

# EVALUACION DE ILUMINACION NATURAL EN AULAS MEDIANTE SIMULACION Y MODELOS A ESCALA

Andrea Pattini\*, Jorge Mitchell\*\*, Carlos de Rosa\*\*\*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT-ME)

CC 131 -5500-Mendoza

## I- INTRODUCCIÓN

Con el objeto de implementar soluciones tecnológicas que contribuyen a mejorar los aspectos de confort higrotermico y lumínico en relación con los consumos energéticos correspondientes, dentro del marco del Convenio entre el Ministerio de Obras y Servicios Públicos (MOSP) y el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) para el desarrollo de Escuelas Rurales Aisladas de la Provincia de Mendoza, se llevaron a cabo determinaciones de niveles de iluminación en el interior de aula, mediante simulaciones con PC y mediciones en modelos a escala, para verificación de los diseños de aventanamientos y posibles ajustes preliminares.

El análisis de la iluminación natural presentado en este trabajo pertenece al edificio de la escuela Técnico agraria N°4-227, a construirse en la localidad de Alto verde en el Dpto de San Martín, la que se encuentra a una latitud de -33,08; longitud 68,42 y altitud 613msnm.

Los valores considerados de iluminación exterior(1) corresponden a situaciones de cielo claro, circunstancia predominante en la localidad estudiada por una parte y por otra debido a que es en estas condiciones de máxima iluminancia exterior, donde los diseños tradicionales tienden a fracasar.

Los resultados inadecuados de estos aventanamientos son motivados principalmente por tres razones: 1- La falta de experiencia en predicción del comportamiento lumínico interior de los aventanamientos en situaciones de cielo claro, y la utilización de metodologías de evaluación analítica correspondientes al hemisferio Norte, elaboradas para condiciones de cielo cubierto, 2- La ausencia de datos de mediciones de *iluminancia Exterior* en el hemisferio Sur y 3- La falta de previsión en los diseños de un adecuado control de las *luminancias* interiores y su correspondiente distribución en los distintos planos de trabajo. Todo esto con la doble perspectiva de obtener desde el punto de vista de la iluminación natural en todos los planos de trabajo interiores, los niveles de iluminación correspondientes a situaciones de confort visual y ahorro de energía eléctrica para iluminación.

El presente trabajo muestra los resultados de la simulación efectuada con el programa de computación SUPERLITE (2) y de mediciones en maqueta a escala 1:20 y la comparación de ambos resultados y los ajustes efectuados en el diseño de estrategias de control de deslumbramiento interior, siempre partiendo de la obtención de valores encuadrados dentro de lo requerido para aulas por la norma AADL-IRAM J 2004.

---

\* Becaria de Perfeccionamiento (CONICET)

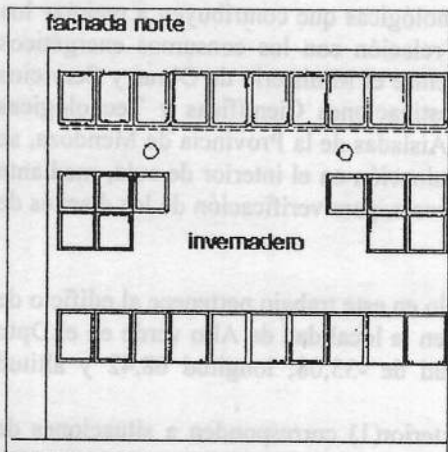
\*\* Técnico Asociado (CONICET)

\*\*\* Investigador Independiente (CONICET)

#### 4- DISEÑO DE AVENTANAMIENTOS

La iluminación natural de las aulas, del mencionado edificio se obtiene a través de iluminación unilateral, con aventanamientos sobre la fachada norte. Esta premisa de diseño está fundamentada en la necesidad de utilizar ventanas al norte como ganancia directa de calor para los meses de invierno, motivo por el cual el alero superior está diseñado para permitir pleno sol desde el 7 de mayo al 5 de agosto, y plena sombra desde el 6 de noviembre al 4 de febrero.

