

USO DE PROGRAMAS INFORMÁTICOS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL EN LA ILUMINACIÓN DE EDIFICIOS, MEDIANTE UNA ADECUADA ELECCIÓN DEL ACRISTALAMIENTO DE VIDRIO

ANTA FERNÁNDEZ, I.

Grupo Energía, Edificación y Patrimonio

E. U. Arquitectura Técnica – U.P.M.

RESUMEN

Los distintos tipos de vidrios que se comercializan hoy día, nos dan una amplia gama de posibilidades para satisfacer nuestras necesidades: dejar pasar la luz y no el calor, que se vea desde dentro y no se vea desde fuera, vidrios que reflejen y no deslumbren, vidrios que no se rompan, en fin, no hay mas que tener en la mano un catálogo de una empresa de fabricante de vidrio para comprobarlo.

La elección se hace pues confusa, cuando se quiere concretar en una necesidad, en un tamaño, en un espesor o en un color.

Con tanta variedad de elección de un vidrio, los programas informáticos nos ayudan a encontrar una aproximación que refuerce nuestros conocimientos y experiencias.

Diversas magnitudes describen las características de un acristalamiento en el campo de la luz y de la radiación, pero en cuanto al aprovechamiento de la luz natural se refiere son dos las características de los vidrios que hay que tener en cuenta: transmisión luminosa y factor solar.

En el estudio propuesto, nos centramos en: dada la distribución de iluminancias de un local iluminado con luz natural encontrar el vidrio con transmisión luminosa adecuado, planteando las posibilidades de hacer una búsqueda extensiva a otras propiedades del vidrio.

Introducción

Desde los comienzos del mundo, el Sol ha jugado un papel fundamental para la existencia de la vida sobre la Tierra; de hecho sin el Sol no podríamos vivir.

Nuestra habilidad para movernos en el entorno se debe, en gran parte, a la capacidad de los ojos que han sabido adaptarse, a lo largo de millones de años, a la luz solar.

El Sol crea un clima (palabra que proviene del griego klima, que significa “inclinación”, aludiendo a la inclinación de los rayos del Sol) al calentar la superficie de la Tierra y el aire que nos rodea, evaporando el agua a nuestro alrededor provocando la lluvia y los vientos.

De igual manera, la luz proveniente del Sol ha condicionado la vida humana a sus ciclos diarios y anuales: el día, la noche y las estaciones marcando nuestro ritmo de vida (Fig. 1)



Fig. 1.

Esta presencia del Sol en la vida del hombre y su importancia ha sido objeto de admiración, culto y observación (Fig. 2).



Fig. 2.

Cuando caía la noche y hasta que descubriera el fuego, el hombre primitivo no tenía otra manera de ver que con la luz que provenía de la Luna.

Luego, gracias a las llamas, pudieron iluminar y calentar sus cavernas en las noches.

Hasta el siglo XVIII, la mayor parte de la humanidad se ha iluminado con estas dos únicas fuentes: el Sol (natural) y el fuego (artificial).

La iluminación arquitectónica se realizaba casi exclusivamente con luz proveniente del Sol. La luz de la llama, aunque se perfeccionaría a lo largo de los años (lámparas de aceite, candil, candelabros), tenía una intensidad reducida, iluminando sólo su inmediato alrededor. Para iluminar grandes espacios, se requerirían numerosos y costosos puntos de luz de constante mantenimiento.

Con la llegada en 1879 de la lámpara de Edison y la introducción del tubo fluorescente en 1938 se empezó a abandonar la tradición de la arquitectura y el diseño de entornos con luz del Sol.

La reciente concienciación de que la energía necesaria para producir iluminación artificial es, además de limitada, un agente más en la contaminación atmosférica ha puesto nuevamente en evidencia la necesidad de recuperar el diseño y la arquitectura con luz solar, llamada hoy día iluminación natural.

Pero no es sólo el ahorro energético, ni la contaminación por lo que se debe utilizar la luz natural.

La luz natural afecta a la salud y a la psicología de las personas.

La persona que entra en un ambiente bien iluminado con luz natural, advierte de inmediato una sensación especial del espacio, no cuantificable como la energía o la contaminación.

