

CONSERVACION DE ENERGIA E ILUMINACION NATURAL EN EL RECICLAJE DE EDIFICIOS EN AMBIENTES URBANOS. CASO EN MENDOZA, ARGENTINA

Alfredo Esteves^{1,3} – alfredo.esteves@um.edu.ar

Daniel Gelardi^{1,2} – daniel.gelardi@um.edu.ar

Alejandra Fredes² – alitasss@yahoo.com.ar

Ailén Isura² – ailiz@hotmail.com

¹DICYTV – Dirección de Investigaciones Científicas, Tecnológicas y de Vinculación
Universidad de Mendoza - Aristides Villanueva 773 – 5500 Mendoza – Argentina
Tel./Fax: 54 (0)261 4202017 int.150

²INESTUDIO Arquitectura - Olascoaga 554 – 5500 Mendoza - Argentina

³INCIHUSA-CONICET Av Ruiz Leal s/n – 5500 Mendoza - Argentina

Resumen: En la climatización natural de edificios existentes la conservación de energía y el aprovechamiento de iluminación natural deben estar presentes. Esto produce ahorros energéticos y menores emisiones de gases de efecto de invernadero a la atmósfera. En ambientes urbanos de Mendoza, hay muchos árboles que juegan un importante rol en la regulación térmica de los ambientes aledaños a los edificios. Estos afectan al edificio debido a que las hojas filtran la energía solar incidente. En este trabajo se presenta el reciclaje de una oficina mejorando las condiciones de iluminación natural interior mediante el uso de tubos de luz natural y se realiza el estudio de la mejora térmica mediante el uso de aislamiento térmico para reducir los consumos energéticos de calefacción y enfriamiento. Los resultados indican que desde la instalación de los lumiductos el nivel de ahorro se mantiene entre el 19 y el 25% de energía eléctrica y si se incorporan sistemas de conservación de energía en muros, el ahorro podría alcanzar 40% adicional.

Palabras clave: conservación de energía, iluminación natural, edificio de oficina

1. INTRODUCCION

La conservación de energía y el uso de energías renovables en edificios de oficinas no ha sido suficientemente implementado en Argentina. Existe una tarifa subsidiada desde 2003. Esta situación desalienta la inversión en estos sistemas y estrategias ya que los niveles de ahorro resultan mínimos en las facturas de servicios. Desde 2012 estas tarifas subsidiadas serán paulatinamente dejadas sin efecto y de este modo se tornan más interesante la posibilidad de ahorrar en estos temas. Los edificios de oficinas utilizan principalmente electricidad como fuente de abastecimiento energético para equipamiento, iluminación artificial y acondicionamiento (enfriamiento) del aire. Para la calefacción y el calentamiento de agua se utiliza gas natural.

En general los edificios y locales de oficina, como no han sido diseñados desde el punto de vista bioclimático, no hacen aprovechamiento de la energía solar incidente para acondicionamiento (calefacción e iluminación) natural de espacios, ni tampoco desde el punto de vista del confort acústico. Nota et al., 2003 indica al referirse a edificios de oficina en Tucumán, Argentina, que la construcción actual tiene dificultades para el aprovechamiento integral de las posibilidades de la envolvente, tanto para reducir el consumo de energía como para oficiar de elemento que permita el acondicionamiento ambiental de los espacios. Además el bajo costo de adquisición de los equipos de aire acondicionados y/o la facilidad de pago, implica su implementación masiva y con esto un mayor consumo de energía para acondicionamiento de los espacios. Evans indica que la eficiencia energética de edificios requiere la realización de estudios específicos y complementarios, no solo de la demanda de energía sino también del servicio energético y la satisfacción de los usuarios (Evans et al., 2007).