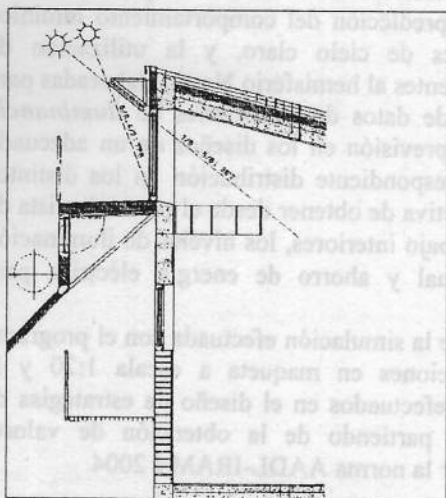
Para iluminación natural es considerada una abertura superior de 7 m. de largo por 1m. de alto, para visión hacia el exterior se consideran las aberturas que se encuentran anexas al invernadero, estas proveerán un refuerzo de iluminación particularmente en la zona de pizarrones.



La distribución de las ventanas en la fachada (correspondiente a aulas) está representada en la figura a la izquierda.

La ventana superior es de policarbonato, por debajo de la misma comienza el invernadero adosado, las ventanas inferiores recibirán iluminación indirecta a través del invernadero, pero posibilitarán la visión hacia el exterior. Para evitar deslumbramientos en los meses de invierno, se prevé la colocación de cortinas interiores que regulen las diferencias de luminancias.

Los primeros valores obtenidos en simulación y mediciones resultaron altos, por lo que se realizaron ajustes de diseño, con pantallas difusoras internas.



El alero superior, resultaba efectivo desde el punto de vista térmico, pero desde el punto de vista de la iluminación permitía sectores muy luminosos (deslumbrantes) y con mala distribución de luminancias.

Para mejorar los valores obtenidos se diseñaron parasoles interiores para difundir con mayor eficacia los niveles interiores.

El dimensionamiento de los mismos responde a la distribución de los rayos de sol para los meses intermedios que en combinación con el alero exterior asegura que no habrá ingreso de radiación directa en ningún mes del año.

#### 5- RESULTADOS OBTENIDOS

Los datos han sido obtenidos por dos métodos predictivos diferentes, por simulación con PC y con mediciones en maquetas.

## 2- CONDICIONES EXTERIORES

Para el ajuste de los cálculos medidos en modelo a escala las condiciones de Iluminancias Exteriores consideradas han sido las correspondientes a los meses de marzo, junio y noviembre, calculados para la localidad mencionada con el modelo local de predicción en los siguientes valores los siguientes valores:

marzo	8.00	38.760 lux
	12.00	83.740 lux
Junio	8.00 hs	9.200 lux
	12.00 hs	50.346 lux
noviembre	8.00 hs	56.529 lux
	12.00 hs	104.380 lux

## 3- MEDICIONES EN MODELO A ESCALA

El análisis correspondiente a las mediciones fue realizado sobre una maqueta a escala 1:20, correspondiente al diseño de las aulas en el proyecto de la mencionada escuela. Las mediciones fueron efectuadas en cielo real (3), bajo condiciones de cielo claro y mediante el montado de la maqueta en un heliodón se realizaron las mediciones correspondientes a los meses ya mencionados.

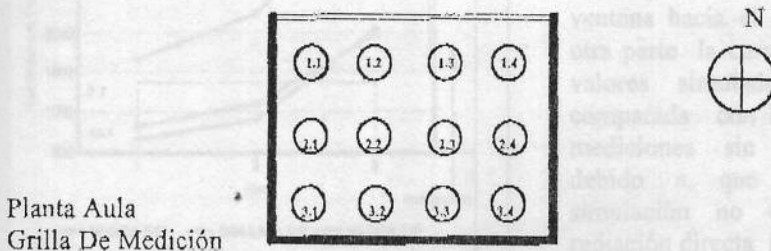
Para efectuar las mediciones fue utilizado un sensor fotométrico marca LI-COR con rangos de medición de 0 a 150000 lux, lo que permitió medir iluminación exterior e interior.

