

## **EVALUACIÓN COMPARATIVA DE EFICIENCIA DE PARASOLES Y SU INCIDENCIA EN LA ILUMINACIÓN NATURAL DE AULAS EN SAN MIGUEL DE TUCUMÁN.**

S.L. Ledesma<sup>1</sup>, G.E. Gonzalo<sup>3</sup>, M.S. Cisterna<sup>2</sup>, S.G. Márquez Vega<sup>2</sup>, G.I. Quiñones<sup>2</sup>, V.M. Nota<sup>2</sup>.

Instituto de Acondicionamiento Ambiental - Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Nacional de Tucumán - Av. Roca 1900 - 4000 Tucumán - Argentina

Tel.+ .54.381.4364093 Email: [ceema@herrera.unt.edu.ar](mailto:ceema@herrera.unt.edu.ar) - Web: <http://www.herrera.unt.edu.ar/fauunt/ceema/inicio.htm>

**RESUMEN:** El presente trabajo muestra los estudios del comportamiento frente a la obstrucción de la radiación solar y a la provisión de iluminación natural, de diferentes soluciones de parasoles empleados en los aventanamientos de escuelas de la Provincia de Tucumán.

El estudio que tuvo como objetivo determinar las soluciones de diseño más convenientes a adoptar según la orientación, en los edificios escolares, se realizó a partir de la aplicación de metodologías gráficas y mediciones en modelos a escala.

Los resultados obtenidos permitieron definir grados de eficiencia relativos de los parasoles más empleados en las escuelas, verificar su comportamiento frente a la iluminación natural y demostrar que en el diseño de las superficies vidriadas de aulas es fundamental considerar de manera conjunta los aspectos relativos al asoleamiento e iluminación natural.

**Palabras clave:** Arquitectura – comportamiento térmico, iluminación natural, asoleamiento, escuelas.

### **INTRODUCCIÓN**

Sobre la influencia de las ventanas en el comportamiento de los estudiantes y de los usuarios no deja de tener importancia la completa revisión bibliográfica realizada por Belinda Collins del Nacional Bureau of Standards, donde se establece por primera vez la necesidad psicológica y fisiológica de contar con ventanas bien diseñadas (Collins B, 1974).

Este hecho se ve reforzado por un estudio específico sobre rendimiento escolar, de una extensión y profundidad significativa, que evaluaron encuestas realizadas a más de 21.000 estudiantes y más de 2.000 aulas escolares, en donde encontraron que, controlando todas las otras influencias, los estudiantes que concurrían a escuelas con aulas bien iluminadas y con mayor iluminación natural tenían un rendimiento un 20% mayor en pruebas matemáticas y un 26% mayor en pruebas de lectura. Otro resultado significativo es que los estudiantes en aulas con ventanas que pueden ser abiertas, tienen un rendimiento del 7-8% mayor que aquellos que estudian en aulas con ventanas de vidrios fijos. (Loisos G., 1999)

Las soluciones para lograr un adecuado control del ingreso solar y a su vez una iluminación natural correcta van desde complejas tecnologías de vidriados especiales selectivos a los ángulos de incidencia de la radiación y capaces de iluminar con un elevado control del calor radiante, denominados LCPs – Laser Cut angular selective panels- (Reppel J. y Edmonds I.R., 1998). Muchas soluciones son inaplicables, considerando la situación económica de nuestro país, debiéndose adoptar sistemas simples, preferiblemente de fácil manejo o fijos, encontrándose una enorme variedad de protecciones y sistemas. (Snack A. et al., 2001)

El uso de ventanas simples, tal como es lo habitual en las escuelas que se construyen en nuestra provincia, quizá con celosías metálicas como único control de ingreso solar, que permite un control del tipo todo-nada, se encontró mediante una gran cantidad de mediciones como altamente inadecuada (Gonzalo G.E., Ledesma S.L. y otros, 2003). La utilización de bandejas de luz para facilitar el ingreso indirecto de iluminación y radiación ya fueron estudiadas en trabajos anteriores (Gonzalo et al., 2002) y en estudios de otros autores (Casablanca G.A. y J.M. Evans, 2003), demostrándose su eficacia. Otros aspectos, como los acústicos (Santos et al., 2000) o la selección del tipo de vidriado de las ventanas, pueden ser muy importantes. Sin embargo es muy difícil introducir estos cambios, sobre todo en escuelas existentes.