En cuanto al aprovechamiento de la iluminación natural en recintos urbanos, Córlica et al, 2008 al hablar respecto de la Ciudad de Mendoza, indica que es necesario tener en cuenta la arboleda para proceder al análisis y aprovechamiento de la iluminación natural en edificios de la trama urbana. Por otro lado, Pattini et al., 2003 expone la forma de aprovechar la luz natural a través de la incorporación de lumiductos de bajo costo, contruidos con materiales locales e indica la potencialidad del uso de los mismos. Ferrón et al., 2008, analiza el rendimiento, el ahorro energético y el impacto ambiental positivo del uso de estos sistemas para aquellos lugares alejados de los sistemas de iluminación natural por ventanas laterales.

Se propone el siguiente trabajo en el cual, se realiza el estudio de acondicionamiento ambiental de un local de oficinas observando las posibilidades desde el punto de vista: térmico, lumínico y acústico, de modo de poder reducir el consumo de energía eléctrica y acondicionar los espacios interiores para un mejor confort de sus usuarios.

2. DESCRIPCION DEL LOCAL

El local de oficinas es un local urbano de la ciudad de Mendoza, de bajo costo de construcción. Su planta es profunda en las dos direcciones N-S y E-O. Durante 2008 se incorporaron tres lumiductos que permiten mejorar las condiciones de iluminación natural.

Posee una superficie cubierta de 51 m² en dos niveles, 18 m² en PB y 33 m² en PA. Tiene 6 ventanas de 1,3 m x 1,10 m, se ubican 3 sobre el frente E y 3 sobre el O, siendo los límites N y S colindantes.

La construcción es de materiales usuales utilizados en Argentina, en muros (ladrillo con dos revoques), techo liviano de madera (con estructura de tirantes de pino laminado y cielorraso de machimbre, barrera de vapor y hormigón alivianado para dar pendiente y membrana de caucho con aluminio por el exterior); ventanas con marco y hoja de aluminio, corredizas con vidrio simple; puertas placas de madera enchapadas y reutilizadas. En la Figura 1 se puede observar el plano de planta (Planta Baja) y fotos del frente y sala de reuniones. En la Figura 2, se la planta (planta alta) y fotos de puestos de trabajo contiguos a las ventanas.

Se presentan sobre la zona central de PA tubos de luz natural de relación L/D (largo/diámetro) de 3. Los mismos permiten el ingreso de la iluminación natural en la zona central de las oficinas de PA cuyas dimensiones no permiten la llegada de iluminación natural desde las ventanas laterales. Ver Figura 2 posición de los mismos.

