

Confort lumínico en edificios de ocupación intermitente: confrontación de un modelo predictivo.

Vazquez, J. A.[#]

CEAH - Centro de Estudios del Ambiente Humano
FAPyD - Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño
UNR - Universidad Nacional de Rosario
Riobamba 250 bis - 2000 Rosario - Argentina
Tel.: 54-41-81 7945 int. 114 - Fax: 54-41-25 7164 - E-mail: postmaster@sifasf.edu.ar

RESUMEN

En la última década, ha habido un interés creciente en cuestiones de iluminación natural, básicamente en el desarrollo de nuevas herramientas para predecir el comportamiento de esquemas de iluminación a través de programas de computadora, nomógrafos y técnicas de modelización.

PWCLite es un modelo de simulación que propone dar una respuesta rápida al proyectista en la etapa de conjeturas y refutaciones del proyecto. Consiste en una evaluación preliminar de las contribuciones de luz natural debidas a una geometría de ventanas unilaterales, siendo su respuesta el grado de saturación del nivel de iluminación necesario sobre el plano de trabajo de un escritorio típico de un local para oficina estándar.

Sus ventajas son la posibilidad de incorporar condiciones de cielo local de otras latitudes; fácil manejo y rapidez de la respuesta gráfica. Como desventajas se mencionan las limitaciones propias del análisis paramétrico del DOE-2 sobre el que se basa, como la geometría del local, reflectancias interiores y obstrucciones exteriores.

INTRODUCCIÓN

En el momento de concebir un edificio, el arquitecto debe tomar la decisión del tipo de envolvente que optará en el proyecto. Los principales elementos de la envolvente, son todos relativos a la piel exterior del edificio que regulan los intercambios térmicos y lumínicos entre el ambiente interior y el exterior donde está emplazado. Optar por una alternativa obliga al proyectista a una concepción y diseño cada vez más detallado de las particularidades, que encuentra principal justificación en el tipo de ambiente interior que desea conseguir.

La iluminación artificial representa sólo entre un 35% y un 50% del consumo eléctrico para un edificio comercial típico. Regularmente, en un clima templado, en un edificio de ocupación intermitente, un 50% del consumo de energía se debe a la iluminación eléctrica, otro 30% se utiliza en los sistemas de climatización artificial (enfriamiento) directamente relacionados con la carga por iluminación artificial, y el restante 20% se consume en sistemas de calefacción, equipamiento y ocupantes (movimiento y carga metabólica) (1). Existe entonces, espacio para programas adicionales a fin de mejorar la eficiencia energética del sistema edificio.

Las teorías de control de iluminación actuales, que apuntan a la eficiencia energética, pueden ser simplemente formuladas. Se trata de cinco estrategias básicas: horarios de actividades, iluminación natural, ajuste de iluminación de áreas y tareas, factor de depreciación de lámparas y accesorios, y control de la carga y demanda. Los arquitectos están ahora reformulando las técnicas de iluminación natural como un elemento importante en el diseño actual de edificios. Ventanas, patios cubiertos o pozos de luz, y claraboyas en los últimos diseños de edificios están siendo utilizados en extenso para suministrar luz natural "gratis". Los nuevos desarrollos en las técnicas de iluminación natural están proveyendo iluminación total más pareja y uniformemente distribuida. Con el empleo de las estrategias de control, además del ahorro de energía en cuanto a las facturas de electricidad, se obtienen incrementos en la productividad proveyendo iluminación agradable con ausencia de deslumbramiento (2).

La ventana en el lenguaje arquitectónico, además de posibilitar visuales y provocar sensaciones de contacto con el exterior, se constituye en un elemento de intercambio térmico con el exterior a partir de la iluminación natural y las renovaciones de aire. En régimen permanente, es interesante

[#] Investigador CIUNR, Director Arq. E. Di Bernardo.

su conductancia, para saber cuál es el balance energético y tener una idea de los consumos de energía necesarios para mantener las condiciones de confort interior. Por lo tanto, para poder asumir decisiones de proyecto comprometidas es necesario contar con una herramienta que permita realizar aproximaciones rápidas del comportamiento térmico y lumínico de la geometría propuesta.

