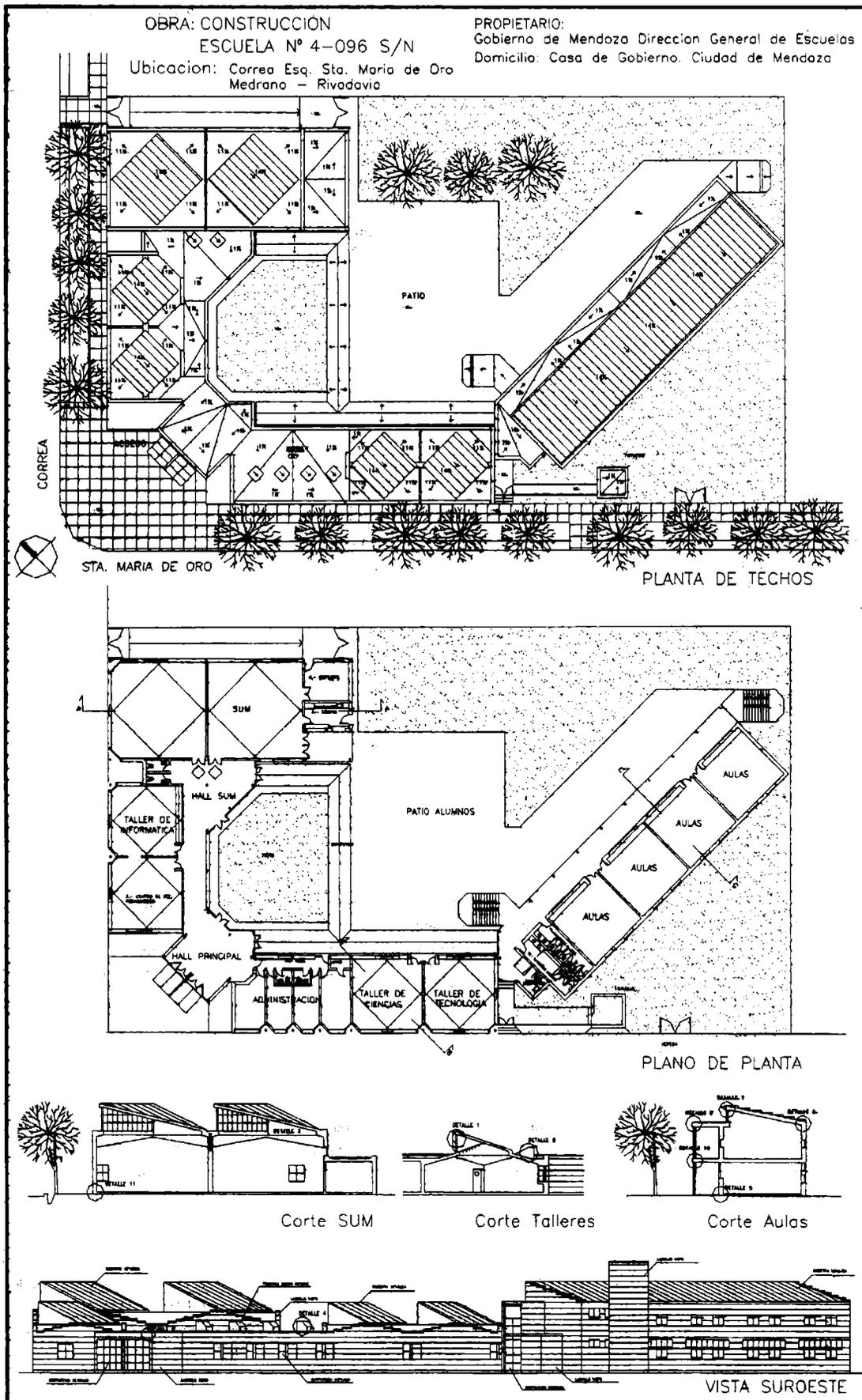


Fig. 1. Escuela Nº 4-096 Plantas (Esc. 1:625)-Cortes y Vistas (1:500)