Es por ello que se individualizaron las dos variables más importantes que hacen al comportamiento de las ventanas en los edificios escolares que se construyeron y construyen en Tucumán, estudiando la influencia que tienen en el control de ingreso solar y la distribución de la iluminación natural.

En anteriores estudios elaborados por el equipo de trabajo, se realizó una evaluación comparativa de aspectos térmico, lumínico y soleamiento del sector de aulas de seis edificios escolares. Como resultado de este estudio se determinaron los problemas de habitabilidad producto de la falta de incorporación de pautas bioclimáticas en el diseño del edificio. Con el objetivo de proponer alternativas de diseño que puedan ser incorporadas a las soluciones adoptadas actualmente o en los nuevos edificios, para mejorar las condiciones de confort, se realizó un estudio comparativo de diferentes parasoles y se determinó su eficiencia como protección de la radiación solar directa en el interior del aula y la incidencia de los mismos en los niveles de iluminación natural.

---

<sup>1</sup> Profesora Adjunta, Directora de Proyecto de Investigación del CIUNT. <sup>2</sup> Docentes de los Seminarios e Investigadores del Proyecto de Investigación del CIUNT. <sup>3</sup> Profesor Titular, Director de los Seminarios y del Programa de Investigación CIUNT.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para realizar la evaluación comparativa se analizaron diez prototipos de parasoles. Bajo la pauta de obstrucción de la radiación solar directa en el local durante todo el año, se determinó su eficiencia para cada una de las orientaciones.

Este análisis permitió comparar el comportamiento de los diferentes parasoles. La incidencia de los mismos en la iluminación natural del local se estudió con un modelo a escala en el cielo artificial.

El punto de análisis de los diferentes parasoles se ubicó en el centro de la ventana, tanto en corte como en planta para todas las orientaciones. La comparación de los resultados permitió definir una eficacia del parasol frente a la obstrucción solar relativa al punto de análisis. (Mazrria)

### Consideraciones del estudio:

1. La superficie de ventanas se determinó según lo establecido en “Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar” que recomienda como relación máxima entre área vidriada (considerada a partir de 1m de altura) y área de piso: 18% en locales con Orientación al Este u Oeste, 25% en locales con orientación Norte o Sur.
2. Propuso considerar como situación prototípica una ventana rectangular de 1.10 de ancho por 1.20 m de alto ya que la misma es la frecuentemente utilizada en edificios escolares y responde además a medidas comerciales estándares. La misma se integró a un muro de 0.20 m de ancho y se ubicó a 0.10 m de la cara exterior del muro.
3. Se partió del diseño de un parasol horizontal de 0.60 m de profundidad por 1.50 m de ancho (0.90 m<sup>2</sup> de superficie constructiva).
4. Se adoptó un volumen de parasol que se mantuvo como parámetro a cumplir en todos los diseños, lo que permitió comparar la eficiencia de los diferentes parasoles con el objeto de facilitar al diseñador la comparación de prototipos que requieren una misma inversión a la hora de materializarlos.
5. Diseño de los parasoles: se tomó como prototípicos los parasoles mas construidos en edificios escolares del medio: parasol horizontal, pantallas verticales, tipo casetonado, de lamas verticales, de lamas horizontales y de lamas inclinadas.



Foto1: Simulación Solar en el exterior.



Foto2: Medición en Cielo Artificial.

Se determinó la eficiencia de cada parasol para las cuatro orientaciones principales (Norte, Sur, Este y Oeste). Para ello, primeramente, se contabilizó el número de horas de incidencia solar en las distintas orientaciones a lo largo del año (estación Aero) tomando como base el Diagrama de Trayectoria Solar correspondiente a la provincia de Tucumán (estación Aero) y se determinó la cantidad de horas con incidencia solar para el periodo estival considerando el periodo correspondiente a los meses de septiembre a marzo.

La siguiente tabla indica el número de horas de incidencia solar sobre la ventana en análisis de acuerdo a las diferentes orientaciones.

Numero de horas de incidencia solar para las distintas orientaciones									
Orientaciones	Periodo estival				Periodo invernal			Totales	
	diciem.	ene/nov	feb/oct	mar/sep	abr/ago	may/jul	junio	anuales	verano
Norte	4	12	18	24	22	21	10	111	58
Sur	9	14	8	-	-	-	-	31	31
Este	6.5	13	13	12	11	10	5	70.5	44.5
Oeste	6.5	13	13	12	11	10	5	70.5	44.5

Tabla N° 1: Número de horas de incidencia solar sobre la ventana.