DESARROLLO

El trabajo presenta una confrontación entre los resultados obtenidos por la simulación con el programa PWCLite V. 2.1 (3), y los datos producto de mediciones del comportamiento lumínico de un módulo destinado a aula / oficina del edificio de la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño de la UNR ubicado en el Centro Universitario Rosario, (33 S, 60 W).

Se evalúa el confort lumínico en sus aspectos cuantitativos y cualitativos generales para el desarrollo de la tarea visual, tomando como base las recomendaciones y condiciones mínimas de confort lumínico establecidos por las Normas IRAM-AADL.

Para la confrontación y considerando que el Programa está construido para Canadá, se tomó como localidad para las condiciones de cielo local, a Toronto (42 N, 73 W), en el período invernal, y se cargaron los datos relativos al módulo aula. (Tabla I)

CONSIDERACIONES DEL PROGRAMA

El Manual de Iluminación Natural fue elaborado por el Servicio de Arquitectura e Ingeniería de Public Works Canadá, y fue supervisado por el Grupo de Iluminación Natural del Laboratorio Lawrence Berkeley.

PWCLite está construido sobre la base de una plantilla y lenguaje de macros de una planilla de cálculo de Lotus 1-2-3®, esto hace posible su utilización en PC compatibles y en Macintosh, así como con cualquier herramienta de cálculo compatible con Lotus.

Es una herramienta simplificada de estudio del comportamiento lumínico, basada en un gran número de análisis paramétricos del DOE-2, y por lo tanto respeta las suposiciones efectuadas en el mismo.

Entre los métodos con que se cuenta para estimar la disponibilidad de luz natural en espacios interiores, los más ampliamente aceptados son: CLD (Coeficiente de Luz Diurna) y AE (Abertura Efectiva).

El modelo utiliza el método AE que ha demostrado ser un determinante primario del potencial de iluminación natural de un espacio perimetral. Se define como el producto entre el tamaño de la abertura de ventana, como un porcentaje de la superficie total de la pared, y las propiedades de transmisión lumínica del vidriado.

$$AE = RVP \times TV$$

Donde:

RVP: Relación Vidrio/Pared

TV: Transmitancia visible

AE es un indicador de fácil cálculo, y particularmente útil en los primeras instancias del proyecto donde aún no se han definido muchos de los factores arquitectónicos que influyen la iluminación natural en el interior. Dejando para etapas de ajuste posteriores la evaluación de variables como la distribución, deslumbramiento y uniformidad. Pero si permite evaluar la optimización del ahorro de energía y costo por el sistema de iluminación natural.

La AE mínima aceptable fue fijada en 0.25, valor que responde a los requisitos de PWC Normas de Luz Natural, (un mínimo de 200 lx de iluminancia ambiente en la mitad del fondo del espacio perimetral por lo menos en el 80% de las horas de ocupación, de 8 a 17hs.).

DEL VIDRIADO

El vidrio es un elemento crítico en el consumo de energía en el sistema edificio. PWCLite considera las tres características básicas:

TV: Transmitancia Visible; fracción del espectro visible transmitido a través del vidriado (diferenciándose de la transmitancia solar).

CS: Coeficiente de Sombra: fracción de ganancia solar a través de un sistema vidriado comparada con la obtenida por un vidrio doble claro (4.2mm). Porcentaje directamente relacionado con las cargas de los sistemas de acondicionamiento térmico. Si las ganancias solares son excesivas, los costos de energía de enfriamiento pueden superar los ahorros obtenidos por iluminación natural. Entonces, un vidriado ideal debería tener una transmitancia visible (TV) alta y un coeficiente de sombra (CS) bajo.

Conductancia: Porción de la transferencia de calor a través de una unidad de área, por unidad de tiempo y de diferencia de temperatura.

Distintas combinaciones de las características del vidriado pueden ser estimadas rápidamente corriendo el Programa WINDOWS 3.1. (4). Frente al desarrollo de nuevos materiales semitransparentes con combinaciones de alta transmitancia visible y bajo coeficiente de sombra, el diseñador deberá evaluar los beneficios energéticos de distintas configuraciones.

El programa no analiza las contribuciones por la carpintería, protecciones u otros aditamentos de las ventanas, solamente el área vidriada.

