

ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE LA AMPLIACION DE LA ESCUELA N° 8-597 PEDRO SCALABRINI, EL SOSNEADO SAN RAFAEL.

Alfredo Esteves y Andrea Pattini
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV) – INCIHUSA – CRICYT
Av. Ruiz Leal s/n - C.C. 131 – 5500 Mendoza – Argentina
Tel.: 54(0) 261 4288797 – Fax: 54 (0) 261 4287370
e-mail: aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN

Se presenta el acondicionamiento térmico de la Escuela 8-597 Pedro Scalabrini, ubicada en el departamento de San Rafael en la provincia de Mendoza. En la misma se ha construido el edificio de dormitorios de alumnos y docentes con sus correspondientes sanitarios, lavandería y depósito. El lugar, con un clima muy frío (2280 °C.día/año) y alejado de los centros de aprovisionamiento de combustibles y electricidad, hace necesario la construcción de edificios energéticamente eficientes. El edificio proyectado se ha dotado de estrategias de conservación de energía y uso de sistemas solares pasivos y de iluminación natural. El Coeficiente Neto de Pérdidas (CNP) se baja de 1214 W/°C a 392 W/°C y la Fracción de Ahorro Solar resultante alcanza el 55%. Por lo tanto el ahorro de energía finalmente alcanzado es del 85%. El costo incurrido en la construcción del mismo es de \$ 375/m². El mismo se encuentra en construcción con un avance de obra del 80% y fecha de terminación prevista para setiembre de 1999.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades del proyecto PICT'97 financiado por la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica N° 10-00023-00480, titulado **REFUNCIONALIZACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE ESCUELAS RURALES ALBERGUES. UN PROCEDIMIENTO FACTIBLE HACIA LA SUSTENTABILIDAD**, se ha trabajado en la ampliación de la escuela de referencia. Cabe destacar que este trabajo se ha realizado con la estrecha colaboración de la Dirección de Recursos Físicos del Gobierno de Mendoza, los que han facilitado permanentemente datos y su experiencia para hacer la presentación de toda la documentación como para el seguimiento de la obra.

La escuela N° 8-597 PEDRO SCALABRINI, que se encuentra en el lugar, funciona desde hace 40 años, sin embargo, desde 1997 como escuela albergue, ya que necesita albergar a varios alumnos que vienen desde lejos. La matrícula en el momento de la inscripción a enero de 1998 fue de 108 alumnos, sin embargo, en agosto de 1997 tenía 97 alumnos. De ellos, la cantidad que necesitan albergarse alcanza los 40 alumnos.

En cuanto a la situación energética de la escuela, el consumo es de energía eléctrica (de base minihidroeléctrica y térmica para lo cual se pagan \$120 cada 20 días para gasoil). El gas licuado provisto a granel fue instalado durante 1998. Sin embargo, antes de esto, el gasto demandado para aprovisionarse de los combustibles era de \$586.- cada 20 días necesarios para la compra de leña para las salamandras, gas (6 tubos de 45 kg. para cocción, y garrafas de 10 kg en las estufas en las aulas que son casillas metálicas).

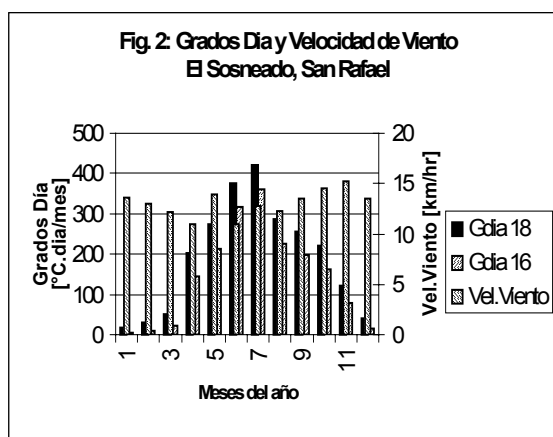
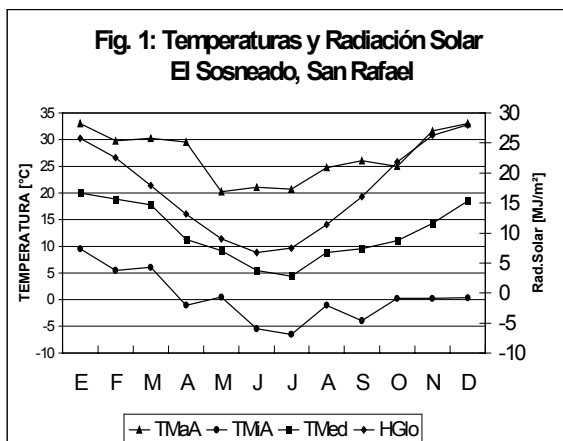
Situación geográfica

