

## VARIABLES DE SISTEMAS DE VIDRIADO Y SU IMPACTO SOBRE LA CARGA TÉRMICA E ILUMINACIÓN NATURAL DE EDIFICIOS EN ALTURA

María Eugenia Kralj  
Curso de Posgrado, Programa de Actualización en Diseño Bioambiental,  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.  
Tel: 4804-9905, e-mail: mekralj@ciudad.com.ar

**RESUMEN** - El siguiente estudio analiza el comportamiento de diferentes termopaneles en un edificio de oficinas y su relación directa con la carga térmica, iluminación natural y el consumo energético de una planta tipo. Se analizaron vidrios con diferentes factores de sombra y, a su vez, diferentes porcentajes de superficie vidriada en la fachada. Se utilizaron como herramientas, el cálculo de balance térmico para aire acondicionado y un programa de simulación de iluminación natural. El objetivo es relacionar los diferentes aspectos, térmicos y lumínicos, y obtener algunas conclusiones en cuanto a la conveniencia de utilizar vidrios de características distintas y la necesidad de aumentar o disminuir la superficie vidriada dependiendo del tipo de vidrio utilizado, especialmente según la transmitancia lumínica.

**PALABRAS CLAVES:** Iluminación natural, vidrios, carga térmica, factor de sombra, transmisión de luz visible.

### INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es el estudio del comportamiento de las envolventes de edificios en altura, especialmente la influencia de la superficie vidriada en la carga térmica, el consumo energético y el aprovechamiento de la iluminación natural. Para la investigación, se tomó como referencia una torre de oficinas situada en la zona de Catalinas de la ciudad de Buenos Aires, situada dentro de la zona bioambiental III templada cálida según (IRAM 1996). El edificio tiene 29 pisos y la planta tipo cuadrada (29 x 29 metros) posee un núcleo central de servicios. La distancia entre éste y el perímetro de la planta es de 9 metros.

Se estudiaron vidrios con diferentes factores de sombra, su importancia dentro de la ganancia total de calor, y el nivel de iluminación que brindan en el interior. Se verifican la zona influenciada directamente por los factores climáticos exteriores, y la zona pasiva. Se tomaron como referencia termopaneles con doble vidrio, cuyos valores de coeficiente de sombra son 0.23, 0.45 y 0.80. A su vez, para cada valor, se establecieron tres áreas de superficie vidriada diferente. La superficie vidriada se tomó sobre la base de un módulo donde la distancia de piso terminado a piso terminado es 3.40. De acuerdo a dicha altura se establecieron tres posibilidades de aventanamiento corrido, o sea, aberturas que recorren todo el perímetro del edificio sin interrupciones de muros o columnas:

- 1- 35% superficie vidriada. Altura de antepecho: 0.90 m. Altura superficie vidriada: 1.20 m.
- 2- 50% superficie vidriada. Altura de antepecho: 0.90 m. Altura superficie vidriada: 1.70 m.
- 3- 75% superficie vidriada. Altura de antepecho: 0.00 m. Altura superficie vidriada: 2.60 m.

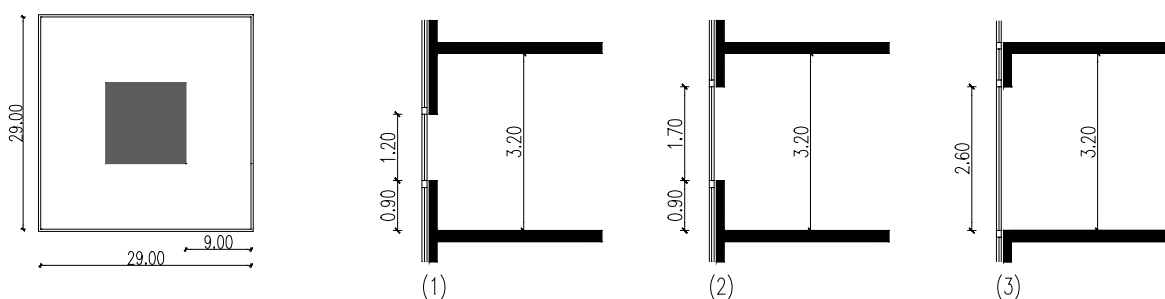


Figura 1. Planta tipo con núcleo central y secciones de las diferentes alternativas de aberturas.