DE LAS OBSTRUCCIONES EXTERNAS

Además del sistema vidriado, las condiciones externas al edificio afectan la iluminación natural del interior, pudiendo las mismas variar significativamente entre fachadas y planos vidriados. Una evaluación más profunda del efecto de las obstrucciones externas requiere de la construcción de modelos a escala o técnicas analíticas de simulación más sofisticadas. Por tal motivo, y para su utilidad en el proceso de diseño, PWCLite ha desarrollado un método simplificado de aproximación de los efectos de las obstrucciones. El método es adecuado para la evaluación preliminar del potencial de iluminación natural en edificios nuevos. Realiza una estimación simplificada de la fracción de visión obstruida por objetos externos. La escena es vista desde un punto de referencia en el local, mirando hacia afuera de la ventana. El usuario puede elegir entre: sin obstrucción, obstrucción parcial y obstrucción total. Obstrucción parcial es aquella que resultaría de un edificio de ocho pisos ubicado a una cuadra de distancia. Obstrucción total es la producida por el mismo edificio de ocho pisos pero ubicado en la vereda de enfrente.

Los autores consideran que esta simplificación produce resultados aceptables en el método de análisis de iluminación natural basándose en dos razones importantes. La primera es porque los efectos de la obstrucción varían constantemente, y por lo tanto tenderán a un promedio a lo largo del año; la segunda es que el factor de obstrucción ha sido integrado dentro del análisis simplificado utilizando razonables y conservadoras suposiciones acerca del brillo de la obstrucción y su efecto sobre el local iluminado naturalmente.

Los efectos de la obstrucción sobre la iluminación natural en un local han sido correlacionados con la fracción de obstrucción y resultaron aproximaciones válidas para los casos comunes de obstrucciones a nivel de piso tales como las de edificios adyacentes. Pero no es válido para el caso de aleros.

DE LA DISPONIBILIDAD DE LUZ NATURAL

Una vez seleccionada la localidad y la opción de la estación del año (verano o invierno), presenta un gráfico con la iluminancia promedio de luz natural para cada hora del día en un período de seis meses (Figura 5). Consecuentemente produce un gráfico de iluminancia probable como porcentaje de las horas de ocupación con iluminación natural a lo largo del año (Figura 2).

Dado el nivel de iluminancia requerido para una tarea determinada, muestra el porcentaje de horas de luz natural en que dicho nivel es excedido en un punto de referencia, lo que se denomina saturación de iluminación natural. Es la condición donde la iluminancia interior por luz natural iguala o excede la iluminancia especificada, y por lo tanto, el sistema de control de luz artificial provee el máximo de ahorro de energía de iluminación. Alcanzada la saturación, cualquier incremento adicional en la iluminancia debida a luz natural no producirá ahorros extras. El punto se ubica a la altura del escritorio, a 3m hacia el fondo desde la ventana en un local que tiene 5m de profundidad, y el cálculo se realiza para las horas de ocupación de un día promedio mensual. (Tabla II)

CAPACIDADES Y LIMITACIONES

El Programa no permite considerar variaciones en la forma del local y en la reflectancia de las superficies. Parámetros éstos fijos en el análisis de DOE-2. El análisis es estrictamente válido para la configuración de una oficina de tamaño standard. Aproximadamente 3.1m de ancho por 4.6m de profundidad, con una altura libre de piso a cielorraso de 2.6m y altura de entrepiso de 3.7m.

Las reflectancias son: paredes 50%, cielorraso 70% y piso 20%. El análisis de DOE-2 fue realizado para modelizar la distribución de iluminación natural en esa oficina standard.

El programa permite ingresar datos de hasta 12 zonas diferentes de un mismo edificio. Esto permite estudiar distintos comportamientos de iluminación natural con variedad de orientaciones, obstrucciones y relaciones vidrio/pared (RVP). Una vez realizado el cálculo, presenta la comparación entre la iluminancia que se obtendría con una AE de 0.25, sin obstrucciones, y la resultante del diseño propuesto (Tablas III y IV).

HORARIOS DE OPERACIÓN

Realiza el análisis de consumo de energía de iluminación hora por hora para un día promedio de cada mes. Utiliza por defecto un horario de ocupación de una oficina y calcula para el diseño propuesto el porcentaje de ahorro de luz artificial por la contribución de luz natural (Tabla V).

