

**ANALISIS DE LA DISTRIBUCION  
DE ILUMINACION NATURAL EN MODULOS:  
Modelo de Simulación y Mediciones**

G. Chiarito(#), E. Di Bernardo(\*) y J. Vazquez(\*\*)

CEB - Centro de Estudios Bioambientales  
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño  
Universidad Nacional de Rosario  
Riobamba 250 bis - 2000 Rosario

RESUMEN

El presente trabajo se inscribe en un proyecto financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica orientado a establecer normas de diseño térmico y de iluminación natural para escuelas de la Provincia de Santa Fe.

En lo referente al problema de la iluminación natural, se desarrolla este trabajo con el objeto de verificar las estrategias de diseño tendientes a optimizar la ventana como fuente de iluminación.

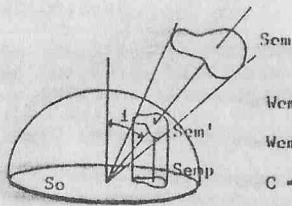
El aspecto térmico del recurso solar está íntimamente ligado al aprovechamiento lumínico natural. Para el caso de aulas, la relación entre la componente térmica y lumínica y su cuantificación, resulta de particular interés para obtener niveles satisfactorios de habitabilidad. El equilibrio entre la iluminación natural y la carga térmica encontrará respuesta en diseños y tamaños de ventanas según el área bioclimática.

Para el análisis de la iluminación natural se ha realizado un programa de simulación por computadora para el cálculo de la distribución de energía en locales alumbrados por ventanas. Es posible considerar que una ventana común con cortina interior se comporta como perfecto difusor de emitancia uniforme.

Los casos de iluminación natural directa con penetración de sol provocan una más alta variación del nivel interior, a la vez que el sol directo sobre la tarea provoca problemas de deslumbramiento que resultan inadmisibles para este tipo de locales con requerimientos de iluminación uniforme, por lo que se ha dejado este caso fuera del análisis del trabajo.

El modelo empleado consiste en determinar el área aparente visible de la fuente, desde el elemento de superficie en cálculo, según las relaciones geométricas que lo definen en el espacio. En la figura siguiente se grafican los parámetros que definen el algoritmo básico para la determinación del área aparente de la fuente en relación al ángulo total del elemento de superficie. (1)

- (#) Becario de Perfeccionamiento de CONICET.  
(\*) Director del CEB.  
(\*\*) Investigador Categoría F del CIUNR.



$$W_{em} = (S_{cm}/d^2) \text{ str} = (S_{cm}^2/r^2) \text{ str}$$

$$W_{em} \cos i = (S_{cm}/r^2) \text{ str} * \cos i = (S_{cmp}/r^2) \text{ str}$$

$$C = \sum (W_{em} * \cos i) / \text{str} = \sum S_{cmp} / r^2 \pi = S_{cmp} / S_o$$

Figura 1: Esquema de cálculo para superficie emisora.

#### ACLARACIONES PREVIAS SOBRE EL MODELO:

Una de las formas de ponderar la distribución de iluminación más difundida es la que vincula porcentualmente el valor exterior sobre plano horizontal con el del elemento interior en cuestión; denominando esta relación factor luz de día (FLD). (2)

Para este modelo se ha efectuado una variación debido al estado de avance y en consecuencia denominaremos al valor simulado factor luz ventana (FLV), ya que no se compone de la relación con el valor de iluminación exterior sino con el valor que ya ha penetrado el plano de la ventana y corresponde en consecuencia al del propio difusor.

De esta manera el FLV calculado corresponde al factor útil de aprovechamiento lumínico y no al bruto normalmente más difundido. El paso siguiente previsto será la modelización del difusor hacia afuera, incluyendo las consideraciones sobre transmitancia de vidrios y cortinas, factores de mochetas y carpintería, etc.; y básicamente el cálculo de radiación y componente lumínica para cielos locales.

#### DESCRIPCION GENERAL DEL MODELO:

El modelo se puede dividir, para su explicación, en dos partes:

Una, que calcula la iluminación directa mediante la relación geométrica de áreas entre cada elemento de superficie interior correspondiente a los planos de trabajo, cielorraso y paredes;

y otra, que relaciona las superficies interiores con el plano de trabajo para el cálculo de reflexión.

Para esta segunda parte se afecta la relación geométrica con la reflexión de la superficie considerada reflejante, ya sea cielorraso o paredes. Para esta reflexión se estima, al igual que en el caso de la ventana, que cada superficie interior se comporta como un difusor perfecto y de emitancia pareja.

En consecuencia, los pasos seguidos por el proceso de simulación para el cálculo son los siguientes:

- A. directa sobre plano de trabajo.
- B. directa sobre cielorraso.
- C. directa sobre paredes, C1. a izquierda del difusor.

C2. enfrentada al difusor.

C3. a derecha del difusor.

- D. reflejada por el plano del cielorraso sobre el plano de trabajo.
- E. reflejada por paredes C1, C2 y C3 sobre el plano de trabajo.