de los espacios principales del edificio, salvo en casos en los que, por razones de economía o funcionalidad, fuera recomendable determinar otra prioridad. El partido arquitectónico se estructuró en función de los siguientes objetivos básicos: 1. Obtener la mejor orientación posible para todos los espacios principales del edificio. 2. Articular los distintos elementos del programa enmarcando un espacio abierto principal. 3. Zonificar el funcionamiento del edificio para facilitar su uso por parte de sectores de la comunidad local, fuera del horario escolar normal, habilitando los siguientes espacios: talleres de Informática y Recursos Pedagógicos, SUM y servicio de cocina. El logro de los tres objetivos se materializa en un esquema de desarrollo lineal, en que el edificio enmarca por tres lados el patio principal de la escuela. La consideración prioritaria del problema de la orientación de los espacios principales se resuelve, para los talleres y el SUM, espacios esencialmente no direccionales, con la provisión de grandes lucernarios de techo, girados 45° con respecto a las directrices principales de los espacios de planta cuadrada. En el caso de las aulas, en las que existe una directriz espacial dominante, se estructura un volumen en dos niveles, también a 45° respecto a las directrices del terreno, con galerías abiertas orientadas aproximadamente al norte. El nivel superior de aulas obtiene radiación solar e iluminación mediante la provisión de ventanas superiores. En la planta inferior, la situación es menos favorable en cuanto al acceso de radiación solar directa. La resolución de la calefacción solar pasiva, dependiente de los recursos disponibles en el futuro, puede materializarse de dos modos: 1. cierre de la galería inferior con una carpintería vidriada operable, convirtiéndola en un invernadero adosado y 2. instalación de convectores solares pasivos en la mitad inferior, soledada, del muro divisorio entre las aulas y la galería. Los niveles de iluminación necesarios se alcanzan incrementando el área de las ventanas sobre la fachada sur del bloque. En todos los casos, las aberturas solares resultan con una desviación aceptable de 12° al oeste del norte geográfico. El diseño del edificio posibilita también la ventilación cruzada de todos los espacios principales y consecuentemente la implementación de las estrategias de ventilación higiénica y de confort y de enfriamiento convectivo nocturno. Otro aspecto destacable a los fines del acondicionamiento ambiental es la importante provisión de masa térmica en todos los espacios acondicionados pasivamente; la misma se obtiene mediante mampostería de ladrillos macizos de 0,18 m de espesor en todo el edificio; en el bloque de aulas, por razones estructurales, los muros exteriores son de hormigón armado del mismo espesor. La superficie total bruta del edificio es de 1404,68 m<sup>2</sup>. La superficie neta de espacios acondicionados pasivamente, excluyendo administración es de 822,96 m<sup>2</sup>, correspondiéndole 102,87 m<sup>2</sup> de área colectora neta. Fig. 1.

En los aspectos tecnológicos, los objetivos principales han sido los siguientes: 1. Uso máximo de la tecnología disponible regionalmente con las innovaciones necesarias. 2. No dependencia de materiales o componentes de importación. 3. Utilización máxima de mano de obra local, debidamente capacitada. 4. Dentro de límites razonables de calidad constructiva y durabilidad, las economías posibles son consideradas esenciales.

Los componentes constructivos de las envolventes de locales acondicionados pasivamente son los siguientes: Techos: horizontales pesados: losa de hormigón y en pendiente livianos: chapa sobre estructura metálica. En ambos casos se utiliza poliestireno expandido de 15 kg/m<sup>3</sup> en planchas de 0,075 m. de espesor.  $K = 0,55 \text{ W/m}^2\cdot\text{C}$

Muros exteriores: mampostería de ladrillón de 0,18 m, aislada externamente por poliestireno expandido de 0,05m de espesor y protección exterior de ladrillo común de soga de 0,125 m, debidamente vinculado estructuralmente al muro principal.  $K = 0,5 \text{ W/m}^2$ .

Fundaciones: convencionales, sin aislación térmica.