Los métodos utilizados para el estudio fueron el cálculo de balance térmico y el programa de simulación de iluminación natural llamado Daylight. Los resultados se sintetizaron en los respectivos cuadros comparativos, a partir de los cuales surgieron los gráficos finales.

## GANANCIAS TERMICAS Y CONSUMO ENERGETICO

Tabla 1. Cuadro de ganancias térmicas.

| CASO N° | COEF. TRANS. TERM. (W/M <sup>2</sup> C) | COEF. DE SOMBRA % | SUP. VIDRIO % | SUP. PARED % | CALOR TOTAL PLANTA (WATTS) | CALOR POR VIDRIOS (WATTS) | % DEL CALOR TOTAL | REFRIG. NECES. POR PLANTA (TR) | X 29 PISOS (TR) |
|---------|---|-------------------|---------------|--------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1       | 3,16                                    | 0,23              | 0,35          | 0,65         | 120.050                    | 18.029                    | 0,15              | 34                             | 998             |
| 2       | 3,16                                    | 0,23              | 0,50          | 0,50         | 127.014                    | 25.813                    | 0,20              | 36                             | 1.055           |
| 3       | 3,16                                    | 0,23              | 0,75          | 0,25         | 138.620                    | 38.719                    | 0,28              | 40                             | 1.153           |
| 4       | 3,16                                    | 0,45              | 0,35          | 0,65         | 133.101                    | 31.120                    | 0,23              | 38                             | 1.106           |
| 5       | 3,16                                    | 0,45              | 0,50          | 0,50         | 145.659                    | 44.458                    | 0,31              | 42                             | 1.218           |
| 6       | 3,16                                    | 0,45              | 0,75          | 0,25         | 166.587                    | 66.686                    | 0,40              | 48                             | 1.385           |
| 7       | 3,16                                    | 0,80              | 0,35          | 0,65         | 153.865                    | 51.884                    | 0,34              | 44                             | 1.276           |
| 8       | 3,16                                    | 0,80              | 0,50          | 0,50         | 175.321                    | 74.120                    | 0,33              | 50                             | 1.457           |
| 9       | 3,16                                    | 0,80              | 0,75          | 0,25         | 211.081                    | 111.180                   | 0,53              | 60                             | 1.740           |
| *10     | 3,16                                    | 0,45              | 0,50          | 0,50         | 132.819                    | 44.458                    | 0,33              | 38                             | 1104            |