La escuela se encuentra ubicada en la localidad de El Sosneado, departamento de San Rafael, en la provincia de Mendoza. Esta localidad se encuentra a 134 km de la Ciudad de San Rafael y 48 km de la Ciudad de Malargue, en las cercanías del Cerro del mismo nombre de 5189 m.s.n.m. En este cerro existe la Mina Sominar, mina de azufre (al momento sin explotación). La dirección postal es Ruta 40 - El sosneado 5611 - San Rafael - Mendoza.

Las coordenadas geográficas del lugar son: 35° 30' de latitud sur, 69° 34' de longitud oeste y 1423 msnm.

Características del clima del lugar

En El Sosneado existió desde 1978 hasta 1993 una estación meteorológica perteneciente al CRICYT, por lo tanto los datos meteorológicos de temperatura, humedad y velocidad de viento fueron tomados de estos registros. Hay valores que no se registraron, tales como la heliofanía y la radiación solar, por lo tanto, para esto se han considerado los valores registrados en la Ciudad de Malargue, alejada unos 40 km en línea recta del lugar. La Figura N° 1, muestra los promedios mensual y anual de la radiación solar global sobre superficie horizontal (Hglo) y la temperatura media (Tmed) y los valores de temperatura absoluta máxima y mínima (TMAA y TMIA).



En la Figura N° 2 se indican los valores de grados día mensual y anual para temperatura base de 18°C (Gdia 18) y 16°C (Gdia 16) y el promedio mensual y anual de la velocidad de viento (Vel.Viento).

Como se puede observar el clima del lugar corresponde a un clima templado frío, con inviernos rigurosos y veranos templados. Los grados días de calefacción alcanzan los 2300 anuales sobre TB 18°C, no tiene grados día de enfriamiento. La humedad relativa aparece elevada, sobretodo en los meses de primavera. Un dato que se destaca es la velocidad de viento, con vientos promedios mensuales entre 10 y 15 Km/hr y promedios anuales de 13 Km/hr, la cataloga como una localidad con un buen recurso eólico como para trabajar con aerogeneradores o generadores eólicos de electricidad. La velocidades máximas de viento son moderadas entre 40 y 80 Km/hr. La dirección de mayor frecuencia en el lugar de medición, es W/NNW para la mayor parte de los meses. Sin embargo, debe notarse que El Sosneado es una localidad típica de piedemonte, con la presencia del río que cruza por el oeste, de manera que la topografía del lugar es muy variable. Si a este hecho se le suma la presencia de un bosque muy nutrido de pinos y álamos, las velocidad del viento así como su dirección resulta totalmente modificada en los terrenos donde se implantará la escuela.

La radiación solar resulta de moderada a baja sobretodo en los meses de invierno, este hecho hace que se deban extremar las precauciones con respecto a las superficies de los sistemas solares, ya que si bien una superficie extensa, puede coleccionar mucha energía cuando existe sol, pero también puede enfriar demasiado cuando esté nublado.

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO

El programa arquitectónico ya viene dado por requerimientos impuestos desde la Dirección General de Escuelas. El mismo consistió en: un bloque de 2 dormitorios para los niños albergados, 2 dormitorios para los docentes, todos con sus respectivos sanitarios, una lavandería y un depósito. Las características arquitectónicas han sido extensamente descritas en otro trabajo [1]. Por lo tanto, la descripción del mismo no se aborda en este trabajo. Se describe, todo lo realizado para efectuar el acondicionamiento térmico y lumínico del edificio. El mismo se encuentra actualmente en construcción con aproximadamente un 80% de avance de obra, con fecha prevista de terminación Setiembre de 1999.

