

# LUMIDUCTOS SOLARES CON ILUMINACIÓN POR RANURA LONGITUDINAL

J. J. Eliçabe Urriol<sup>1</sup>, M. A. Lara<sup>2</sup> y R. D. Piacentini<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Fac. Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Av. Pellegrini 250, 2000 Rosario, Argentina.

<sup>2</sup> IFIR (CONICET-UNRosario). 27 de Febrero 210 bis. 2000 Rosario, Argentina.

<sup>3</sup> Observatorio Astronómico de Rosario. CC 606, 2000 Rosario, Argentina.

## RESUMEN

En el presente trabajo se presentan resultados preliminares de mediciones efectuadas empleando lumiductos solares de flujo saliente por ranura longitudinal. Se dan las distribuciones de iluminación producida por los lumiductos y los flujos luminosos asociados.

Se realizan comparaciones para diferentes materiales reflectantes y distintas condiciones angulares de incidencia de la radiación solar. También se estudia el efecto de la variación de la distancia entre la boca de entrada del lumiducto y el comienzo de la ranura de salida de luz, con el fin de lograr una mejor uniformidad de iluminación.

## INTRODUCCION

La importancia de obtener una iluminación acorde con las necesidades del ambiente y lo más homogénea posible, ha sido enfatizada en diferentes publicaciones (ver por ejemplo, ref. [1])

Las posibilidades de los lumiductos solares (LD) para canalizar el flujo de radiación solar hacia el interior de viviendas y edificios, han sido exploradas por los autores para el caso de lumiductos cilíndricos con salida de luz por uno de sus extremos [2-5].

En este trabajo se estudia el comportamiento de lumiductos solares en los que la luz emerge a través de una ranura longitudinal (de arco igual a  $1/6$  de la circunferencia del LD). Con esta geometría, es posible obtener una *salida progresiva del flujo solar transmitido por el lumiducto*, de tal manera que sobre una superficie plana dispuesta frente a la ranura y perpendicular al plano de simetría del LD (definido por el eje y la ranura), se generan patrones de iluminación semejantes a los de una fuente de iluminación lineal (v.g. tubo fluorescente).

## MEDICIONES

A fin de realizar mediciones de la iluminación producida por los lumiductos solares, sin la influencia de fuentes externas (lámparas, etc.), se construyó un recinto en forma de paralelepípedo, ubicando el tubo a lo largo de su cara superior y orientando la ranura hacia su cara inferior (fig. 1). El interior fue pintado de negro mate y sobre dicha cara inferior, situada a 35 cm del eje del lumiducto, se efectuaron las mediciones [plano (x,y) de la figura 2]. El lumiducto tiene una relación largo (L) a diámetro (D) de 8.7. Ésta relación es la que debería tener un lumiducto de tamaño real (unos 35 cm de diámetro y 3 m de largo en una habitación u oficina típicas), ubicado a nivel del ciclorraso, iluminando un plano de trabajo a 1,50 m del eje del LD.

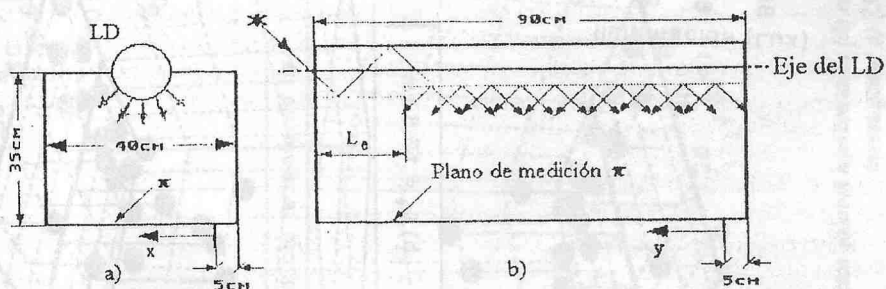


Fig. 1: Dispositivo experimental. a) Vista de frente, b) Vista lateral.

En general el LD está ubicado horizontalmente y con su boca de entrada hacia el Norte. La posición del Sol en el cielo queda dada por los ángulos de altura solar  $\gamma$  y de azimut  $\varnothing$ , siendo este último negativo si está en el sector N-E, cero al Norte y positivo en el sector N-O.

En la figura 2 se grafican en representación 3D, las intensidades luminicas producidas al mediodía solar por distintos materiales reflectantes. En los casos a) y b) se empleó acetato aluminizado de reflectividad  $\rho \approx 0,75$ . Para el ensayo a), se sometió el material a un proceso de *punteado* (con el objeto de lograr una superficie difusora que mejore la uniformidad del flujo saliente), que produjo las siguientes características granulométricas:

espesor = 0,13 mm // moleteado = 0,15 mm // puntos /  $\text{cm}^2$  = 67 // diámetro promedio = 0,2 mm

En el caso b) se usó el mismo material sin puntear y en c) papel de lija 50/60 pintado con esmalte sintético blanco.

