



**III ENCONTRO NACIONAL
I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**
Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

**ILUMINACIÓN NATURAL POR REFLEXIÓN DE LUZ SOLAR EN
OBSTRUCCIONES**

María C. Girardin, Arq.

Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República
Br. Artigas 1031. CP 11200. Montevideo - Uruguay
Tel.: (598.2)401106. Fax: (+)406063 Email GIRARDIN@FARQ.EDU.UY

RESUMEN

El trabajo da un método de cálculo simplificado que permite considerar la luz solar reflejada por edificios opuestos, en orientaciones Sur, en Montevideo. Se dan los valores de luminancia de cielo y obstrucciones como base para el cálculo de la componente Reflejada Exterior utilizables en la etapa de diseño. El trabajo se incluye en otro más amplio que considera la importancia de la luz solar en climas soleados, donde la luminancia de las obstrucciones, es a menudo mayor que la del cielo.

ABSTRACT

The paper gives a quick method that allows to consider sunlight reflected by opposite buildings in South facing rooms, in Montevideo. Tables giving luminance values for sky and obstructions are included. ECR values are calculated considering these luminances, that can be used at design stage. The paper is part of a more comprehensive work that analyses the importance of sunlight in sunny climates, where obstruction luminances are often higher than sky luminances.

PALABRAS - CLAVE

Iluminación natural, Obstrucciones, Luz reflejada

INTRODUCCIÓN

El cálculo de iluminación natural se ha basado hasta ahora en el aporte de luz del cielo. Como luminancia de las obstrucciones se toma en cuenta solamente la producida por la luz reflejada del cielo costumbre considerar esa luminancia igual a un décimo de la luminancia del cielo. El estudio de la luminancia que puede alcanzar una obstrucción en climas soleados muestra que esta consideración no es correcta. Los planos verticales y horizontales iluminados por el sol pueden alcanzar luminancias superiores a la del cielo.

El conocimiento de estos valores permite hallar con más precisión la iluminación en un punto, a través de la componente reflejada exterior (CRE) y también del aumento, menos importante, de la componente reflejada interior (CRI). No tener en cuenta éstos aportes de luz reflejada pueden llevar al sobredimensionado de vanos, con los grandes problemas térmicos que esto ocasiona.

En la preocupación por disponer de métodos de cálculo prácticos aplicables en la etapa de diseño, se da un método simplificado que permite el cálculo de la componente reflejada exterior CRE en el que se consideran las zonas de las obstrucciones que reciben radiación directa y difusa y las que reciben radiación difusa solamente. El método se aplica a la orientación Sur, en Montevideo.

MÉTODO DE CALCULO DE CRE

Calculo de CRE en un punto P de un local de un edificio alto, con orientación S; el edificio enfrenta a otro edificio de altura similar y ambos se suponen de longitud infinita.

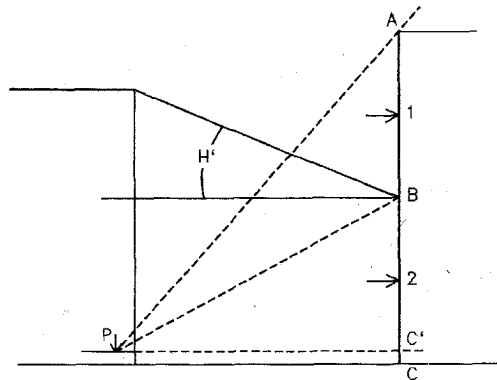


Figura 1. Corte esquemático de las condiciones de cálculo

AB, zona en sol - H' se lee en Tabla

1: punto medio de AB

2: punto medio de BC

$$\text{luminancia AB} = L_{AB} = L_{o \text{ dir}} + L_{o \text{ dif } 1}$$

$$\text{luminancia BC} = L_{BC} = L_{o \text{ dif } 2}$$

$L_{o \text{ dir}}$ - se lee en tabla

$L_{o \text{ dif } 1}$ - suponemos que en la zona AB la luminancia debida a la radiación difusa es constante e igual a la luminancia L_1 en el punto 1.

$$\text{Se tiene: } L_{o \text{ dif } 1} = CC_1 \cdot L_c \cdot \rho$$

siendo $\rho = 0.40$

$L_{o \text{ dif } 2}$ - análogamente hacemos $L_{o \text{ dif } 2} = L_2$

$$\text{Se tiene: } L_{o \text{ dif } 2} = CC_2 \cdot L_c \cdot \rho$$

siendo $\rho = 0.40$

Conocidas las luminancias de las zonas AB y BC se puede hallar el valor de CRE mediante cualquiera de los métodos conocidos para hallar CC; los valores CC_p respecto a las zonas AB y BC se multiplicarán, respectivamente, por las relaciones de luminancia de esas zonas y el cielo.

$$CRE_P = CRE_{P(AB)} + CRE_{P(BC)} = CC_{P(AB)} \cdot L_{AB} / L_c + CC_{P(BC)} \cdot L_{BC} / L_c$$