Durante 1997, se instaló un "zepelin" con capacidad de 3000 kg de gas propano, lo que otorgó un aprovisionamiento muy importante para todo el gasto que demanda la escuela con su albergue. Esta situación ha sido debidamente explicitada en otro trabajo (Esteves, 1999), por lo que no abundaremos en describir esta situación ni en el hecho de lo necesario que resulta ejecutar tareas de docencia en este sentido.

Consideraciones acerca del proyecto arquitectónico

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se ha tenido en cuenta, la eficiencia energética y el uso de fuentes alternativas de energía disponibles en el lugar, es decir, energía solar para calefacción y brisas para enfriamiento.

Con respecto al proyecto arquitectónico se ha realizado tratando de orientar los espacios principales al norte, tales como los dormitorios de los niños y los docentes, de manera que puedan obtener energía directamente desde los sistemas solares pasivos ubicados en su fachada norte y a la vez, participar en algo de la fachada sur para permitir la ventilación cruzada.

Con respecto a los baños, se los ha ubicado sobre la fachada sur, pero con lucernarios de manera de ganar en radiación solar e iluminación desde el norte. De esta manera se corta el efecto de espacio sombrío que da la ubicación sur. La lavandería y el depósito también se ubican al sur. La lavandería con acceso desde el baño de las niñas y con salida hacia el exterior por el lado sur. El depósito tiene su acceso desde el costado este, de manera que queda cercano a la zona de cocina ya existente, de manera que la provisión de víveres sea lo mas cómoda posible.

Una característica interesante la constituye la ubicación del tanque de agua, ya que con la presencia de temperaturas muy bajas, valores de hasta -8,5 °C, los caños que conducen el agua hacia el lugar pueden sufrir deterioro por congelamiento, por lo tanto, se pensó en la ubicación del tanque en el interior de la lavandería de manera de tener a cubierto todas las conducciones de agua.

ESTUDIO TÉRMICO

El estudio térmico tiene por objeto determinar las características de uso racional de la energía que se le otorguen al edificio así como determinar el tamaño de los sistemas solares pasivos a implementar. Además se adjunta un cálculo de la energía total consumida anual por el edificio. Un estudio adicional se realiza para optimizar el tamaño de las ventanas, dado que el presupuesto que se dispone resulta muy ajustado, es necesario tener en cuenta exclusivamente las aberturas necesarias compatibles con una buena estanqueidad.

Las características térmicas para la conformación del edificio pueden resumirse en:

- 1- Uso racional de la energía
- 2- Incorporación de sistemas solares pasivos.
- 3- Aprovechamiento de la iluminación natural en todos los locales.

Las estrategias de conservación de energía se han traducido en lo siguiente:

Techos: se han diseñado techos livianos, de chapa por el exterior tal como se utiliza en la zona y que ha dado excelentes resultados. Las correas de la estructura son metálicas. La aislación térmica se había pensado por el exterior otorgando una protección más continua. Sin embargo, a pedido de la empresa constructora, a fin de eliminar listones de madera que servirían de clavadera a la chapa, se trasladó la aislación térmica que se ubicó entonces entre las correas metálicas de la estructura. Agregándose una barrera de vapor por el interior y por encima del machimbre que dio la terminación del techo. La transmitancia térmica resultante es de $0,329 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Recordemos que por el lugar de implantación con $2230 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{día/año}$, las necesidades de aislación térmica son importantes y por lo tanto, la aislación térmica se compone de 10 cm de poliestireno expandido.

Los muros de ladrillón por el interior, se han proyectado con un espesor de 5 cm de poliestireno expandido. Podría ser de mayor espesor, sin embargo, fue necesario adecuarnos al presupuesto, verdaderamente limitado, por lo tanto, se balanceó la incorporación de una aislación térmica de menor espesor contra la posibilidad de construir la escuela. El valor resultante de la transmitancia térmica de los muros es de $0,557 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. La protección de la aislación térmica se ha realizado con revoque incorporado sobre un metal desplegado unido a la parte sólida del muro mediante alfajías de álamo de 2".