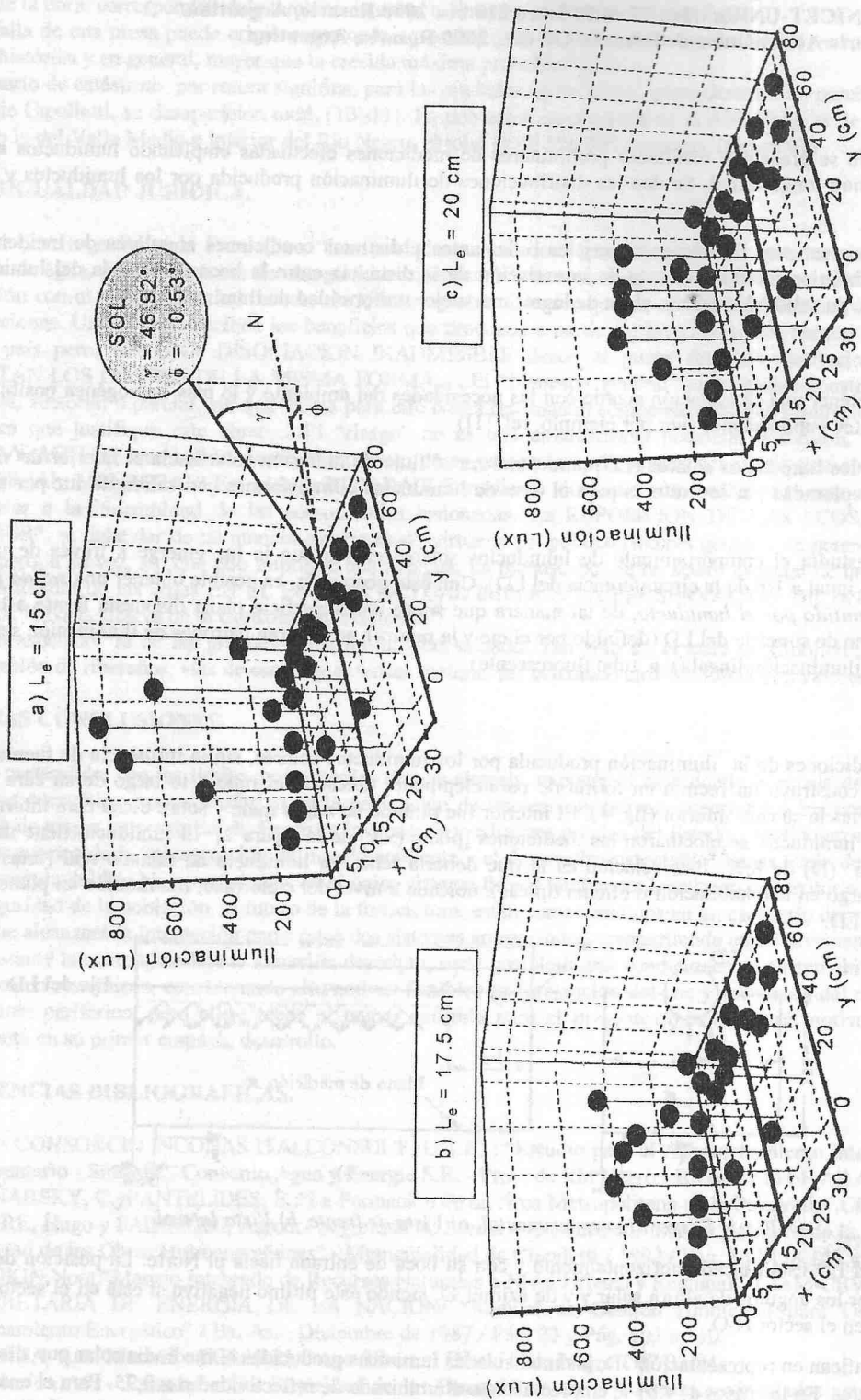


Fig. 3. Iluminación producida por lumiductos solares horizontales (de relación  $LD = 8.7$ ) con corte inferior transmisor de luz e igual superficie (reflectante punteada).  $L_e$  indica la distancia entre la boca de entrada del LD y el comienzo del corte inferior. Flujo luminoso sobre plano investigado: a) 74.2 lumen, b) 62.8 lumen, c) 61.7 lumen. Día 26 / 8 / 96, 13:00 hs.