A los valores medidos en interior se les aplicó un coeficiente de ajuste, debido a que cuando se mide en maqueta, en condiciones de cielo claro con heliodón la intensidad del sol en días claros varía con la altitud solar. Por ejemplo cuando se simulan las 12 hs del mes de junio en un día de mayo, el análisis se realizó teniendo en cuenta las diferencias en la masa óptica del aire cuando la luz atraviesa la atmósfera. Esta diferencia se ajustó mediante la siguiente relación:

$R_e = E_e \text{ simulada} / E_e \text{ de tabla}$ , siendo la de tabla la calculada con el modelo de predicción local(1).

Este coeficiente es luego multiplicado por la Iluminancia interior medida en cada punto del plano de trajo.

Para la obtención de los valores interiores se trazó una grilla de 12 puntos sobre el plano de trabajo como se muestra en el gráfico siguiente





La secuencia de trabajo tiene como primera etapa la simulación con el programa computación SUPERLITE, luego la medición en maqueta sin pantalla difusora y por último una nueva medición con pantalla difusora. Cabe aclarar que en el programa pueden ser simuladas las pantallas difusoras interiores.

En las tablas siguientes se encuentran resumidos los valores para los tres mencionados, para el mediodía solar respectivamente.

21-11-12hs medido s/PANTALLA					21-06-12hs medido s/PANTALLA					21-03-12hs medido c/PANTALLA				
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
3	792	882	900	714	3	2305	2700	2552	2336	3	1542	1674	1714	1656
2	1196	1206	1130	1092	2	2137	2508	2405	1923	2	2166	2244	2844	2232
1	1680	1326	1260	1728	1	3480	3607	3418	3167	1	5520	3204	2868	3642

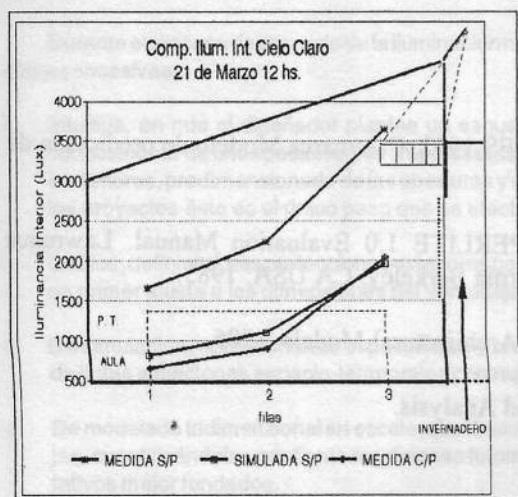
21-11-12hs SIMULADO					21-06-12hs SIMULADO					21-06-12hs SIMULADO				
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
3	870	946	935	846	3	1227	1333	1317	1192	3	836	908	897	812
2	1181	1294	1280	1149	2	1666	1822	1839	1619	2	1134	1240	1226	1102
1	1900	2045	2027	1860	1	2822	3014	2990	2755	1	2016	2148	2131	1969

21-11-12hs medido c/PANTALLA					21-06-12hs medido s/PANTALLA					21-06-12hs medido c/PANTALLA				
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
3	560	661	632	583	3	5880	6120	6360	5580	3	682	793	766	640
2	662	795	874	683	2	6900	7620	7320	6540	2	1030	1070	1047	898
1	1636	1137	1054	1592	1	14400	6300	7260	12600	1	2189	1724	1635	2044