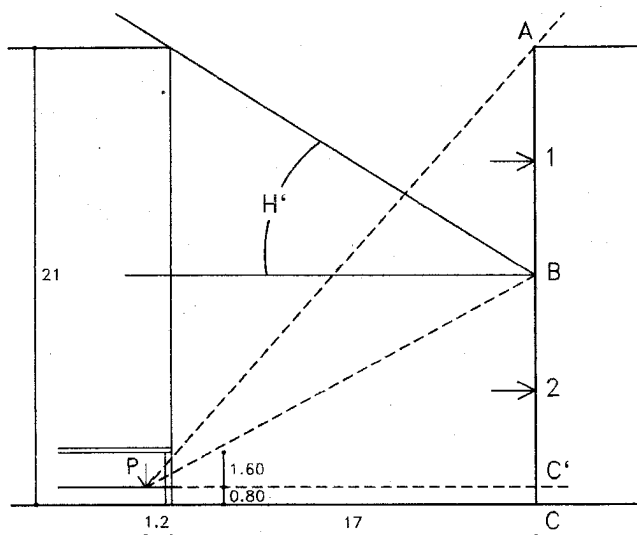
$$CRE_P = CC_{P(AB)} \cdot (L_{o \text{ dir}} / L_c + L_{o \text{ dif } 1} / L_c) + CC_{P(BC)} \cdot L_{o \text{ dif } 2} / L_c \quad \text{Ec.1}$$

CALCULOS DE BASE

La Tabla 1 expone los resultados de los cálculos de:

- Valores de luminancia del cielo para el día central de cada mes del año y para horas solares desde las 8 a las 16. Este horario comprende aproximadamente, como promedio anual, un 70% de la jornada de trabajo considerada de 8 a 17hrs (hora legal).
- Valores de luminancia del plano vertical orientado al Norte (obstrucción) para los mismos días y horas. Esta luminancia ha sido calculada en base a una reflectancia = 0.40, valor que promedia los valores altos de reflectancia que corresponden a las partes de mampostería de la fachada y los valores bajos que corresponden a las áreas vidriadas.
- Valores del "ángulo solar" H' , proyección de la altura H del sol sobre el plano perpendicular al plano norte, para los mismos días y horas. El ángulo H' permite determinar la zona efectivamente iluminada por el sol.

EJEMPLO DE APLICACIÓN



- . ancho y altura de calle típica en Montevideo.
- . cálculo para el 15 de mayo (28 de julio) a la hora 10 (16), momentos promedio de invierno
- . el punto P se encuentra sobre el eje medio del local
- . ancho de la ventana: 2.40m.

Figura 2. Condiciones del ejemplo calculado

En Tabla 1 se lee:

$$H = 35^{\circ}40'$$

$$L_c = 3263 \text{ nit}$$

$$L_{o \text{ dir}} = 5636 \text{ nit.} - \text{ la luminancia de la obstrucción supera a la del cielo.}$$

$$\text{zona AB (en sol): } L_{AB} = L_{o \text{ dir}} + L_{o \text{ dif } 1}$$

$$L_{o \text{ dif } 1} = L_1 = CC_1 \cdot L_c$$

$$CC_1 = 0.34 \text{ (de tablas de Comp. de Cielo)}$$

$$L_{o \text{ dif } 1} = 0.34 \times 0.40 \times L_c$$

$$L_{AB} = 5636 + 0.136 L_c \text{ (nit)}$$

$$\text{zona BC (sombra): } L_{BC} = L_{o \text{ dif } 2} = L_2 = CC_2 \cdot L_c$$

$$CC_2 = 0.16 \text{ (de tablas de Comp. de Cielo)}$$

$$L_{BC} = 0.064 L_c \text{ (nit)}$$

$$CC_{P(AB)} = 0.0824 \text{ (hallado en tablas de componentes de cielo)}$$

$$CRE_{P(AB)} = 0.0824 \times L_{AB}/L_c = 0.154$$

$$CC_{P(BC)} = 0.0415 \text{ (hallado en tabla de componente de cielo).}$$

$$CRE_{P(BC)} = 0.0415 \times L_{BC}/L_c = 0.003$$

$$CRE_p = 0.154 + 0.003 = 0.157 = 15,7\%$$

TABLA 1.