\*Luces perimetrales no encendidas

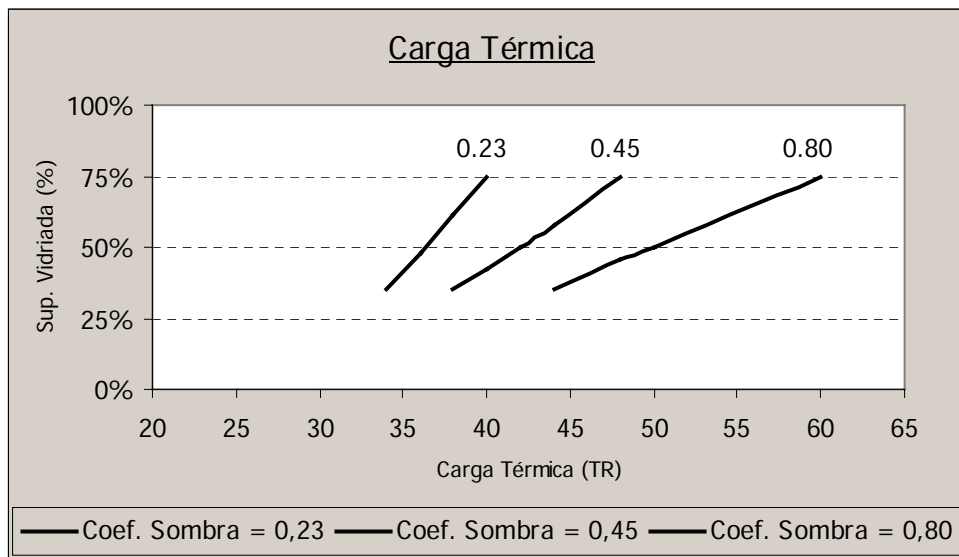


Figura 2. Curvas de la carga térmica en función de la superficie vidriada para vidrios con diferentes coeficientes de sombra.

El estudio de la carga térmica y consumo energético se hizo en base al cálculo de balance térmico utilizado para el diseño de aire acondicionado. Se toma como base de cálculo un día del mes de febrero, un horario crítico (15 hs), la temperatura de bulbo seco exterior de 35°C e interior de 25°C, la humedad relativa exterior 40% e interior 50%, la humedad absoluta exterior 14.3 gr e interior 9.3 gr. Se calculó la carga por transmisión y radiación de los vidrios, y la carga por transmisión de las paredes exteriores cuyo coeficiente es de 1.30 W/M<sup>2</sup>C. Luego se obtuvieron las ganancias internas: 130 Watts por persona, 30 Watts por M<sup>2</sup> de iluminación, 30 M<sup>3</sup>/H por persona de renovación de aire exterior, y luego se consideró la carga por equipos. Se realizó un balance para cada caso de estudio, sintetizando los resultados en la Tabla 1 y en la Figura 2.

A partir de la Figura 2, se deduce que a medida que disminuye el coeficiente de sombra del vidrio, disminuye también la variación de la carga térmica. Con el vidrio de coeficiente de sombra 0.80, la diferencia entre cubrir un 35% o un 75% de la fachada con éste, es de 16 TR (Toneladas de refrigeración) por planta en la refrigeración. Multiplicado por 29 pisos, serían 464 TR. A parte del gran incremento en el consumo energético, se debe considerar el factor económico. El costo promedio de la tonelada de refrigeración se calcula alrededor de \$1000, por lo que, basándonos en el cálculo realizado, el incremento de la inversión inicial por los equipos de aire acondicionado rondaría los \$464.000. Mayor sería también, el gasto durante el funcionamiento del edificio. Se observa cómo el coeficiente de 0.23, favorece enormemente la disminución de la carga térmica, y a la vez, su variación es mucho menor: 6 TR.

## ILUMINACION NATURAL

Tabla 2: Sectores con buena iluminación natural, según la distancia desde el vidrio según resultados de la simulación

| CASO N° | COEF. DE SOMBRA % | SUP. VIDRIO % | SUP. PARED % | METROS CON BUEN NIVEL DE ILUMINACION A PARTIR DEL VIDRIO |
|---------|-------------------|---------------|--------------|--|
| 1       | 0,23              | 0,35          | 0,65         | 1,80   |
| 2       | 0,23              | 0,50          | 0,50         | 2,50   |
| 3       | 0,23              | 0,75          | 0,25         | 2,70   |
| 4       | 0,45              | 0,35          | 0,65         | 2,50   |
| 5       | 0,45              | 0,50          | 0,50         | 4,00   |
| 6       | 0,45              | 0,75          | 0,25         | 4,50   |
| 7       | 0,80              | 0,35          | 0,65         | 4,00   |
| 8       | 0,80              | 0,50          | 0,50         | 7,00   |
| 9       | 0,80              | 0,75          | 0,25         | 9,00   |