TAMAÑO Y FORMA DE LA VENTANA

El análisis de DOE-2 considera una ventana continua en tira horizontal con el centro de la misma fijo a una altura de aprox. 1.5m. Además asume una distribución típica de iluminación natural dentro del espacio cuando calcula ahorro de energía de iluminación. El análisis permanece válido para diseños de ventanas que tengan una distribución uniforme del vidrioado sobre la pared, pero no es preciso si la distribución es muy asimétrica. PWCLite guía al diseñador en la solución de una RVP y una AE que minimice los costos de energía (Figuras 3 y 4).

CONTROLES DE LUZ ARTIFICIAL

PWCLite tiene además la capacidad de estimar un amplio rango de estrategias de control de operación automática de iluminación artificial, utilizando las opciones de un sistema de atenuador, o bien dos o tres circuitos de encendido. El análisis DOE-2 está basado en suponer un punto de referencia de iluminación, donde se calcula la iluminancia de luz natural y el ahorro de energía eléctrica. Estas son suposiciones fijas del análisis, basadas en las dimensiones de la oficina standard. La ubicación del punto de control es a 3.1m hacia adentro desde la ventana, en un local de aprox. 4.6m de profundidad, a la altura de un escritorio. Este punto es elegido como representativo para la totalidad de la zona iluminada naturalmente.

CONSIDERACIONES DE LAS MEDICIONES

Las mediciones se realizaron in-situ en un aula con orientación sur, en el mediodía de varios días durante los meses de mayo/junio, considerando a la ventana como perfecto difusor y utilizando el Factor Luz Ventana (FLV) en lugar del CLD. El FLV corresponde al factor útil de aprovechamiento lumínico, el que se entiende como la relación del valor de iluminancia en el plano interior del vidrio (corresponde a la del propio difusor), con la del elemento interior en cuestión. Por otra parte, las reflectancias interiores son muy similares a las fijadas por el PWCLite. Se observa que a 3m de la ventana en el centro del local la iluminancia de esperar alcanza 870 lx como promedio de las mediciones. Esto permite comparar con los valores de iluminancia promedios del diseño propuesto en el Programa, a la hora 13. (Figuras 1 y 4)

CONCLUSIONES

El programa es una herramienta de fácil manejo y comprensible para el proyectista no especialista en el tema, creado con el soporte de una herramienta muy conocida en informática aplicada como lo es una planilla de cálculo. Sin embargo, presenta algunas simplificaciones demasiado generales para analizar edificios existentes, en el caso de proyectos de remodelación, como las opciones de obstrucciones exteriores y las características interiores. Por otra parte, al ser desarrollado para Canadá adolece de una biblioteca con latitudes inferiores, si bien es posible su incorporación, se desconoce si acepta las condiciones de cielo despejados típicas en nuestro país.

REFERENCIAS

- 1 Bryan, H. y Bazjanac, V., en Proceedings of the 1983 International Daylighting Conference, Feb. 1983; Ed. Thomas Vonier, p. 192.
- 2 Blake, F. en Proceedings of the 1986 Annual Meeting ASES, Technical Papers, Boulder, Colorado, 1986, p. 200.
- 3 PWCLite V. 2.1. Preliminary Assessment of Daylighting for Office Buildings, Public Works Canadá, March 1991.
- 4 A PC Program for Analyzing Window Thermal Performance, Regents of The University of California, Windows and Daylighting Group, Lawrence Berkeley Laboratory, Octubre 1988.