Posteriormente se definió para cada parasol la eficiencia anual y estival en las distintas orientaciones, tomando como dato la cantidad de horas de incidencia solar anual y estival en cada orientación y relacionándola con la cantidad de horas de protección solar anual y estival que le brinda el parasol, definiendo así el porcentaje de horas protegidas sobre el total de horas con incidencia solar.

Luego se definió la eficiencia de cada parasol en las distintas orientaciones, solo para el periodo de verano (periodo estival), es decir el periodo de diciembre, enero-noviembre, febrero-octubre y marzo-abril. Para ello se tomó como dato la cantidad de horas de incidencia solar en el periodo de verano en cada orientación y se la relacionó con la cantidad de horas de protección solar en ese periodo que le brinda el parasol, definiendo así el porcentaje de horas protegidas sobre el total de horas con incidencia solar.

**DESARROLLO DEL TRABAJO**

En la Tabla N°2 se muestran los resultados de los estudios de protecciones solares para las cuatro orientaciones –N-S-E-O- con aplicación del Diagrama de Trayectoria Solar correspondiente a la provincia de Tucumán (estación Aero)

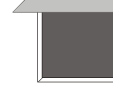
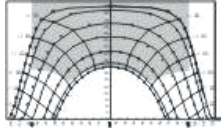
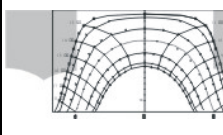
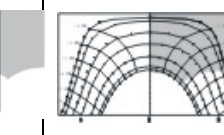
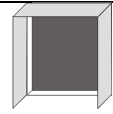
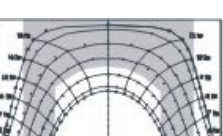
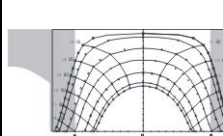
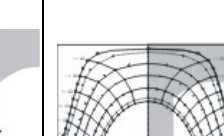
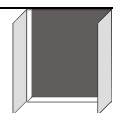
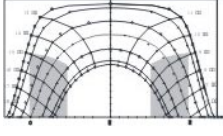
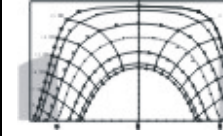
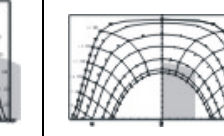
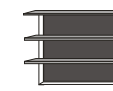

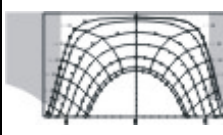
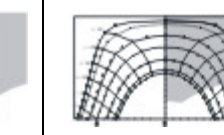
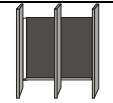
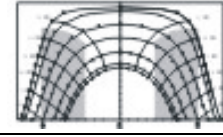
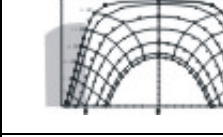
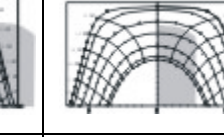
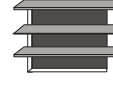

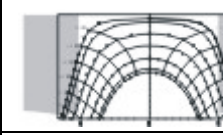
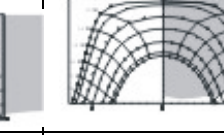
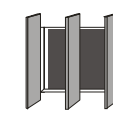
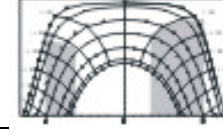
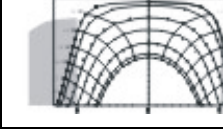
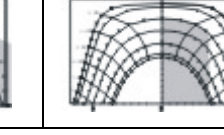
Parasol	Obstrucción de las trayectorias Solares de parasol según orientación			O R I E N T A C I O N	Horas de PROTECCIÓN		%	
	NORTE	SUR	ESTE-OESTE		A N U A L	V E R A N O.	A N U A L	V E R A N O.
				N	67	44	60.4	75.9
				S	4.5	4.5	14.5	14.5
				E	39	24	55.3	53.9
				O	39	24	55.3	53.9
				N	71	56	63.9	96.5
				S	31	31	100	100
				E	24.5	15	34.7	33.7
				O	24.5	15	34.7	33.7
				N	42.5	19	38.3	32.7
				S	24	24	77.4	77.4
				E	8	-	11.3	-
				O	8	-	11.3	-
				N	95	54	85.5	93
				S	19	19	61	61
				E	44.5	28.5	63	64
				O	44.5	28.5	63	64
				N	65	36	58.5	62
				S	29	29	93.5	93.5
				E	19.5	4	27.6	9
				O	19.5	4	37.6	9
				N	105.5	56	95	96.5
				S	28	28	90.3	90.3
				E	63.5	40	90	89.8
				O	63.5	40	90	89.8
				N	62	35	55.8	60
				S	28.5	28.5	92	92
				E	29	29	41	18
				O	29	29	41	18