Al final del trabajo se muestran las curvas correspondientes a cada uno de estos pasos y la correspondiente a la suma de reflexiones y total que incluye directa y reflejada.

#### COMENTARIO SOBRE LAS MEDICIONES:

Para efectuar las mediciones se utilizó un aula de la Facultad acondicionada para el ensayo de manera tal que tuviese una ventana más reducida que la original (ventana de pared a pared), de modo que se pudiesen interpretar con mayor claridad las isolíneas de nivel de iluminación.

La ubicación relativa de la ventana en relación a los obstáculos exteriores afecta la uniformidad de captación y en consecuencia de la energía que pasa, de manera tal que los registros obtenidos presentan una variación de 1 : 1.5 entre el máximo y el mínimo. En la figura siguiente se esquematizan las relaciones existentes entre el aula monitoreada y los obstáculos exteriores.

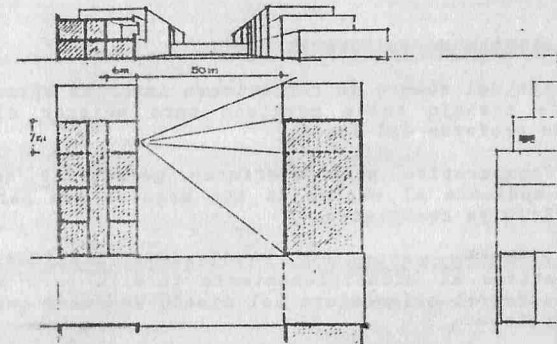


Figura 2: Planta y corte de la ubicación de los obstáculos exteriores.

Como difusor (recordemos que es una aproximación al concepto) se empleó una hoja de papel traslúcido adherido al vidrio con una transmitancia media del 50% que reemplaza al elemento que en la realidad evitará el sol directo.

Para las mediciones se utilizó un luxímetro digital Gossen, con una desviación máxima del 3% para temperatura color de 6000K.

#### DISCUSION DE LOS RESULTADOS DE LA MODELIZACION Y LAS MEDICIONES:

La confrontación de los valores registrados entre simulación y medición muestran distintos grados de ajuste. En la zona próxima al difusor y hasta unos tres metros de profundidad el ajuste resulta satisfactorio dado que el nivel de iluminación en esta zona se

debe básicamente a la energía que llega en forma directa y en menor proporción a la proveniente de reflexiones internas.

En la región más profunda del local, desde la parte media hacia la pared enfrentada al difusor, el modelo presenta dificultades para ajustar con las mediciones debido fundamentalmente al número mínimo de interreflexiones que considera y las que en realidad se suceden.

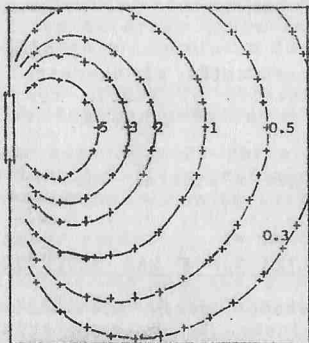
En el sentido transversal al del plano del difusor el ajuste con las mediciones resulta aceptable debido a que la influencia de los planos verticales tienen menor incidencia sobre el plano de trabajo.

Para mejorar el ajuste en locales profundos se ha verificado la conveniencia de incorporar al cálculo una interreflexión más entre cielorraso y plano de trabajo y no así con los planos laterales correspondientes a las paredes debido a que éstos aportan según la discriminación del modelo en el orden de 10 veces menos. Cabe aclarar que este tipo de simplificaciones obedecen al objetivo de desarrollar un programa simple y por tanto general de cálculo para verificar el nivel de uniformidad requerido en la iluminación de locales.

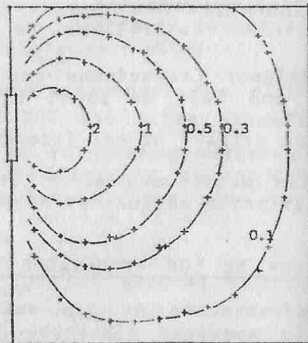
**PERSPECTIVAS:**

Los pasos siguientes se orientarán hacia:

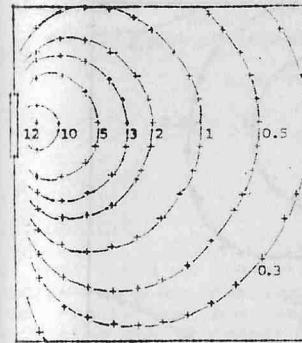
1. La ampliación del número de reflexiones internas entre cielorraso y plano de trabajo antes apuntado para mejorar el ajuste en la zona más profunda del local.
2. Análisis comparativo para distintas geometrías de difusores y locales mediante el empleo de una maqueta con partes móviles en escala 1:10 ya construida.
3. Compatibilización entre los resultados lumínicos alcanzados y los relativos al acondicionamiento térmico para producir una respuesta integral orientadora del diseño de aulas con uso racional de energía.