Valores horarios de luminancias del cielo y del plano Norte y ángulo de la sombra.

hora	Lc	L _{odir}	H'
15 de enero			
8-16	3859	--	--
9-15	4297	866	83° 48'
10-14	4615	1948	79° 11'
11-13	4814	2636	76° 56'
12	4894	2890	76° 15'
15 de febrero			
8-16	3581	759	80° 13'
9-15	4138	2142	73° 25'
10-14	4456	3231	70° 13'
11-13	4655	4138	68° 42'
12	4735	4393	68° 15'
15 de marzo			
8-16	3143	1893	59° 41'
9-15	3820	3209	58° 19'
10-14	4178	4789	57° 43'
11-13	4377	5535	57° 26'
12	4456	5787	57° 21'
15 de abril			
8-16	2467	2556	36° 24'
9-15	3263	4128	41° 37'
10-14	3740	5326	44° 00'
11-13	3979	6810	45° 07'
12	4058	7087	45° 27'
15 de mayo			
8-16	1790	2032	20° 54'
9-15	2745	4085	29° 25'
10-14	3263	5636	33° 39'
11-13	3541	6439	35° 41'
12	3661	6706	36° 18'
15 de junio			
8-16	1393	1756	14° 16'
9-15	2387	4118	23° 40'
10-14	2984	5551	28° 34'
11-13	3302	6406	30° 58'
12	3382	6684	31° 42'
15 de julio			
8-16	1552	1872	16° 37'
9-15	2507	4182	25° 45'
10-14	3064	5572	30° 26'
11-13	3382	6406	32° 43'
12	3462	6684	33° 24'
15 de agosto			
8-16	2149	2130	28° 04'
9-15	2984	4235	35° 14'
10-14	3462	5487	38° 40'
11-13	3740	7027	40° 16'
12	3820	7316	40° 45'
15 de setiembre			
8-16	2825	2267	48° 25'
9-15	3541	3679	50° 20'
10-14	3939	5378	51° 11'
11-13	4138	6136	51° 35'
12	4218	6401	51° 42'
15 de octubre			
8-16	3382	1316	71° 16'
9-15	3939	2828	66° 40'
10-14	4297	3922	64° 34'
11-13	4496	4902	63° 35'
12	4576	5102	63° 18'
15 de noviembre			
8-16	3740	128	88° 32'
9-15	4218	1336	80° 06'
10-14	4536	2334	75° 56'
11-13	4735	3170	73° 56'
12	4814	3425	73° 20'
15 de diciembre			
8-16	3899	--	--
9-15	4337	529	86° 17'
10-14	4655	1566	81° 23'
11-13	4854	2241	78° 59'
12	4934	2483	78° 15'

CONCLUSIÓN

La relación entre los valores de la componente reflejada exterior CRE en el punto P proveniente de la zona iluminada por el sol (AB) y de la zona en sombra (BC'), muestra la enorme importancia de la consideración de la luz del sol en caso en que la componente de cielo es nula o muy pequeña.

Esta situación es muy corriente en calles o pozos de aire y luz y demuestra que el criterio de despreciar la luz del sol reflejada como fuente iluminante es extremadamente conservador en climas que poseen largos períodos con alta heliofanía relativa. El método propuesto complementa las técnicas corrientes de cálculo de iluminación natural empleadas en las escuelas de arquitectura.

Las tablas con valores de luminancias y alturas de sombras pueden ser fácilmente calculadas para diferentes latitudes y orientaciones por computadora.

ANEXO.

Condiciones para el estudio y símbolos utilizados.

- . se ha considerado cielo uniforme,
- . las superficies reflejantes son difusores perfectos,
- . valores correspondientes a la latitud de Montevideo = $34^{\circ} 50'S$,
- . valores de radiación corresponden a cielo claro, tanto los valores de radiación difusa sobre plano horizontal como los de radiación directa sobre plano Norte son tomados de la publicación: "Datos del clima para cálculo térmicos", Arq. R. Rivero, SCAA, setiembre 1992,
- . valores de eficiencia lumínica considerados:
 - para radiación directa: para $H= 20^{\circ}$, eficiencia: 77 lm/W
 - para $H= 40^{\circ}$, eficiencia: 91 lm/W
 - para $H= 60^{\circ}$, eficiencia: 98 lm/W
 - para radiación difusa : eficiencia: 125 lm/W
- . no se han tenido en cuenta las interreflexiones entre los planos (plano Sur, plano N y plano horizontal), que aumentarían el valor final de las luminancias.

- E_e iluminación exterior en el plano horizontal (lx).
 $E_{o\ dir}$ iluminación el plano Norte debida a la radiación directa (lx).
 E_1, E_2 iluminación en el punto 1, idem punto 2 (lx).
 L_c luminancia del cielo (nit) - Dada en Tabla 1.
 $L_{o\ dir}$ luminancia del plano Norte debida a la radiación directa (nit) - Dada en Tabla 1.
 $L_{o\ dif\ 1}$ luminancia del plano Norte debida a la radiación difusa, en la zona en que el plano recibe radiación directa (nit).
 $L_{o\ dif\ 2}$ luminancia del plano Norte en la zona en que sólo recibe radiación difusa (nit).
 H altura del sol
 H' ángulo de sombra: altura del sol proyectada sobre el plano perpendicular a la obstrucción -Dado en Tabla 1.
 CC, CC_p componente de cielo, componente de cielo en el punto P
 CC_{MN} valor que tendría CC si la zona MN de la obstrucción fuera cielo.
 CRE, CRE_p componente reflejada exterior, idem en el punto P.
 CC_1, CC_2 componente de cielo en el punto 1, idem punto 2