Ventanas: chapa doblada, simple contacto con burletes integrales, de rotación vertical y mecanismo de molinillo especialmente desarrollado en la UID.

Vidrios: 2 hojas de vidrio transparente en ventanas bajas y una hoja de policarbonato alveolar (interior) y una de vidrio común (exterior) en ventanas superiores en las que se requiere difusividad y no transparencia.

Control solar: aleros fijos que permiten asoleamiento total, (6 de mayo a 6 de agosto) y sombreado pleno, (6 de noviembre a 6 de febrero), sobre todas las aberturas vidriadas orientadas al norte.

Control lumínico: estantes de luz o difusores horizontales interiores para homogeneizar el flujo luminoso y evitar la incidencia de la radiación directa sobre el plano de trabajo.

Con fines experimentales se dotará a una de las aulas de planta baja de dos lumiductos adosados a la fachada posterior del bloque de aulas, aportando flujo luminoso desde la parte superior del muro sur del espacio. Los mismos son explicados detalladamente en [1].

## PREDICCIÓN DE COMPORTAMIENTOS

Se realizaron estudios predictivos de los comportamientos térmico y lumínico mediante modelos de simulación: SIMEDIF [2] teniendo en cuenta las recomendaciones de [3] y LUMEN MICRO 6.0 [4], respectivamente. Para iluminación, la simulación computacional se utilizó para espacios de formas simples, (aulas); en el caso de configuraciones más complejas, (talleres y SUM), se realizaron mediciones dentro de modelos a escala para evaluar cualitativamente la distribución de los flujos luminosos sobre el plano de trabajo [5]. Para el análisis de los ahorros energéticos potenciales se utilizó el modelo RCC del LANL [6] en calefacción y el DUC [7], en iluminación.

### Confort Térmico

Se simuló el comportamiento térmico de todos los espacios principales del edificio para periodos típicos de los meses de abril, junio y noviembre, considerando: ganancias internas, alta tasa de ventilación, (3RAH) y aporte nulo de calefacción auxiliar. Los resultados obtenidos para los espacios principales durante una secuencia de cinco días, dos soleados y tres nublados del mes de junio, se presentan en la Fig. 2.

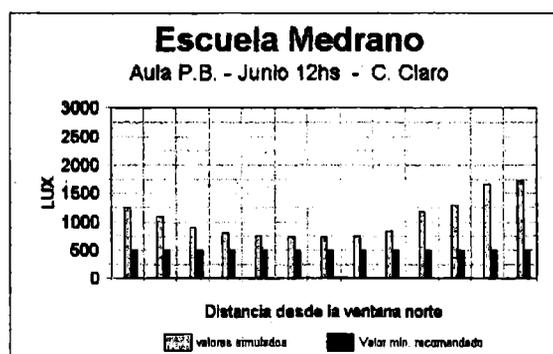
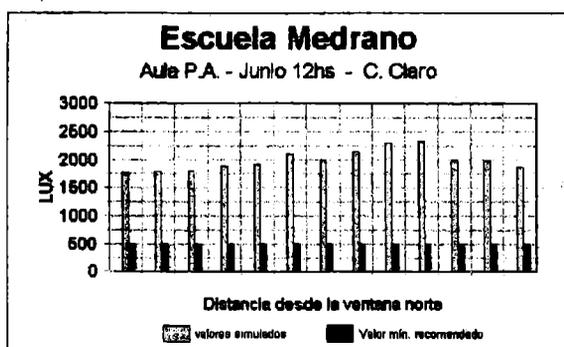
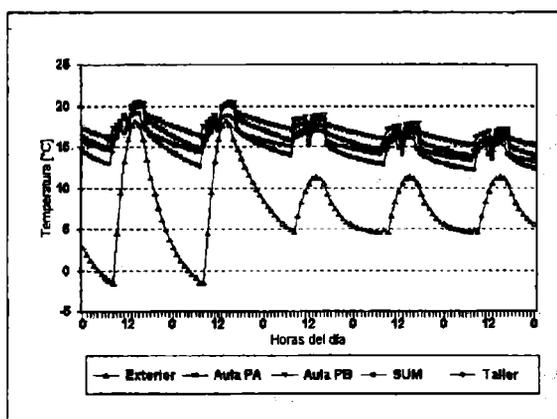
### Confort Lumínico