En las ventanas se pensó en la colocación de doble vidrio en todo lo que fuera por debajo de los 2,10 m de altura. Recordemos que la ley Federal de Educación, no permite la colocación de vidrios por encima de 2,10 m en zona sísmica a menos que sean laminados o de seguridad, pero esto implica un costo que no fue posible considerar. Por lo tanto, por encima de los 2,10 m se colocó policarbonato de 10 mm de espesor.

Con respecto al diseño de las ventanas se pensó en chapa plegada en talleres de la región. Sin embargo y teniendo en cuenta las bajas temperaturas aún durante el día y que la chapa tiene una alta conductividad térmica, se ha practicado ruptura de puente térmico, se ha incorporado doble contacto alojando burletes de EPDM, los cuales permiten una excelente estanqueidad, hecho que es fundamental dado las velocidades de viento permanente de la zona. Cabe destacar que la misma ha sido posible de construir en un taller de la zona y que la misma ha servido para que dicho empresario pueda aprender la tecnología con la subsiguiente mejora de las aberturas en la zona.

Incorporación de sistemas solares pasivos

Los sistemas solares pasivos de acondicionamiento térmico incorporados al edificio son: aprovechamiento de ganancia directa a través de las aberturas y muros acumuladores ciegos en los dormitorios. Estos últimos como un sistema de costo más reducido y que permite a la vez acumular una cantidad de energía importante para liberarla al ambiente interior durante las noches. Dado que principalmente se tratan de dormitorios, esta sistema resulta muy apropiado a la situación.

Ninguno de los sistemas pasivos tienen protección exterior. Esto es porque las prácticas usuales hacen que al disponer de una fuente energética sin ninguna restricción de consumo a veces se mantengan las mismas cerradas, evitando el ingreso de energía en invierno. Las cubiertas vidriadas entre los 70 cm y los 2,10 m, tal como se ha mencionado en el capítulo anterior se componen de doble vidriado armado "in situ" de acuerdo a Pattini et al., 1997. Los muros acumuladores llevan policarbonato de 10 mm de espesor tal como la ganancia directa por encima de 2,10 m. No existe aberturas por debajo de 70 cm.

La superficie de los sistemas solares son: para Ganancia directa $36,4 \text{ m}^2$ y para Muros acumuladores $27,7 \text{ m}^2$. La relación entre el área de muros y el área total de piso es de 18,3%. La Fracción de Ahorro Solar anual alcanza a 55%. Teniendo en cuenta que las estrategias de conservación de energía son importantes, el ahorro en el consumo de energía alcanza al 85 % si lo comparamos con el consumo que tendría el mismo edificio si fuera construido como tradicionalmente se ha concebido a la construcción en el lugar.

En la Figura N°4 se indica el consumo de energía mensual del edificio resultante, mientras que la Figura N° 5, la energía consumida cuando lo comparamos con el edificio construido en forma tradicional, es decir con 5 cm de lana de vidrio en techos y sin aislación térmica en muros, simple vidrio en ventanas y sin sistemas solares. Por el contrario la curva correspondiente al edificio solar muestra cómo se logra el ahorro del recurso que alcanza en su valor anual al 85%.