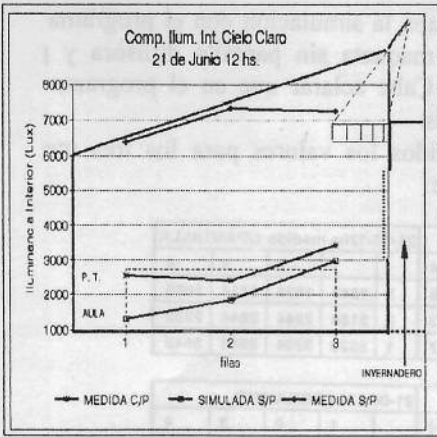
## 6- CONCLUSIONES

El presente trabajo ha permitido arribar a conclusiones importantes desde el punto de vista metodológico. En primer lugar no es posible para situaciones de cielo claro realizar los cálculos del Factor de Luz Natural, debido a que éste es un concepto de iluminación relativa desarrollado para condiciones de cielo cubierto, en donde el FLN depende de la posición del sol en el cielo, como ocurre en cielos claros, por lo que no se consideró su cálculo en este estudio. En consecuencia todos los valores de iluminancia son absolutos.

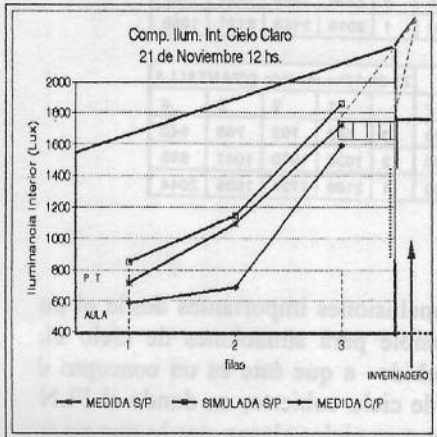
Para poder comparar los resultados obtenidos por simulación con los datos obtenidos en mediciones se realizaron los gráficos de la página siguiente.



En el primer gráfico ha sido representado el 21 de marzo a las 12hs, como primera conclusión puede mencionarse que el resultado de ambas mediciones, comprueba la importante reducción de niveles de iluminancia y su mejor distribución desde la ventana hacia el fondo del aula. Por otra parte la curva que representa los valores simulados no puede compararse con la correspondiente a las mediciones sin pantalla difusora debido a que el programa de simulación no calcula aportes de radiación directa ingresando al local.



El segundo gráfico corresponde al día 21 de junio a las 12hs, en esta situación el alero permite el ingreso de sol en toda la ventana imposibilitando la comparación de la simulación sin pantalla y su correspondiente medición, por otra parte como en el caso anterior se reducen considerablemente los valores de iluminancia interior con el uso de las pantallas difusoras lográndose una buena distribución, siendo este mes el más problemático por los valores excesivamente altos ocasionados por el ingreso de directa a través de la ventana superior.



En el último gráfico, correspondiente al 21 de noviembre a las 12hs, podría decirse que es el único en el que son comparables los valores de simulación y medición sin pantallas, debido a que el alero está sombreando totalmente la ventana, y sólo ingresa difusa al aula. Por otra parte igual que en los dos casos anteriores, en la comparación de las dos mediciones, se logra una reducción en los valores internos con el uso de las pantallas difusoras, que mejora la iluminación interior.

Cabe acotar como comentario final, que es importante realizar esfuerzos tendientes a ajustar métodos de predicción de iluminancias interiores acordes con situaciones climáticas locales (cielo claro), que permitan compatibilizar adecuadamente las estrategias de ganancia solar pasiva a través de ventanas en la fachada norte e iluminación natural a través de las mismas.

#### REFERENCIAS:

- 1- Pattini, A. Mermet, A. De Rosa, C. ASADES 1992. Catamarca. Modelo de predicción de iluminancia exterior para cielo claro.
- 2- Windows and Daylighting Group. SUPERLITE 1.0 Evaluation Manual. Lawrence Berkeley Laboratory. University of California Berkeley, CA USA. 1985.
- 3- DNNA/Schiler, Simulating Daylight with Architectural Models. 1986.
- 4- Robbins, Claude L. Daylighting, Design and Analysis.