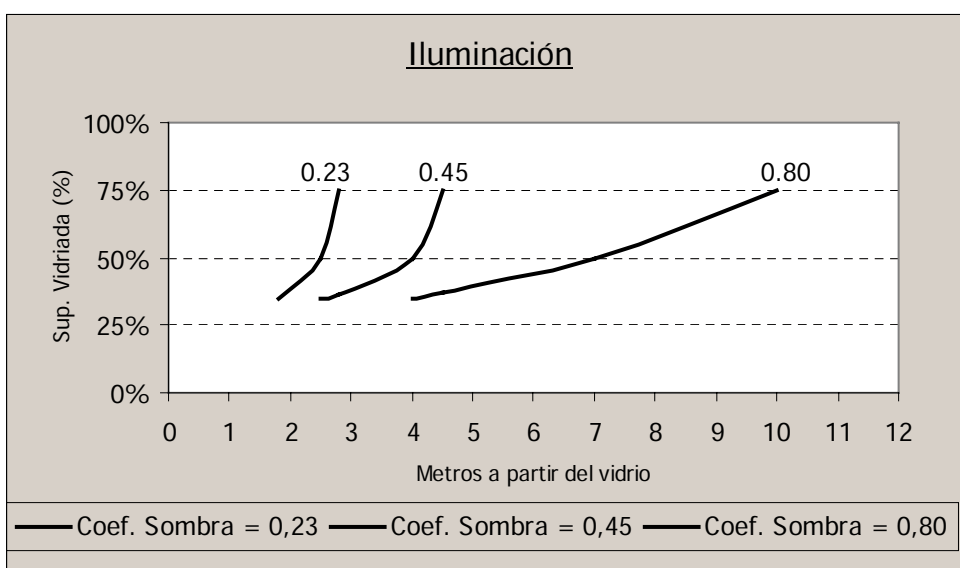


Figura 3. Curvas de iluminación, FLD 2 %, según la distancia desde el vidrio en función a la superficie vidriada y el factor de sombra del vidrio.

De la figura 3 se deduce que al utilizarse vidrios de coeficiente de sombra 0.23 o 0.45, hay un incremento considerable de la superficie perimetral con buen nivel de iluminación en el paso de 35 a 50% de superficie vidriada. Pero también se observa que al aumentar la superficie vidriada de 50 a 75%, no se aumenta de una manera significativa el área con buena iluminación. Sólo se agrega 0.50 metros de buena iluminación. O sea, que la utilización del vidrio desde altura 0.00 no mejora significativamente la iluminación ya que se ha considerado para el uso oficina, la iluminación sobre un plano de trabajo a 73 cm de altura.

Utilizando el vidrio de coeficiente 0.45, se obtiene buena iluminación en las oficinas o áreas perimetrales al cubrir el 50% de la superficie de fachada, no siendo necesaria la iluminación artificial en ciertos horarios, con lo que la carga térmica total disminuiría más todavía. Esto se puede observar en la tabla 1: la carga térmica en el caso en que las luces perimetrales están encendidas es 145.659 Watts, mientras que si no se encienden las luces perimetrales la carga térmica se reduce a 132.819 Watts. Eso significa que para refrigerar esa planta se necesitan aproximadamente 4 TR menos, y para 29 pisos, 114 TR menos.

Con el vidrio de coeficiente 0.80, se logra muy buena iluminación, pero a costa de un gran incremento en la carga térmica. Y además, para el uso de monitores en la oficina, no es recomendable demasiada iluminación natural debido a los problemas causados por los reflejos que ésta genera sobre las pantallas.

## CONCLUSIONES

Podría decirse que para el caso de edificios de oficinas, es recomendable el uso de vidrio con bajo coeficiente de sombra, ya que a pesar de permitir poca iluminación natural, el ahorro en el consumo energético es significativo. A ello se debe sumar el hecho de que el uso de computadoras, y sus monitores, redundan en que se torne innecesario una excesivamente buena iluminación natural.