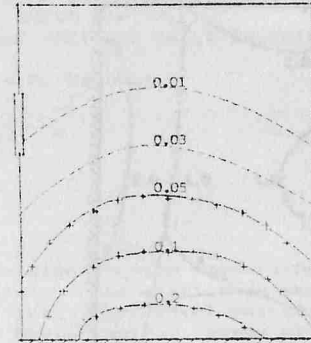
DIRECTA SOBRE EL CIELORRASO.



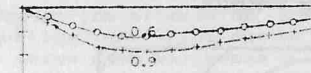
REFLEJADA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO DEL CIELORRASO. (54%)



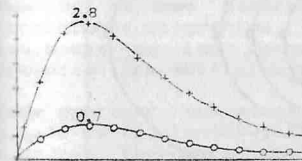
DIRECTA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO



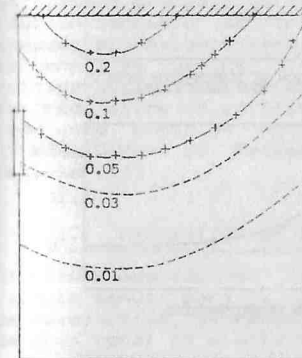
REFLEJADA DEL MURO A IZQUIERDA DEL DIFUSOR.



DIRECTA Y REFLEJADA SOBRE EL MURO A IZQUIERDA DEL DIFUSOR. (65%)

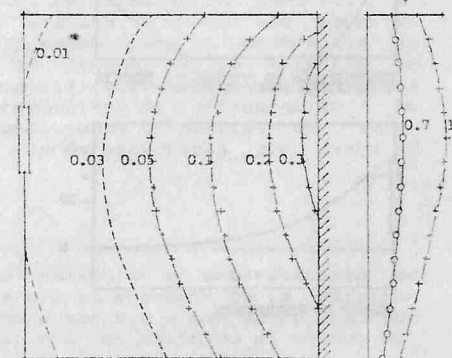


DIRECTA Y REFLEJADA SOBRE EL MURO A DERECHA DEL DIFUSOR. (25%)

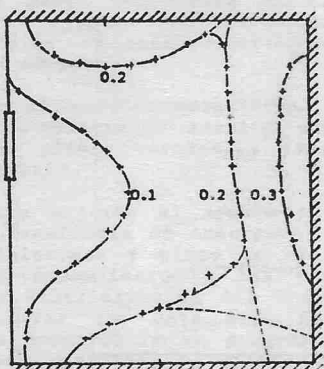


REFLEJADA DEL MURO A DERECHA DEL DIFUSOR.

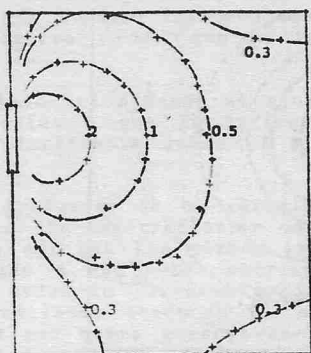
DIRECTA Y REFLEJADA SOBRE EL MURO ENFRENTADO AL DIFUSOR. (45%)



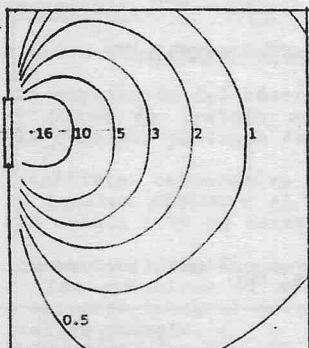
REFLEJADA DEL MURO ENFRENTADO AL DIFUSOR.



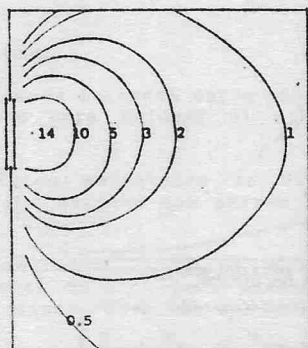
REFLEJADA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO DE LOS MUROS INTEGRADOS.



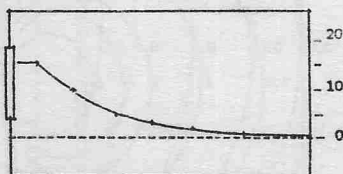
REFLEJADA SOBRE EL PLANO DE TRABAJO DE LOS MUROS Y EL CIELORRASO.



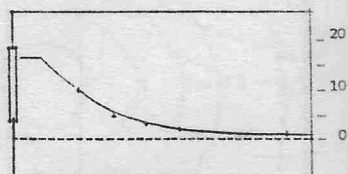
DISTRIBUCION DE ILUMINACION DIRECTA Y REFLEJADA SEGUN EL MODELO



DISTRIBUCION DE ILUMINACION DIRECTA Y REFLEJADA SEGUN MEDICIONES.



MODELO DE SIMULACION.



MEDICIONES EXPERIMENTALES.

**BIBLIOGRAFIA:**

- (1) Borgato, J. B.: Conceptos Fotométricos y sus Aplicaciones, Documentos A&P 4. Segunda Edición, U.N.R., 1974.
- (2) Hopkinson R. G., Petherbridge, P., Longmore, J.: Daylighting, Heinemann, London, 1966.