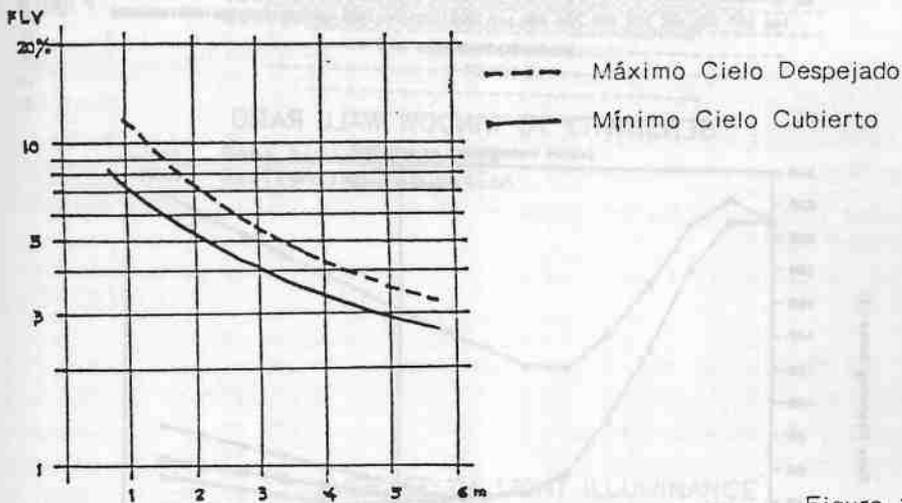
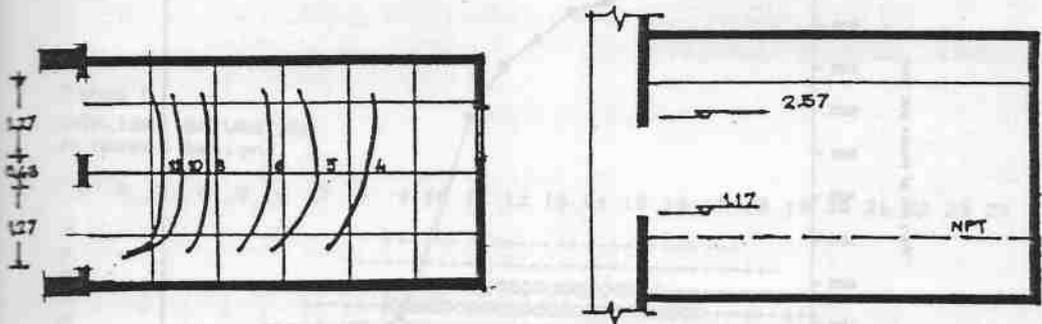


Figura 1

Tabla 1

A1: PR [W3] 'DATABASE OF ALL BUILDING ZONES

REA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	DATABASE OF ALL BUILDING ZONES													
2														
3														
4														
5		Descrip-	Flr	Gls	Wall	Wndw	Wndw	Wndw	Wndw	Obst		Light	Dyht	
6		tion	Area	Area	Area	U	VT	SC	Type			Pwr	Spec	Ctrl
7			Mul	Orn	Area							Dnsy	Ilmn	Type
8	1	AULA	1	N	4.4	9.0	6.42	0.89	0.95	NONE	20.0	500	STP2	
9	2													
10	3													
11	4													
12	5													
13	6													
14	7													
15	8													
16	9													
17	10													
18	11													
19	12													
20	Totals		1	21	4	9								

CLLC NUM

ILLUMINANCE PROBABILITIES

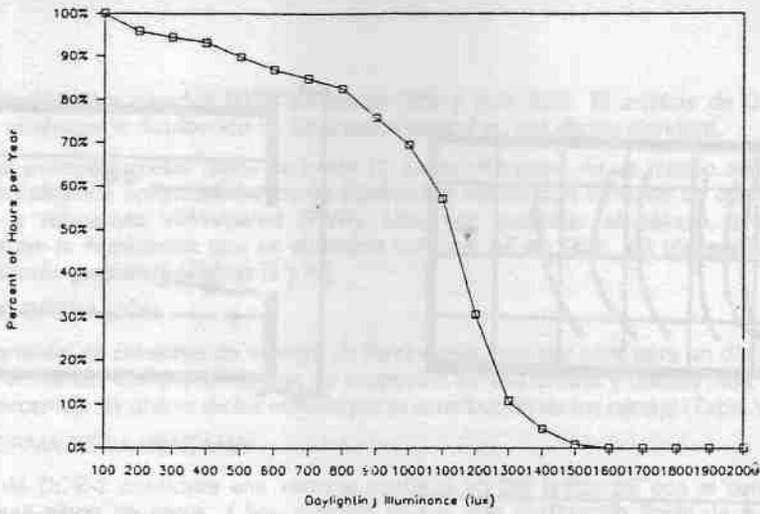


Figure 2

SENSITIVITY TO WINDOW WALL RATIO

(visible transmittance as specified)