La cantidad y calidad de la luz natural cambia con el lugar, hora del día, época del año y de las condiciones meteorológicas. Estas variaciones han sido apreciadas y aplicadas por los arquitectos desde las primeras construcciones, pero al mismo tiempo esta variabilidad trae complicaciones por las múltiples variables que se incluyen en un estudio detallado.

¿A que llamamos luz natural o luz de día?

El Sol es una inmensa esfera de gases a alta temperatura, de $1,39 \times 10^9$ m de diámetro y situado a la distancia media de $1,5 \times 10^{11}$ m de la Tierra (a unos 8 minutos de viaje desde la Tierra a la velocidad de la luz) y es nuestra principal fuente de energía que llega a nosotros en forma de ondas electromagnéticas. (Fig. 3)

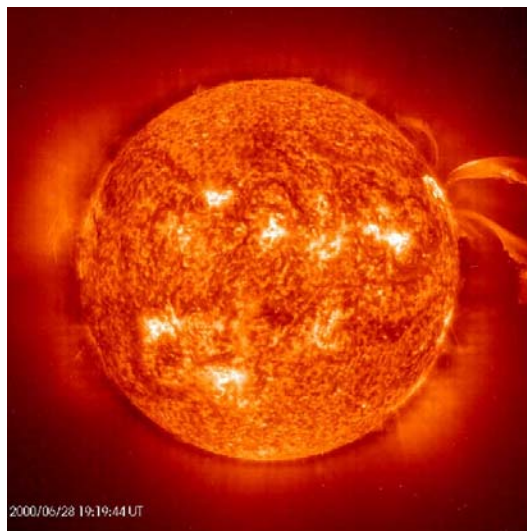


Fig. 3.

El Sol emite radiación (**radiación solar**) en toda la gama del espectro electromagnético, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio.

Pero debido al efecto de la atmósfera terrestre, a una altitud solar de 41.8° , la energía total de la radiación solar que incide a nivel del mar (**radiación solar directa**) en un día claro consta de alrededor de 3% radiación ultravioleta, 38% de radiación visible y 59% de radiación infrarroja (Fig. 4)

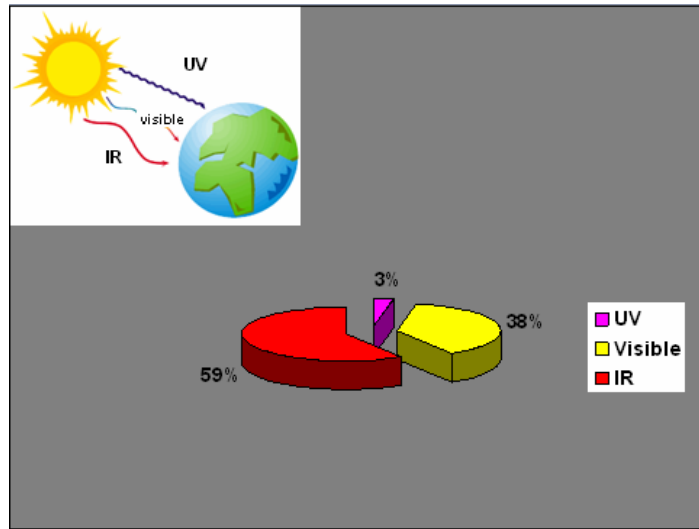


Fig. 4.

Llamamos **radiación difusa** del cielo la parte de la radiación solar que alcanza la superficie de la tierra como resultado de ser difractada por las moléculas del aire, partículas de aerosoles, de nubes u otras partículas. [IEC 50(485)/CIE 17.4:1987; 845-09-80] (Fig. 5).

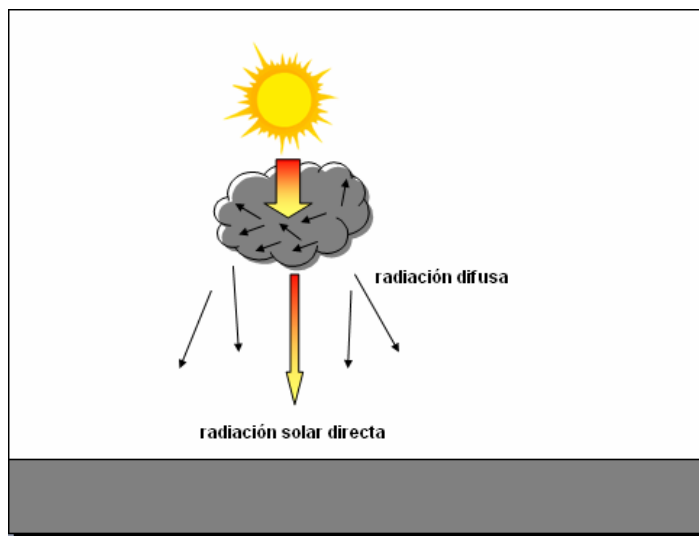


Fig. 5.