Tabla N° 2 Estudio de parasoles para cada orientación.

Los resultados alcanzados se expresaron en eficiencia porcentual, considerando como máxima eficiencia el 100% de la obstrucción solar. La tabla N° 3 muestra los resultados obtenidos, permitiendo una evaluación comparativa para cada prototipo de parasol, según su orientación.

*Eficiencia anual y de verano de Parasoles en las diferentes orientaciones.*


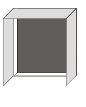
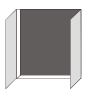
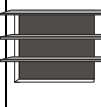
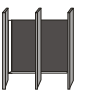
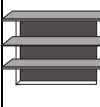

orientación														
	Annual	estival	anual	estival	anual	estival	anual	estival	anual	estival	anual	estival	anual	estival
Norte	60.4%	75.9%	63.9%	96.5%	38.3%	32.7%	85.5%	93%	58.5%	62%	95%	96.5%	55.8%	60%
Sur	14.5%	14.5%	100%	100%	77.4%	77.4%	61%	61%	93.5%	93.5%	90.3%	90.3%	92%	92%
Este y Oeste	55.3%	53.9%	34.7%	33.7%	11.3%	-	63%	64%	27.6%	9%	90%	89.8%	41%	18%

Tabla N° 3: Comparación de eficiencias de parasoles

- Los resultados alcanzados permitieron observar, para la situación de análisis del punto medio de la ventana, lo siguiente:
- Para la orientación Norte, la mayor eficiencia anual se obtiene con los parasoles de lamas horizontales (85.5%) y horizontales a 45° (95%) y la mayor eficiencia en verano se obtiene también con los parasoles de lamas horizontales (93%), horizontales a 45° con un valor de 96.5% y con el casetonado (96.5%).
  - Para la orientación Sur, la mayor eficiencia anual y para verano se obtiene con los parasoles: casetonado (100%), lamas verticales (93.5%), lamas verticales a 45° (92%) y lamas horizontales a 45° (90.3%).
  - Para las orientaciones Este-Oeste, la mayor eficiencia anual y para verano se obtiene con el parasol de lamas horizontales a 45° con un valor de 90% y 89.8%, respectivamente.
  - La mayor diferencia entre eficiencia anual y de verano se observa en la orientación Norte.

Al analizar los valores obtenidos se observa que los mayores porcentajes de eficiencia, tanto anual como para verano en todas las orientaciones, se obtienen con el parasol de lamas horizontales inclinadas 45°.

Para las diferentes orientaciones se obtiene la mayor eficiencia anual y estival: al Norte, Este y Oeste con lamas horizontales inclinadas 45° y al Sur con lamas verticales.

Los menores porcentajes de eficiencia anual y estival se obtienen: en la orientación Norte con el parasol de lamas a 45° verticales, al Sur con el parasol de lamas horizontales, al Este y Oeste con el parasol de lamas verticales.

La mayor diferencia entre eficiencia anual y estival se da en el caso de parasol con lamas verticales a 45°, para las orientaciones Este y Oeste. Esto significa que el periodo de protección del parasol esta dado para el periodo de invierno.

En la orientación Norte, en todos los casos, excepto el parasol vertical, es mayor la eficiencia para verano, lo que demuestra que el periodo de obstrucción se da en los meses cálidos.

En la orientación Sur, las eficiencias anual y para verano coinciden ya que el periodo de obstrucción coincide con el de asoleamiento.

Se recomienda utilizar parasoles diferentes en cada orientación: al Norte, lamas horizontales a 45°; al Sur, casetonado; al Este y Oeste, lamas horizontales a 45°.