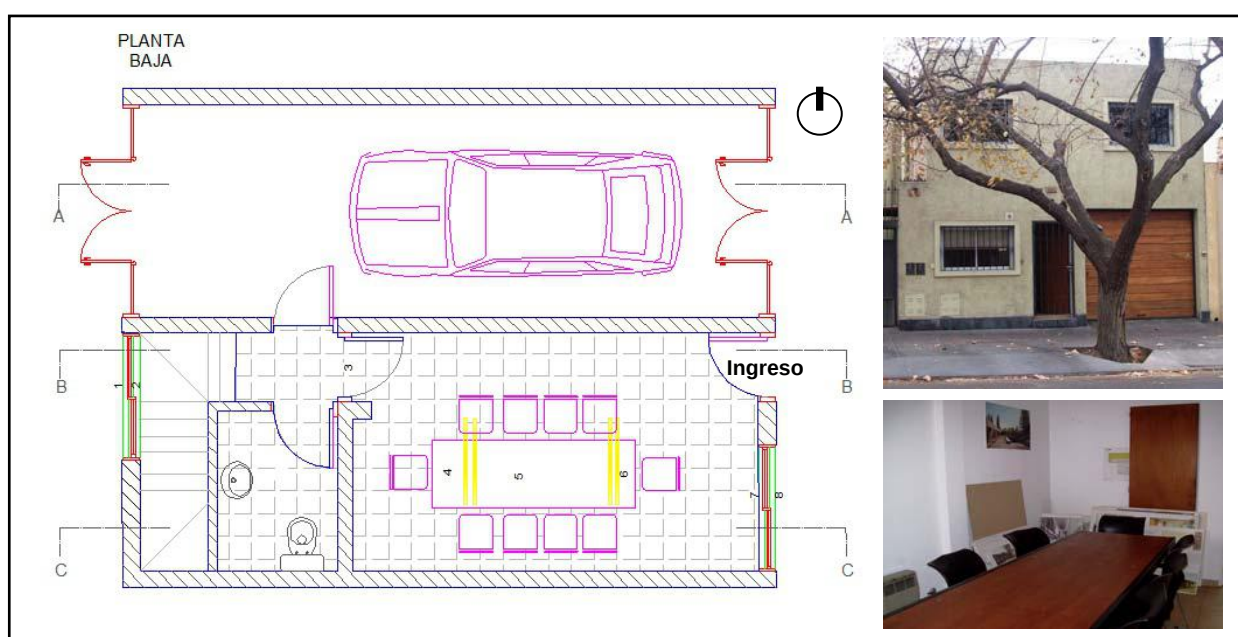


Figura 1: planta baja de la oficina y foto del frente y del interior de la sala de reuniones.

En su relación con la vereda de acceso existe un desnivel interior de 18 cm. Posee todas las ventanas con doble contacto y burletes incorporados. Posee además simple vidriado de 4 mm de espesor. Ninguna ventana posee alero, sólo un toldo hacia el oeste que se corre estacionalmente en verano para producir el sombreado desde el oeste.

Interiormente en PB se dispone de una pequeña sala de reuniones (ver Fig. 1) ésta se ilumina naturalmente desde una ventana lateral con orientación Este que recibe el sombreado de la vegetación (morera) en verano y época de otoño. Posee además una persiana americana que permite anular las visuales si fuera requerido por el trabajo desempeñado en el interior.

En PA hay oficinas en planta libre. La Fig. 2 muestra fotos hacia la esquina NO y hacia la esquina SE. Existen 8 puestos de trabajo ubicados en colindancia con los muros del contorno. En la zona central existe una península para discusión de trabajos con capacidad para 6 lugares. Existen 4 ventanas ubicadas 2 sobre la Fachada E y otras dos sobre la Fachada O. Esto permite la ventilación cruzada del local. Las ventanas ubicadas sobre la fachada Este, están sometidas al sombreado de la morera existente sobre la vereda, cuyas ramas sobrepasan el nivel del techo del edificio y en verano, cuando brotan las hojas, se arquean y cubren parcialmente el techo. (Ver Fig. 1).

Metodología

El registro de valores de temperatura, humedad relativa, iluminancia y nivel sonoro interior y exterior se realizó mediante mediciones directas.