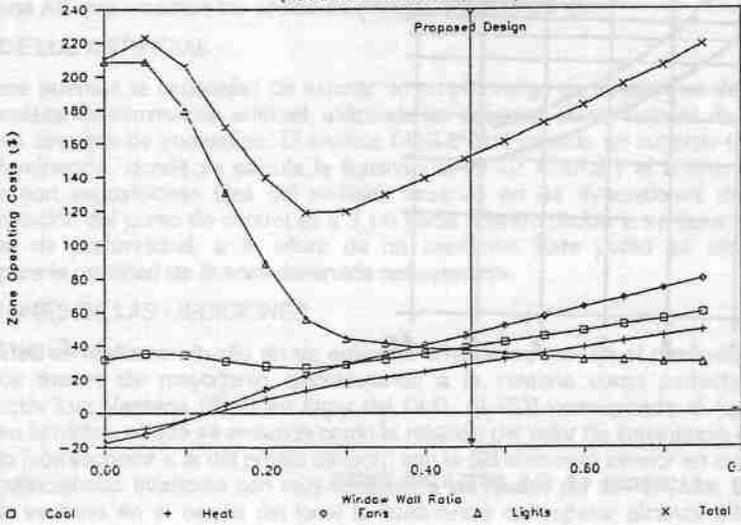


Figure 3

SENSITIVITY TO WINDOW WALL RATIO

(visible transmittance as specified)

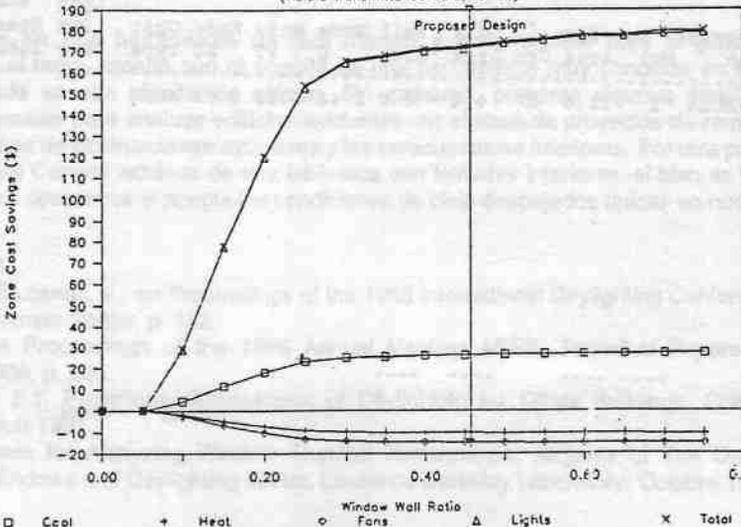
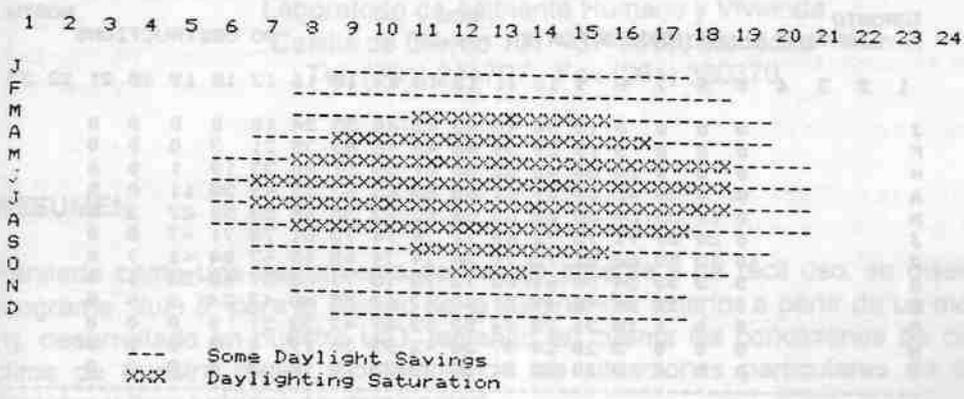