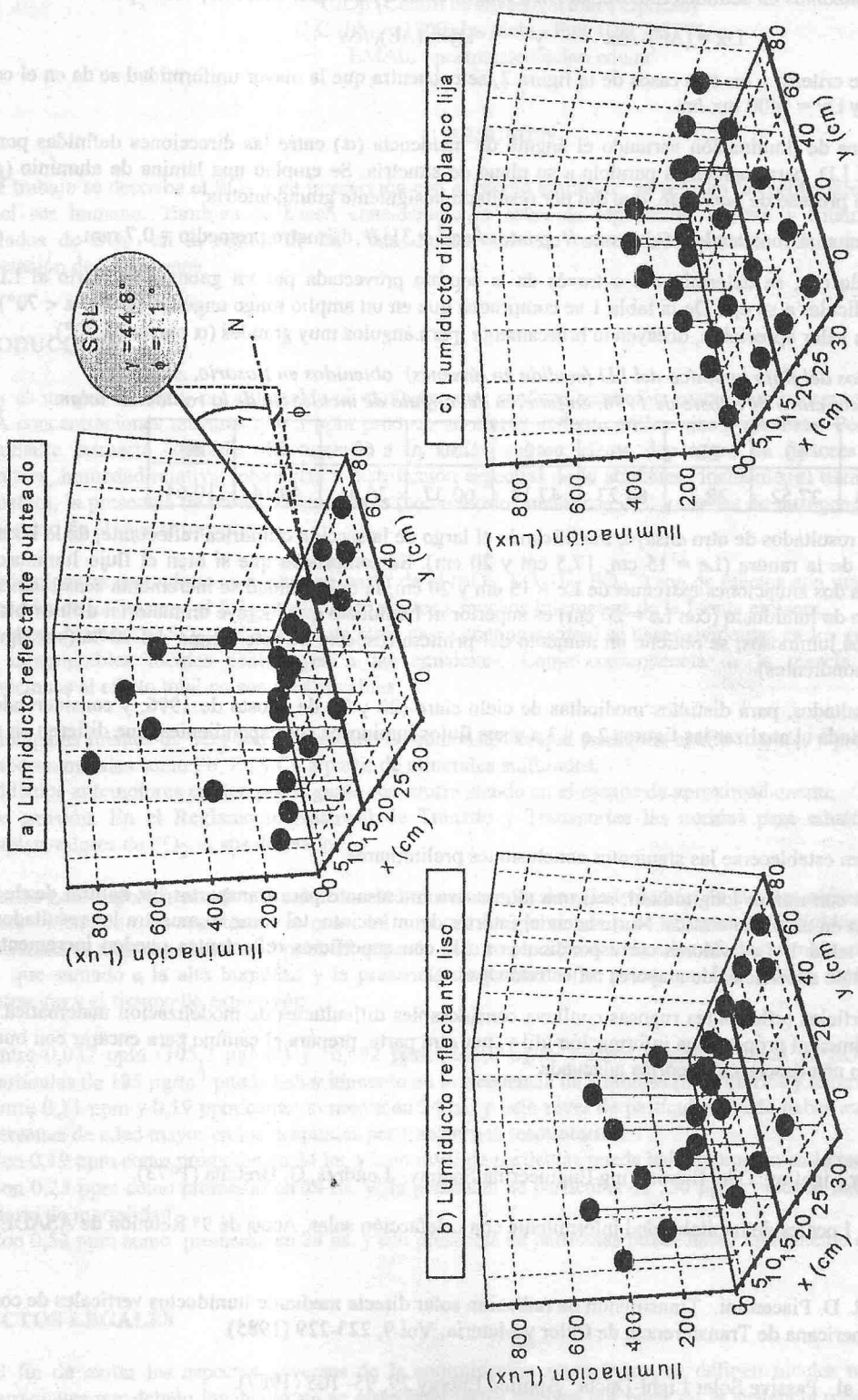


Fig. 2. Iluminación producida por lumiductos solares horizontales (de relación  $LD = 8.7$ ) con corte inferior transmisor de luz y diferentes superficies reflectantes. Flujo luminoso sobre plano investigado: a) 73.8 lumen, b) 62.4 lumen, c) 49.2 lumen. Día 20 / 8 / 96, 13:00 hs.



Los altos valores registrados en las zonas centrales, muestran concentraciones de radiación solar propias de la reflexión de la luz en superficies especulares cilíndricas (figura 2.b). Estos altos valores persisten, aún produciendo un granulado fino sobre dichas superficies, para mejorar la difusión (figura 2.a). Cuando se cambió el material del LD, sin alterar su geometría y se repitieron las mediciones a la misma hora, se obtuvo una mayor uniformidad, pero con una reducción porcentual del 33,3% en el flujo luminoso sobre la base inferior (figura 2.c).