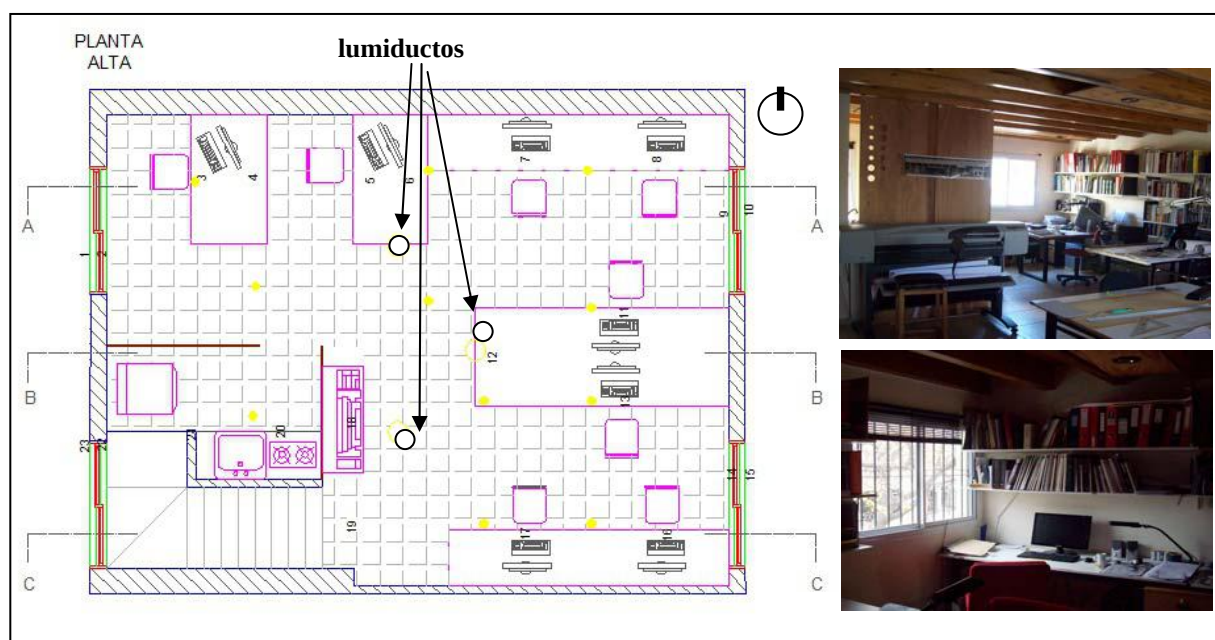


Figura 2: planta alta de la oficina y fotos del interior hacia esquina NO (superior) y esquina SE (inferior).

El estudio térmico se lleva a cabo registrando las temperaturas y humedad relativa en el exterior, en la oficina, en la sala de reuniones y en la escalera como espacio intermedio. El registro se realizó con sensores de temperatura y humedad relativa de HOBO Tipo U10 de temperatura y humedad relativa. Se toman datos de Radiación Solar sobre plano horizontal registrada en la Estación Meteorológica del INCIHUSA, ubicada en el CCT CONICET Mendoza y registrada con solarímetro Kipp y Zonen CM5.

Las mediciones de iluminancia se realizaron en el sitio bajo condiciones de cielo real considerando los parámetros: iluminancia horizontal interior, iluminancia horizontal exterior bajo condiciones de cielo cubierto y cielo claro (período diurno), los cuales permitieron evaluar en el aspecto cuantitativo el nivel de iluminancia de los espacios (en condición de puertas y ventanas abiertas y cerradas, considerando los valores estandar según normativa., el factor de luz diurna en los espacios según valores recomendados y el factor de uniformidad (en relación valor máximo y mínimo de iluminancia). Y en el aspecto cualitativo, el grado de confort a través de una encuesta que contestan los usuarios de la misma oficina.

3. ACONDICIONAMIENTO TERMICO Y LUMINICO

Para realizar las mediciones de iluminancia interior, se tomaron puntos de interés, coincidentes con los puestos de trabajo e intermedios. Se midió la iluminancia horizontal exterior al comienzo y final de cada medición utilizando un equipo ITW Modelo JT-813 Digital Lux Meter.

Se calculó también el factor de luz diurna (FLD) para condiciones de cielo cubierto, expresados en % como la relación entre la iluminancia interior (lux) y la iluminancia exterior (lux) sin obstáculos.

$$FLD = E_i/E_e * 100 \quad (1)$$

Esto permite comparar con los valores recomendados para cada espacio. Se estudia el % de distribución del FLD y se compara los puntos con el valor del 2% mínimo indicado por la Norma IRAM para oficinas (IRAM AADL J 002, 1969).

Para el estudio térmico se realizaron mediciones térmicas observando las temperaturas interiores y además se calcula el consumo energético tomando en cuenta el Balance Térmico para Edificios Sustentable (Esteves et al., 2003) y el cálculo del coeficiente volumétrico de pérdidas G según la norma IRAM . (IRAM 1998).

3.1 Estudio térmico

La forma del edificio y su relación con el medioambiente exterior, dado por las dimensiones de su envolvente, resulta bastante expuesto. El Factor de Area Envolvente/Piso (FAEP) resulta de 2.817 m²/m² (Esteves et al., 1997).

La envolvente del edificio resulta con una calidad térmica muy pobre, aunque es típica de la construcción de bajo costo destinada a ser alquilada. En primer lugar, dado que tiene el garage cuyo techo es parte del piso de las oficinas, y que al estar cerrado hacia la calle, pero abierto hacia el patio interno, comunica con el exterior, y agrega una transmitancia térmica importante. Además, ni los muros, ni el techo ha sido construido pensando en incorporar conservación de energía, las ventanas tienen simple vidriado. Solamente las carpinterías poseen doble contacto y burletes, por lo tanto, las infiltraciones son reducidas.