Las simulaciones computacionales se realizaron para las aulas comunes de ambos niveles, obteniéndose valores de iluminancia máximos y mínimos, sobre el plano de trabajo, para días de cielo claro de los meses de junio y noviembre al mediodía solar. Los valores obtenidos, se presentan en la Fig. 3a y 3b, comparados con el valor mínimo admisible de 500 lux sobre el plano de trabajo.

### Ahorros de Energía

Los cálculos de las economías de energía para calefacción de espacios han sido realizados a partir de los grados - hora, base 16°C, para la temporada escolar: 185 días/año y 9,5 horas/ día, incluyendo un receso de 0,5 horas entre turnos. El ahorro de gas natural es del 85% del de un edificio convencional equivalente.

Las economías de energía eléctrica para iluminación alcanzan un 90% de lo que consumiría el mismo edificio con las luminarias encendidas durante todas las horas de uso, teniendo en cuenta además, que el inicio y el fin del día escolar se producen a - y + 4,75 horas respecto al mediodía solar.



## CONCLUSIONES PROVISORIAS Y COMENTARIOS FINALES

Los resultados del análisis de simulación y del cálculo de los ahorros de energía previsible son ampliamente satisfactorios. En lo económico, el proyecto ha podido enmarcarse adecuadamente dentro de los límites presupuestarios fijados por la DGE de Mendoza: para una superficie cubierta de 1.404,68 m<sup>2</sup>, el monto total presupuestado oficialmente fue de \$ 723.599,08, es decir un valor unitario de 515,13 \$/m<sup>2</sup> correspondiente al 93,66% del valor límite fijado en 550 \$/m<sup>2</sup>. A la oferta adjudicada correspondió un monto de \$ 752.830,14 equivalente a un incremento del 3.88 % sobre el presupuesto oficial.

El proyecto desarrollado es en varios aspectos un compromiso entre lo óptimo y lo posible. Las documentaciones de obra completas para las tres escuelas fueron terminadas en un plazo de 90 días cumpliendo con las condiciones establecidas por el comitente. La aceptación de estos términos representaba la única posibilidad de avanzar en la estrategia de transferencia, implementando al mismo tiempo, en escala limitada, algunos dispositivos con fines experimentales. La concreción de las obras permitirá hacer un valioso acopio de experiencia durante la dirección técnica de las mismas y posteriormente, con los edificios en pleno funcionamiento, evaluar sus comportamientos ambientales y energéticos reales y la respuesta de los usuarios.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores desean dejar constancia de su agradecimiento al Arq. Bózidar Bajuk, Coordinador de Infraestructura de la Unidad Coordinadora Provincial de Programas con Financiación Externa. BIRF - DGE Mendoza; quien mediante su entusiasmo y apoyo sostenido ha posibilitado la materialización del proyecto.

## 8. REFERENCIAS

- [1] Candía R, Ferrón L, Ríos Vera G., Sota A. (1998). "Diseño y comportamiento de un lumiducto vertical para aulas". ASADES'98
- [2] Casermeiro, M., Saravia, L. (1984): "Cálculo Térmico Horario de Edificios Solares Pasivos". Actas de la IX Reunión de Trabajo de ASADES. San Juan.
- [3] 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.
- [4] Lighting Technologies, Inc. (1993): "Lumen Micro - Versión 6.0. Boulder, Co. USA.
- [5] Schiler, M. Editor. (1989): "Simulating Daylight with Architectural Models". U.S. DOE. USA.
- [6] Balcomb, J.D. et al. (1983): "Passive Solar Design Handbook - Vol. 3". ASES. Boulder, Co. USA.
- [7] Robbins, C. (1986): "Daylighting". Chapter 14. Van Nostrand Reinhold Co. New York, NY. USA