En la situación que se deba utilizar el mismo parasol para todas las orientaciones se recomienda el parasol de lamas horizontales inclinadas 45° ya que su eficiencia es alta para todo el año y para verano.

### ESTUDIOS DE ILUMINACIÓN NATURAL.

Con el objeto de evaluar el comportamiento lumínico de las ventanas con los parasoles diseñados se realizaron mediciones en el Cielo Celeste Artificial (Gonzalo et al, 2000) y se compararon los resultados con los valores mínimos establecidos por normas IRAM para aulas de escuelas (IRAM, 1969). Las mediciones se realizaron con un Luxímetro, en puntos ubicados frente a las ventanas analizadas.

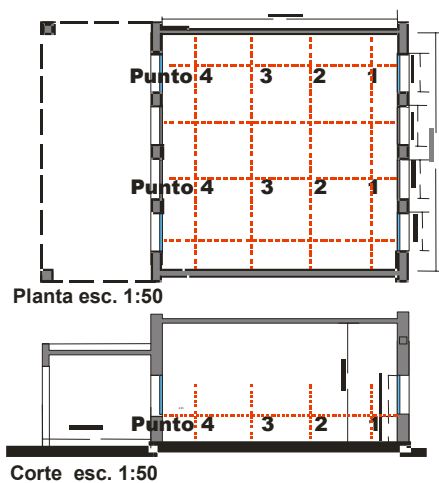


Figura 4: Modelo a escala construido para mediciones en el Cielo Artificial: Foto1: vista de la galería, Foto2: Ubicación de Luxímetro.

Figura 3: Planta y Corte del local que muestra los puntos de ubicación de luxímetro para mediciones en Cielo Celeste Artificial.

Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en el modelo a escala en el Cielo Artificial se muestran en la tabla 4.

	Sin Parasol							
Pto.1	9.7	7.1	7.2	8.7	5.9	8.1	4.2	7.5
Pto.2	4.1	3.2	3.7	3.9	3.3	3.7	2.6	3.5
Pto.3	3.7	3.4	3.6	3.7	3.3	3.4	2.9	3.3
Pto.4	6.2	5.7	5.4	5.7	5.6	5.5	5	5.8

Tabla N° 4: Valores de Coeficiente de Luz Diurna en los cuatro puntos de análisis

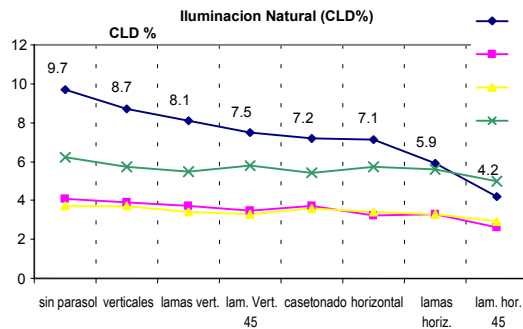


Figura 5 : Resultados del análisis de la iluminación natural CLD en los puntos analizados en el interior del local.

A partir del análisis de los resultados alcanzados se puede observar que la totalidad de los casos estudiados cumplen con los valores normados, en todos los puntos medidos.

Los mayores niveles de iluminación se dan en los puntos más cercanos a las ventanas.

Los menores niveles se miden en el punto 3 y 2, aproximadamente a 4m y 2.5m de la ventana, respectivamente.

Los casos de parasoles de pantallas y de lamas verticales son los que registran los mayores valores de CLD con registros de 8.7%, 8.1% y 7.5% en el punto1 y registros de 3.7%, 3.4% y 3.3% en el punto3.

Los casos de aleros y lamas horizontales son los que registran menores valores de CLD, con registros de 7.1%, 5.9% y 4.2% en el punto1 y registros de 3.4%, 3.3% y 2.95 en el punto3.

Con el parasol casetonado se obtienen valores intermedios entre los registrados con el parasol horizontal y con el parasol de lamas verticales a 45°.

El parasol de pantallas verticales es el recomendado porque registra los mayores niveles de CLD, en los cuatro puntos de análisis. El parasol de lamas horizontales a 45° es el que registra los menores valores de CLD.

## CONCLUSIONES

A partir de los estudios realizados se puede concluir que, los casos de superficies vidriadas que respondan a lo recomendado por el documento “Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar”, es posible proteger adecuadamente dichas superficies de la radiación solar directa y lograr niveles adecuados de iluminación natural en el interior de aulas.