Se realizan mediciones de temperatura y humedad relativa exterior e interior durante el invierno. El sistema de calefacción es un acondicionador de aire frío/calor que permite acondicionar por aire caliente el espacio de oficina. En la pequeña sala de reuniones en PB, existe un calefactor a gas 3000 kcal/hr de potencia. Dada la alta inercia térmica del local, el mismo permanece encendido las 24 hr de modo que no permitir el enfriamiento del mismo que implicaría dificultad para su calentamiento posterior en tiempo y forma.

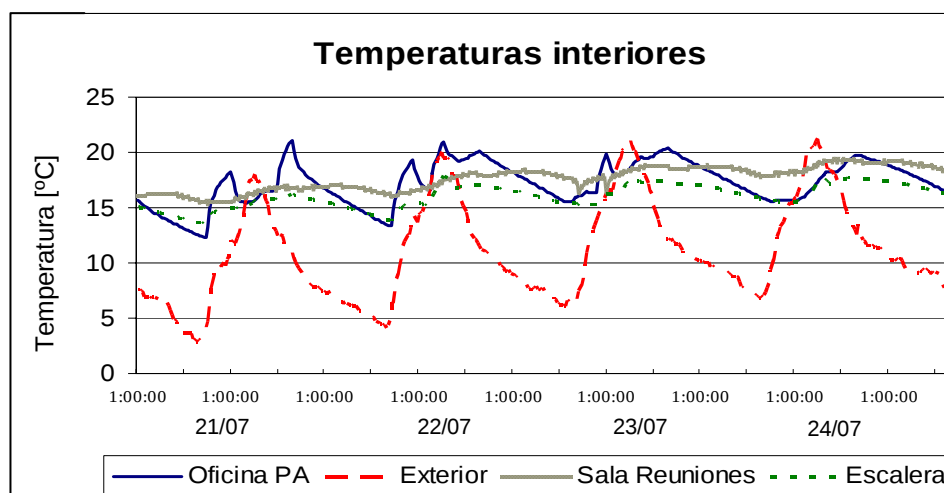


Figura 3: temperaturas interiores en oficina PA, Sala de reuniones PB, escalera y exterior.

Como se puede observar, en la Fig. 3, se presenta la temperatura para 4 días de invierno (20/07/2011 – 24/07/2011). Los días se presentan fríos, con una amplitud térmica de 15°C como promedio, característicos del clima de Mendoza. La curva azul (línea llena) muestra en la mañana y la tarde los picos correspondientes al calentamiento auxiliar, el que ocurre en la oficina de PA. Mientras que en la sala de reuniones se mantiene permanentemente encendida la estufa tipo infrarrojo de gas natural y esto resulta en temperaturas muy constantes (curva gris punteada). Se puede observar que para un día muy frío, con mínimas por debajo de 5°C, la temperatura en el interior de las oficinas de PA, resulta menores a 15°C al comenzar el día de trabajo, hecho que genera el encendido del sistema de calefacción tratando de lograr temperaturas más confortables para trabajar. Se observa también que a medida que la temperatura exterior va creciendo en las mínimas, la temperatura interior, resulta más confortable alcanzando 20°C hacia las horas de la tarde. Sólo la sala de reuniones donde el sistema de calefacción permanece encendido resulta con temperaturas más o menos estables, pero se alcanzan valores más confortables sólo cuando la temperatura mínima exterior resulta más elevada de 7°C. Se estudia la posibilidad de incorporar estrategias de conservación de energía, tal como se ha materializado en otro edificio con buenos resultados (Esteves et al., 2006).