Se han realizado consultas con personas que trabajan en el edificio estudiado, en el cual se utilizaron vidrios con un coeficiente de sombra 0.45, quienes manifestaron sensibles molestias en determinados sectores de la planta, los que son ocasionados por la radiación solar reflejada sobre las pantallas de los monitores. Habría que aclarar que en este caso, no existe ningún otro tipo de protección solar, salvo las persianas americanas interiores.

Se denota como ventajosa la disminución de la superficie vidriada, puesto que hay una gran variación de la carga térmica a medida que esta aumenta, sobre todo en el caso de los vidrios con un alto coeficiente de sombra.

Finalmente, se podría concluir en señalar la poca interacción entre el estudio de arquitectura a cargo del diseño de la torre y el grupo de asesores técnicos en la generalidad de los casos, ello por cuanto no hay estudios realizados respecto de los consumos energéticos generados por las diferentes envolventes del edificio, o variantes dentro del mismo diseño.

A partir de los datos obtenidos, y de las importantes diferencias entre la utilización de un vidrio u otro, y del aumento o disminución de las superficies vidriadas, se arriba a la conclusión de que el trabajo en conjunto, de los arquitectos con los asesores técnicos, significa un beneficio en el producto final, respecto de los consumos energéticos y su relación con la inversión inicial.

Como un agregado final, se podría también hacer referencia al trabajo (Kralj et al, 2000), donde aparece el caso del edificio de la UCA en Puerto Madero. Aquí se puede verificar que el hecho de utilizar vidrios con un coeficiente de sombra de 0,23%, no impide que los rayos del sol entren y produzcan molestias sobre superficies de trabajo o monitores, como ocurre en el sector de la biblioteca orientado al oeste. Se necesita agregar otro sistema de protección solar. El edificio posee un patio interno donde se utilizó el mismo vidrio para las ventanas de la biblioteca y oficinas del segundo piso. Acá ocurre que el vidrio quita demasiada iluminación, los rayos del sol sólo penetran en algunos horarios en el verano sobre todo; quizás hubiese sido mejor en este caso, colocar parasoles horizontales y un vidrio con alto factor de sombra, ya que la radiación solar no tenía un peso importante, y el nivel de iluminación hubiese aumentado a más del triple.

Se comprueba entonces, que cada caso es diferente, y que es importante hacer un estudio previo sobre la iluminación y los vidrios a utilizar.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado como monografía en el Taller de Integración proyectual en el marco del Curso de Posgrado Programa de Actualización en Diseño Bioambiental 1999, Escuela de Posgrado, FADU-UBA, director arq. John Martin Evans, directora del Taller arq. Silvia de Schiller.

## REFERENCIAS

- Evans, J. M. y de Schiller, S. (1995) Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. 3° edición. Eudeba, Buenos Aires.
- Frame, I. & Birch, S. (1991). Daylight Versión 4.1, Dept. of Built Environment, University of East Anglia.
- IRAM-AADL J20-02 (1969) Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales, IRAM, Buenos Aires.
- Kralj, M. E., González Matterson, M. L., Evans, J. M. (2000). Mediciones y Simulación de Iluminación Natural en Edificios con Patio de la Ciudad de Buenos Aires. Trabajo enviado a Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente.
- Norma IRAM 11.603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios, clasificación bioambiental de la República Argentina. IRAM, Buenos Aires.

## GLAZING SYSTEM VARIABLES AND THEIR IMPACT ON THERMAL LOADS AND DAYLIGHT IN HIGH RISE BUILDINGS

**ABSTRACT** - This paper analyses the thermal performance of different glazing systems in a office building and the influence on the thermal load, natural lighting and energy consumption in a typical floor plan. Glazing with different shade factors and proportions of the facade were evaluated. An estimate of the thermal load was made, together with simulations of the daylight distribution. The objective is to relate different aspects: thermal and lighting, and to obtain conclusions about the benefits of using glazing with different characteristics and the need to increase or decrease the area of glazing in the facade according to the type of glass, especially the visible light transmittance.