Figure 4

Alfonso Moral

Tabla II
DAYLIGHT SATURATION
Proposed Design



AVERAGE DAYLIGHT ILLUMINANCE
November through April

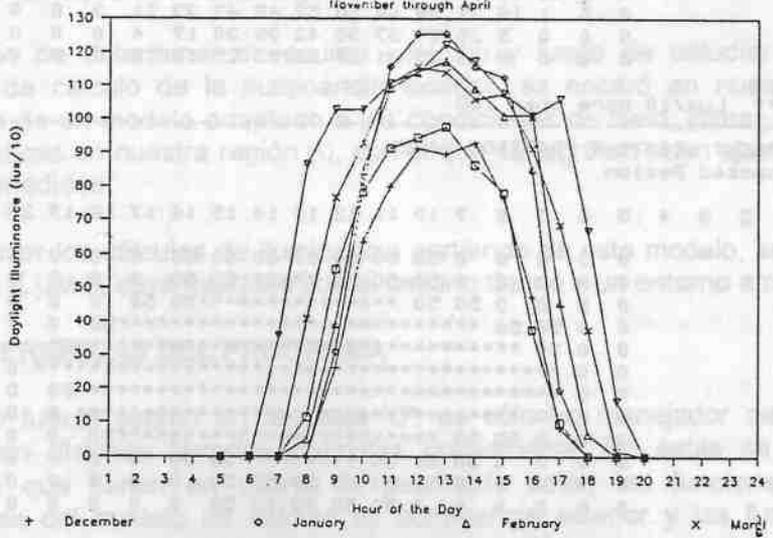


Figura 5

Tablas III, IV y V

TORONTO DAYLIGHTING ILLUMINANCES FOR EA = 0.25 LUX / 10 NORTH NO OBSTRUCTIONS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
J					0	0	0	0	13	30	40	42	42	40	35	24	10	0	0	0	0			
F					0	0	0	3	19	29	39	46	48	46	43	35	21	3	0	0	0			
M					0	0	0	19	34	42	52	59	61	59	51	40	33	19	1	0	0			
A					0	0	24	45	54	57	61	65	63	65	62	57	49	38	11	0	0			
M					0	11	38	54	58	62	62	64	65	62	55	56	53	50	27	2	0			
J					0	20	57	71	75	72	69	72	74	74	75	81	78	71	47	8	0			
J					0	13	50	68	71	72	71	76	74	74	68	65	67	64	41	7	0			
A					0	3	33	54	58	61	65	72	75	75	73	66	57	48	22	1	0			
S					0	0	12	36	46	49	51	60	67	62	55	49	47	24	2	0	0			
O					0	0	1	18	31	39	44	50	52	49	42	33	21	3	0	0	0			
N					0	0	0	5	20	29	37	38	42	39	30	17	4	0	0	0	0			
D					0	0	0	0	10	22	31	34	33	33	25	18	3	0	0	0	0			

AVERAGE DAYLIGHT ILLUMINANCE EA = 0.25 LUX / 10 Proposed Design

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
J					0	0	0	0	13	30	40	42	42	40	35	24	10	0	0	0				
F					0	0	0	3	19	29	39	46	48	46	43	35	21	3	0	0				
M					0	0	0	19	34	42	52	59	61	59	51	40	33	19	1	0				
A					0	0	24	45	54	57	61	66	64	66	63	57	49	38	11	0				
M					0	11	38	54	58	63	63	65	66	63	55	56	53	50	27	2				
J					0	20	57	72	76	73	70	73	75	75	76	82	79	72	47	8				
J					0	13	50	69	72	73	72	77	75	75	69	66	68	65	41	7				
A					0	3	33	54	58	61	66	73	76	76	74	67	57	48	22	1				
S					0	0	12	36	46	49	51	60	68	63	55	49	47	24	2	0				
O					0	0	1	18	31	39	44	50	52	49	42	33	21	3	0	0				
N					0	0	0	5	20	29	37	38	42	39	30	17	4	0	0	0				
D					0	0	0	0	10	22	31	34	33	33	25	18	3	0	0	0				

*** Lux/10 more than 100

PERCENT LIGHTING FRACTION SAVED Proposed Design

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
J					0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0				
F					0	0	0	0	0	50	50	50	***50	50	50	50	0	0	0	0				
M					0	0	0	0	50	50	*****	*****	*****	*****	50	50	0	0	0	0				
A					0	0	50	50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	50	0	0	0	0				
M					0	0	50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	50	0	0	0				
J					0	0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	50	0	0				
J					0	0	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	50	0	0			
A					0	0	50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	50	0	0	0	0
S					0	0	0	50	50	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	50	0	0	0	0
O					0	0	0	0	50	50	50	*****	*****	50	50	0	0	0	0	0				
N					0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0				
D					0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0				

*** 100 percent savings