La tabla 1 muestra los valores de las pérdidas por la envolvente y su % respecto del total. Muestra también los valores de pérdida por cada elemento de la envolvente. Se puede observar que el gran desarrollo de muros combinado con una baja resistencia térmica del mismo genera el 54% de las pérdidas por la envolvente. Por lo tanto, si fuera el caso, se debería aislar térmicamente este elemento que implicará una mejora sustancial en el acondicionamiento térmico.

Tabla 1: valores característicos de la pérdidas por envolvente.

Item	Transmitancia térmica - K [W/m ² .°C]	K x Area [W/°C]	Incidencia %
Techos	1.1	36.3	7.8
Muros	2.4	247	54
Ventanas	5.8	58.6	12.7
Fundaciones	0.72	22.3	4.8
Piso	3	46.2	10
Infiltraciones [Renov/hora]	1.1	49.5	10.7
Total		463.3	100

Tabla 2: valores de consumo energético.

Item	Oficina Existente	Oficina c/aisl. Térmica en muros
Energía consumida por calefacción	6690 kWh/año	3980 kWh/año
Potencia de calefacción necesaria	6270 kCal/hr	3784 kCal/hr
Coeficiente Global de pérdidas “G” IRAM 11604	3.2 W/m ³ .°C	1.9 W/m ³ .°C
Potencia de refrigeración	5600 f/h	4450 f/h

La Tabla 2 muestra el valor de energía consumida por año y la potencia necesaria. Se observa que si se genera una mejora en la envolvente aislando térmicamente los muros, estos valores se reducen de 6690 kWh/año de consumo y 6270 kCal/hr de potencia a 3980 kWh/año y 3784 kcal/hr respectivamente. El Coeficiente Global de Pérdidas pasaría de 3.2 a 1.9 W/m³.°C. Estos valores tanto como los indicados en la Tabla 1 y 2, se han obtenido de aplicar el programa de Balance Térmico de Edificios Sustentables, (Esteves et al., 2003).

Es interesante notar que no es atractivo aislar térmicamente el techo, dado que solamente representa el 7.8 % de las pérdidas totales en invierno y el 14,8% de las ganancias en verano. Es importante tener en cuenta que las ganancias internas resultan ser 1137 kWh/año, lo que implica 16.4% de las necesidades de energía anual para calefacción.

3.2 Estudio lumínico

El estudio lumínico se compone de dos fases, por un lado, el estudio tomando en cuenta el local existente, que tiene ventanas laterales en los muros Este y Oeste. Luego, en una segunda fase, se incorporan lumiductos de 0.20 m de diámetro y 0.66 m de longitud en la zona central, lo que contribuye a la iluminación de esta zona central, más oscura que implicaba la utilización de luz artificial de forma más intensa.

Ventanas de iluminación lateral:

Ubicadas en el muro Este y el muro Oeste. Las dimensiones son standard de 1,30 m x 1,10 m.
Superficie: 1.43 m²
Material: vidrio de 3.2 mm espesor; marco metálico de aluminio con doble contacto y burletes.
Sistema de control: persiana americana



Tubos de iluminación natural:

Ubicados en el techo sobre la zona central. Largo 0,66 m; diámetro inferior 0,20 m.

Material: ventana superior con vidrio laminado a 45°; poliéster metalizado interior del tubo; vidrio difusor inferior.

Sin sistema de control.

**Figura 4:** sistemas de iluminación natural de las oficinas

En la tabla 3 se puede apreciar los valores de iluminancia en cada puesto de trabajo para un día claro, en situación con lumiductos y anulándolos. Cuando no se anulan los lumiductos, los valores mínimos obtenidos de 0.33 coincide con las apreciaciones de Evans para edificios de oficina medidos en Buenos Aires y Neuquén en zonas

alejadas de ventanas laterales (Evans et al., 2007). Cuando se suma el efecto de los lumiductos, los valores mejoran sensiblemente en los puestos de trabajo más alejados de las ventanas laterales (puesto 2,3 y zona de reunión). Se observa también que el puesto 5 posee valores bajos aún con lumiductos. Esto podría mejorarse si se instalara un lumiducto adicional.