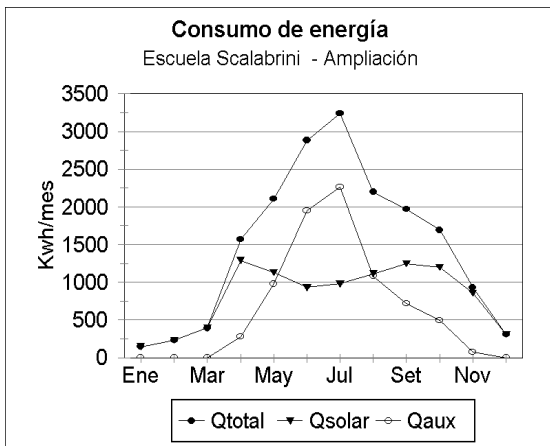


Fig. 4: consumo de energía mensual y anual

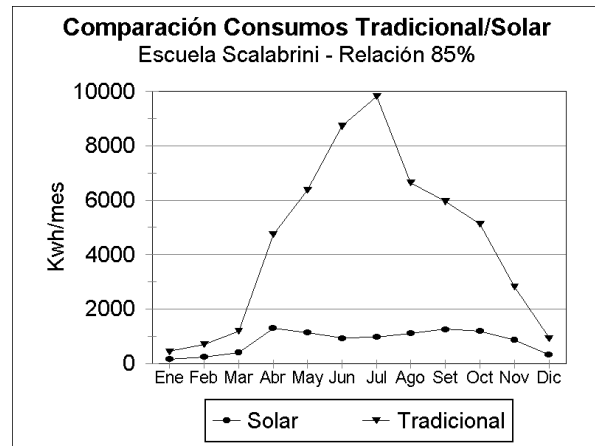


Fig. 5: comparación de consumos energéticos

La simulación térmica se muestra en la siguiente Figura N° 6. Como se puede observar la temperatura se mantiene entre 17°C y 22°C en los dormitorios de los niños y entre 17°C y 19°C en el dormitorio de los docentes. En los sanitarios el rango se mantiene entre 15,5°C y 17,5°C. Un dato interesante es la temperatura indicada como “entrada”, que corresponde a la puerta trampa que se ha colocado en el ingreso al edificio. Como se puede observar, se encuentra en valores intermedios a las temperaturas interiores y exteriores.

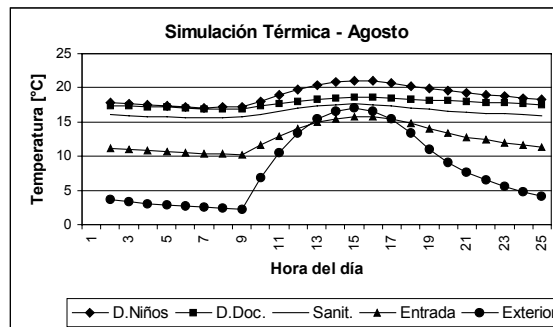


Fig. 6: simulación térmica del edificio.

Los costos del edificio alcanzaron a \$ 119500, es decir, \$ 373 por m². Realmente es un presupuesto bastante escaso, sin embargo, resulta ser mas bajo que cualquier presupuesto oficial para un edificio similar, ya que los costos incurridos en otros edificios que mantiene estas mismas consideraciones ha alcanzado los \$ 500 /m².

CONCLUSIONES

Se presenta el acondicionamiento térmico del edificio albergue para una escuela que se encuentra en un lugar energéticamente aislado de todas las fuentes de energía y con un clima riguroso y frío. Se demuestra mediante este estudio que el mismo es capaz de ahorrar hasta el 85% de la energía consumida para calefaccionamiento de los espacios interiores, con la consecuente mejora en cuanto a las condiciones interiores de confort. Es importante observar que el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles en el lugar, tal como la energía solar en este caso, debería ser una tarea fomentada desde el Gobierno mediante planes de aplicación y construcción de edificios de demostración. En este caso, el Gobierno de Mendoza, a través de la Dirección de Recursos Físicos está demostrando que esta tarea puede implementarse. Además los mismos pueden materializarse sin un gasto excesivo de presupuesto y el mismo queda listo para mantener un ahorro energético significativo durante toda su vida útil.

REFERENCIAS

Esteves A., Pattini a., Michell J. y de Rosa C. 1999. EDUCACION SOLAR DE ESCUELAS. UN CAMINO FACTIBLE HACIA LA SUSTENTABILIDAD. Expuesto y publicado en CD Conferencia Científica Internacional Medio Ambiente Siglo XXI. Univ. Central las Villas, Santa Clara, Cuba.

Mitchell, J., Mesa A., de Rosa C. 1999. "CONSTRUCCION DE LA ESCUELA N° 8-597 PEDRO SCALABRINI, EL SOSNEADO, SAN RAFAEL. DISEÑO ENERGETICAMENTE EFICIENTE. Enviado a la XXII ASADES. Tucumán.

Pattini A., Esteves A., Mitchell J., de Rosa C. 1997. "TECNOLOGIA DE CERRAMIENTOS TRANSPARENTES PARA EDIFICIOS EN ZONAS AISLADAS. INCORPORACION DE DOBLES VIDRIOS Y PERFILES EFICIENTES DE BAJO COSTO". *Av. Energ. Renov y Medio Ambiente*. Vol 1, N° 1.