Las aulas analizadas cuentan con aventanamiento bilateral y responden a lo recomendado por el mencionado documento (“Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar”) en cuanto a la superficie de ventana en relación a la superficie del local. Esta recomendación tiene como objetivo lograr niveles adecuados de iluminación natural en el interior del aula. Al agregar protección solar en la ventana, se incorpora el criterio de lograr un mayor confort térmico y lumínico con el diseño de los aventanamientos.

La situación climática de Tucumán (clima cálido húmedo) determina la necesidad de minimizar el intercambio de calor a través de superficies vidriadas, esto se logra a partir del diseño y elección de las protecciones de las ventanas. En el caso de edificios escolares se deberá garantizar también que las condiciones de iluminación natural interior sean adecuadas y respondan a parámetros cuantitativos y cualitativos. El estudio realizado demuestra que es necesario responder de manera eficiente a ambos aspectos, térmico y lumínico, con el diseño adecuado de las protecciones solares ya que, en el caso de prototipos de parasoles mas eficientes (lamas horizontales a 45°), se verificó que la presencia de los mismos disminuye la iluminación natural en un valor promedio del 40% respecto a la situación sin parasol. Por ello es fundamental respetar las consideraciones de doble aventanamiento y superficies vidriadas según normas establecidas por el documento “Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar”, de modo tal de garantizar niveles adecuados de Iluminación Natural.

Si bien la eficiencia del parasol se ha determinado en el punto medio de la ventana, con el fin de establecer los prototipos más recomendados, es necesario considerar evitar el ingreso de la mancha solar sobre los planos de trabajo en la totalidad del periodo escolar. Por ello se recomienda la incorporación de otros dispositivos de control de la radiación solar (bandejas interiores, toldos, pérgolas, etc.) y sobre todo el diseño específico de los parasoles para cada caso en particular.

## REFERENCIAS

- Bogo A.J. (2000). Metodologia de avaliação de edificações escolares incorporando o conceito de desenvolvimento sustentável. X Congresso Ibérico e V Congresso Ibero-Americano de Energia Solar, Sao Paulo, Brasil. Vol.1.
- Normas IRAM 11601 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Condiciones de habitabilidad en edificios.
- Normas IRAM 11625 (1991). Acondicionamiento térmico en edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en muros y techos de edificios.
- Normas IRAM AADL J20-04 (1969). Iluminación Natural en Escuelas.
- Daylight 4.1 (1991) Copyright Anglia Politechnic.
- Desideri U. y S. Proietti. (2002). Analysis of energy consumption in the high schools of a province in central Italy. *Energy and Buildings* 34, pp. 1003-1016.
- Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V.M. y Márquez G. (2001). Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 5, pp. 05.13-05.18.
- Gonzalo G.E. y C.F. Martínez (2001). Condensación en edificios. Factor de riesgo para la salud de los ocupantes y la conservación de las construcciones. publicado en [www.trama.com.ec](http://www.trama.com.ec), Revista Trama en Internet, Ecuador, Enero 2001
- Gonzalo G.E. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática, 2da. Edic., en trámite de publicación CP67, Buenos Aires.
- Solar 2 Versión 1.3 (1997) University of California Regents.
- Suzuki E.H., Romero, M.A. (2000). Avaliação física das escolas públicas estaduais. o caso do município de Londrina-Paraná. X Congresso Ibérico e V Congresso Ibero-Americano de Energia Solar, Sao Paulo, Brasil. Publicado en CD. Vol.1.

**ABSTRACT:** The present work shows the studies of the behavior in front of the obstruction of the solar radiation and to the provision of natural illumination, of different solutions of parasols used in the fenestrations of schools of the County of Tucumán.

The study that had as objective to determine the most convenient design solutions to adopt according to the orientation, in the school buildings, was carried out starting from the application of graphical methodologies and measurements in scale models.

The obtained results allowed to define relative grades of efficiency of the most utilized parasols in the schools, to verify their behavior in front of the natural illumination and to demonstrate that in the design of the glazing surfaces of classrooms it is fundamental to consider, in a combined way, the relative aspects to the solar control and the natural illumination.

**Keywords:** Architecture, thermal behavior, natural illumination, solar incidence, schools.