Tabla 3: Factor de Luz Diurna para puestos de trabajo y zona de reuniones en PA

Puesto	Con lumiductos	Sin lumiductos	Aumento [%]
1	2.17	2.04	6.4%
2	1.07	0.4	167.5%
3	1.8	0.51	252.9%
4	1.48	1.08	37.0%
5	0.68	0.43	58.1%
6	4.29	4.17	2.9%
zona reunión	2.12	0.33	542.4%

Se puede observar la clara incidencia e influencia de la luz natural, a través del uso de lumiductos sobre las condiciones lumínicas de la oficina. En la tabla 4 puede observarse una incidencia variable entre aproximadamente 250% en puestos directamente influenciados por los tubos, hasta 2.9% en los más alejados. En la zona de reuniones se observa una mejora sustancial ya que se genera un aumento de más de 500%, lográndose FLD mayores al 2%.

3.3 Consumos de energía

Los valores de consumo de energía se han visto disminuidos a partir de la colocación de los tubos de luz natural en el local de oficinas de P.A. Planta baja es una limitación para incorporar una iluminación natural a través de estos tubos con esta tecnología.

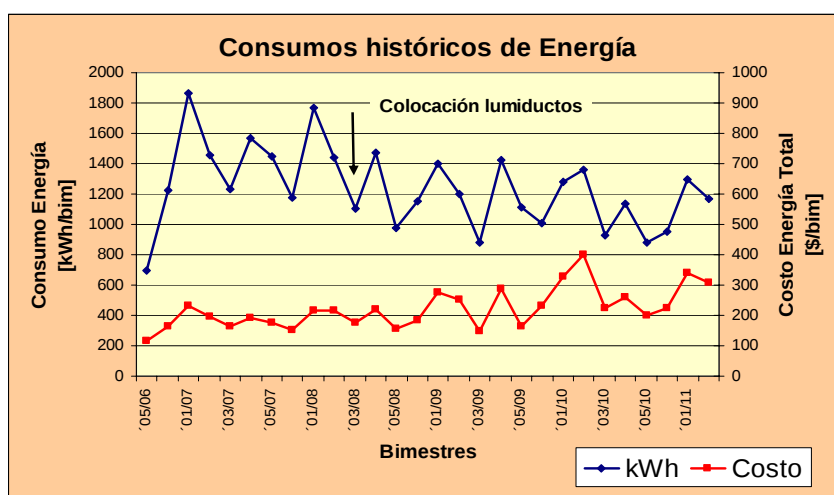


Figura 5: consumos bimestrales de energía eléctrica.

Se observa que el ahorro impacta no solamente en el consumo de iluminación sino también en el consumo de aire acondicionado tal como aparece en la Fig. 5 a partir de mediados de 2008 en que fueron colocados. Se observa los picos correspondientes a meses extremos de verano (bimestre 1 de cada año) e invierno (bimestre 4 de cada año). Se observa desde la instalación, un consumo en momentos pico de 1800 kWh/bim, se reduce a 1400 kWh/bim aproximadamente. En la situación de meses intermedios, los consumos más bajos inicialmente estaban en 1200 kWh/bim bajan a aproximadamente 1000 kWh/bim.

Como se puede observar, los valores indican un ahorro en promedio de 1500 kWh/año, lo que representa un 21.6% de lo originalmente era consumido. Un dato interesante es que a los valores actuales de energía, de \$ 0.4664/kWh, el período de amortización de la inversión en lumiductos es de 3.8 años.

4 - CONCLUSIONES

Se ha evaluado la situación térmica y lumínica de una oficina inserta en el ambiente urbano de la ciudad de Mendoza, Argentina. Esta se ha proyectado sin incorporar ningún elemento de ahorro energético o uso de energía solar. Se propone entonces el estudio del acondicionamiento térmico mediante el uso de estrategias de conservación de

energía y el acondicionamiento lumínico interior para aprovechar más la iluminación natural mediante el uso de lumiductos en la zona alejada de las ventanas laterales.

En el acondicionamiento térmico podemos indicar que al incorporar aislamiento térmico en muros, reduciendo su transmitancia de 2.4 W/m².°C a 0.65 W/m².°C el ahorro energético alcanza 2710 kWh/año, lo cual representa un 40% de ahorro energético.