Pues bien, llamamos **luz natural** o luz de día, a la zona visible de la radiación combinada de la radiación solar directa y difusa.

La zona visible del espectro electromagnético está comprendida entre 380 y 780 nm, por ser la radiación que estimula al ojo, permitiendo la visión de los objetos (Fig. 6).

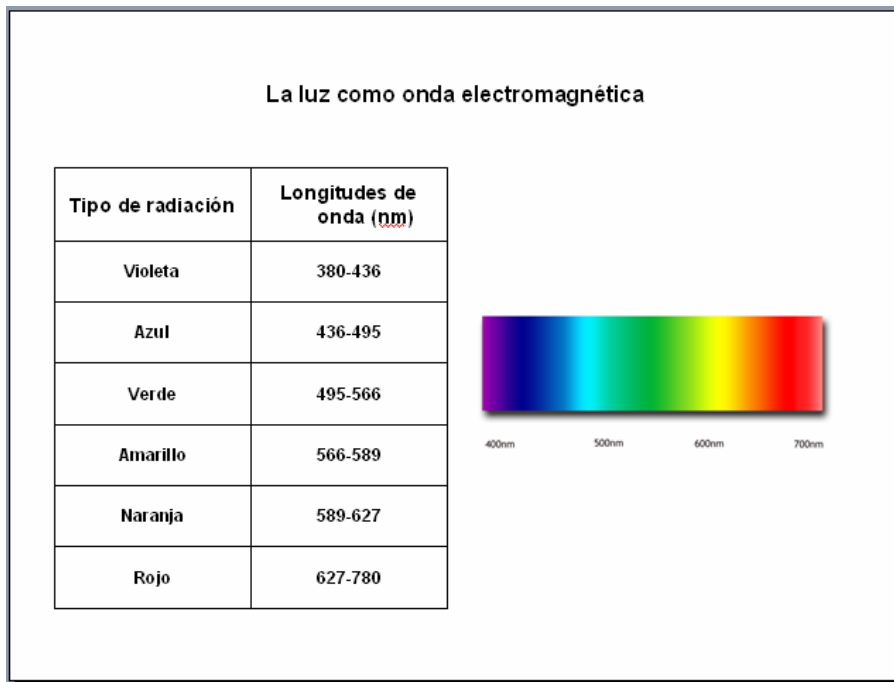


Fig. 6.

Propiedades de los vidrios y su influencia sobre la cantidad y calidad de la luz natural

A la hora de diseñar un edificio se ha de tener en cuenta que la luz natural es un factor importante a considerar, y debe cumplir tres objetivos principales:

- Proporcionar la cantidad de luz necesaria para llevar a cabo una tarea específica de manera confortable, como, leer, montar piezas, ...
- Crear un ambiente particular en el interior del edificio: juego de luces y sombras,...
- Ahorrar energía.

Históricamente, el método más simple para captar la luz natural dentro del edificio ha sido la apertura de un hueco en su envoltura.

La posición del hueco, su forma y su tamaño influían en la cantidad y calidad de la luz.

Pero la luz que entra es energía y calienta el interior, lo que en climas cálidos es un problema. En climas fríos el hueco deja pasar el frío del exterior.

La solución fue tapar el hueco con materiales que dejaran pasar la luz pero protegieran de frío o el calor. Pieles de animales, papeles encerados, mica, alabastro, conchas.

La utilización de vidrio para las ventanas a mediados del siglo I d.C. fue una innovación de los romanos.

Llegaron a obtener hojas de vidrio de tamaño (100x70 cm.) procedentes de unas termas de la ciudad de Pompeya.

Pero el vidrio (por sus propiedades) usado tenía un número limitado de aplicaciones.