Una forma semicuantitativa de comparar la uniformidad de las distintas distribuciones, se obtiene computando los gradientes de iluminación máximos en sentidos transversal  $D_x$  y longitudinal  $D_y$  en valor absoluto, dados por:

$$D_x = (\Delta E)_x / \Delta x \quad \text{y} \quad D_y = (\Delta E)_y / \Delta y$$

Por ejemplo, aplicando este criterio a los tres casos de la figura 2, se encuentra que la mayor uniformidad se da en el caso c), con  $D_x = 1640 \text{ lux/m}$  y  $D_y = 1400 \text{ lux/m}$ .

También se obtuvieron datos de iluminación variando el ángulo de incidencia ( $\alpha$ ) entre las direcciones definidas por la radiación solar y el eje del LD, para incidencia paralela a su plano de simetría. Se empleó una lámina de aluminio ( $\rho = 0,7$ ), también sometida a un proceso de *punteado*, que dio por resultado la siguiente granulometría:

espesor = 0,17 mm // moleteado = 0,26 mm // puntos /  $\text{cm}^2 = 31$  // diámetro promedio = 0,7 mm.

Los valores de dicho ángulo ( $\alpha$ ), se determinaron a través de la sombra proyectada por un gnomon solidario al LD y dispuesto en forma perpendicular a su eje. De la tabla 1 se comprueba que en un amplio rango angular, ( $10^\circ < \alpha < 70^\circ$ ), el flujo promedio mantiene un valor apreciable, decayendo bruscamente para ángulos muy grandes ( $\alpha$  mayor de  $70^\circ$ ).

*Tabla 1: Datos del flujo lumínico del LD (medido en lúmenes) obtenidos en Rosario, Argentina para un día de cielo claro de agosto de 1996, en función del ángulo de incidencia de la radiación solar.*

$\alpha$ ( $^\circ$ )	10	20	30	40	50	60	70	80
$L$ (lm)	27,52	28,3	84,23	47,14	60,37	36,31	49,14	10,64

En la figura 3 se presentan resultados de otro ensayo, modificando el largo de la sección cilíndrica reflectante, de la boca de entrada hasta el comienzo de la ranura ( $L_e = 15 \text{ cm}$ ,  $17,5 \text{ cm}$  y  $20 \text{ cm}$ ). Se comprueba que si bien el flujo luminoso se reduce en un 17 % entre las dos situaciones extremas de  $L_e = 15 \text{ cm}$  y  $20 \text{ cm}$ , la uniformidad se incrementa sensiblemente. Es de destacar que este tipo de lumiducto (con  $L_e = 20 \text{ cm}$ ) es superior al lumiducto que incluye un material difusor blanco lija. Relacionando sus flujos luminosos, se obtiene un aumento del primero respecto de este último del 20 % (ver figuras 2.c y 3.c y leyendas correspondientes).

La repetibilidad de los resultados, para distintos mediodías de cielo claro (20 y 26 de agosto de 1996, y considerando el mismo LD), queda evidenciada al analizar las figuras 2.a y 3.a y sus flujos luminosos correspondientes, que difieren en sólo 0,5 %.

## CONCLUSIONES

Del presente trabajo, pueden establecerse las siguientes conclusiones preliminares:

- Los lumiductos solares con ranura longitudinal, son una alternativa interesante para transportar luz natural desde una boca de entrada ubicada en un plano vertical Norte hacia el interior de un recinto, tal como lo muestra los resultados de las figuras 2 y 3 y la tabla 1. Los valores correspondientes a LD con superficies reflectantes pueden incrementarse sensiblemente, empleando superficies de mayores reflectividades.
- La utilización de superficies reflectantes rugosas conlleva considerables dificultades de modelización matemática. El presente estudio experimental proporciona información útil y, por otra parte, prepara el camino para encarar con buenas probabilidades de éxito una descripción teórica adecuada.

## REFERENCIAS

- [1] The IES Code. Interior Lighting. The Illuminating Engineering Society. Londres, G. Bretaña (1973).
- [2] R. D. Piacentini, et al. Locales de habitabilidad intermitente con calefacción solar. Actas de 9º Reunión de ASADES. San Juan, 103-112 (1984).
- [3] J. J. Eliçabe Urriol y R. D. Piacentini. Transmisión de radiación solar directa mediante lumiductos verticales de corte oblicuo. Revista Latinoamericana de Transferencia de Calor y Materia, Vol 9, 223-229 (1985).
- [4] J. J. Eliçabe Urriol, et al. Passive Solar Light-Ducts. Applied Energy 29, 95- 105 (1987).
- [5] R. Piacentini y J. J. Eliçabe Urriol. Iluminación natural mediante lumiductos solares pasivos. Actas del IV Congreso Latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia. La Serena, Chile (1991).