En el acondicionamiento lumínico, la incorporación de lumiductos mejora sensiblemente los valores de iluminancia en cada puesto de trabajo, alcanzando porcentajes variables en función de su posición respecto de las ventanas laterales y de los propios lumiductos. Sin embargo, para puestos de trabajo directamente involucrados en los mismos, se puede mejorar en valores de 150% a 500%. Es importante también indicar que los niveles lumínicos interiores representados por el Factor de Luz Diurna, se pueden acercar al 2% valor indicado como aconsejable por la norma IRAM (IRAM AADL J 002, 1969). Es de destacar que estos valores se alcanzan con un diseño que mantiene una relación de Longitud / Diámetro L/D=3. Si quisiéramos mejorar esos niveles lumínicos se podría trabajar con valores menores de la relación.

REFERENCIAS

- Esteves A., Gelardi D., Oliva A.L. 1997. The Shape in Bioclimatic Architecture. II Teaching in Architecture Conference. Cap. 3, pp. 12-18. Ed. Marco Sala. Florencia. Italia.
- Esteves A., Gelardi D. 2003. Docencia en arquitectura sustentable: programa de optimización de proyectos de arquitectura basado en el balance térmico. Rev. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7, N° 2, pp. 10.31-10.34. Salta. Argentina.
- Esteves A., Gelardi D. 2006. "Técnicas constructivas y materiales de bajo costo energético en la arquitectura sustentable. caso proyecto y construcción de vivienda en centro-oeste de argentina". Actas del XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construido (ENTAC 2006), pp. 3629-3638. Florianópolis 23 al 25 de Agosto. Brasil.
- Ferrón L, Pattini A., Lara M.A. 2008. Sistema innovativo de iluminacion natural y ventilacion pasiva de bajo costo. caracterización lumínica. AVERMA 14, pp. 08-55/61.
- Evans J.M., de Shiller S. 2007. Procedimiento de auditorias y evaluacion de servicio energético: desarrollo, aplicación y Transferencia. AVERMA 11, pp. 07-17/22. Salta, Argentina.
- IRAM AADL (1969) Norma IRAM AADL J 20-02 Iluminación natural de edificios, condiciones generales y requisitos especiales, IRAM, Buenos Aires. Argentina.
- IRAM (1998) Norma IRAM 11.604, Coeficiente volumétrico G de perdidas de calor, cálculo y valores limites, IRAM, Buenos Aires. Argentina.
- Pattini A., Mitchell J., Ferrón L. 2003. Diseño de Lumiductos de bajo costo para vivienda bioclimatica unifamiliar. AVERMA Vol. 7, N° 1, pp. 05-31/35. Salta, Argentina.
- Nota V.M., S.L. Ledesma, G.E. Gonzalo, C.F. Martinez, A.S. Tortonese. 2003. Evaluación del comportamiento higrotérmico, de asoleamiento y lumínico de edificios de oficinas en san miguel de Tucumán. Averma Vol. 7, N° 1, pp. 05-43/48. Editorial INENCO, Salta. Argentina.

ENERGY CONSERVATION AND DAYLIGHTING FOR BUILDING REFURBISHMENT IN URBAN ENVIRONMENT. THE CASE OF MENDOZA, ARGENTINA

Abstract: *In the natural climatization of existent buildings the energy conservation and natural daylighting must be present in refurbishment project. This produce energy savings and lower emission of environmental gases to atmosphere. In urban environment of Mendoza, there are many trees that play important role in thermal regulation of sidewalk climate. These affect building of one level because the leaves (filtran) incident solar energy. In this work it is presented a thermal conditioned of one office that has been improved with tubular daylighting system in 2008 and it is presented the possibility to improve thermal aspects, in order to save more energy too. The results indicates that tubular daylighting systems have saving 19% to 25% of electric energy and with thermal aspects it is possible to grow in savings to 40% more.*

Keywords: energy conservation, daylighting, office buildings.