Hoy día, la tecnología vidriera permite protegerse del calor, el frío, el ruido, el fuego, las agresiones y los accidentes además de decorar nuestros edificios, tanto el exterior como el interior.

Estas múltiples funciones pueden combinarse entre ellas en un solo y único vidrio, lo que implica que ahora puede ser elegido para que, contribuya a los tres objetivos mencionados.

Existe una gran cantidad de magnitudes que describen las características de los materiales de acristalamiento, pero en lo que afectan al aprovechamiento de la luz natural son dos:

- Transmisión luminosa del vidrio (TL): coeficiente que expresa el porcentaje de luz natural, en su espectro visible, que deja pasar un vidrio (Fig. 7).

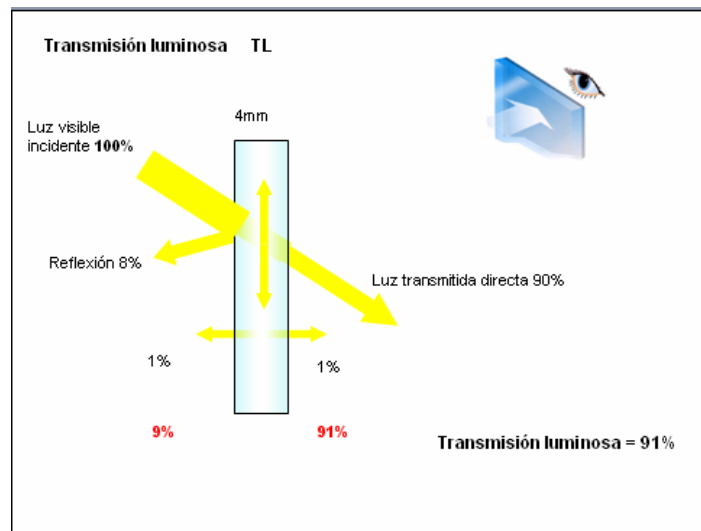


Fig. 7. Transmisión luminosa

- Factor solar g: energía térmica total que pasa a través del acristalamiento a consecuencia de la radiación solar, por unidad de radiación incidente (Fig. 8).

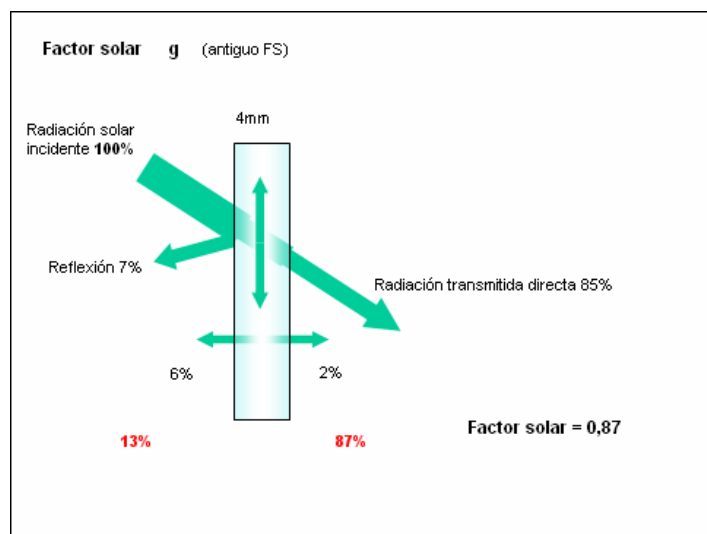


Fig. 8. Factor solar

Su determinación aparece en la EN 410 ¹.

Estos dos factores nos proporcionan un primer criterio simple de elección que cumpla con los objetivos anteriores:

Que el vidrio tenga una alta transmisión luminosa con un mínimo factor solar posible.

Con los principios anteriores, lo inmediato será asesorarse de las empresas vidrieras entre ellas hemos elegido a Saint-Gobain, consultando a su web ² (o su catálogo Manual del Vidrio³)



Fig. 9.

¿Cuáles son los acristalamientos adecuados para protección solar y máxima luminosidad?

La elección de productos tradicionalmente de alto poder de protección solar conllevaba la pérdida de luminosidad en proporción directa a la protección requerida. La última generación de productos de Saint-Gobain Glass consigue con la incorporación de capas bajo emisivas, junto a las capas de alto poder de protección solar valores intermedios que proporcionan alta protección solar con resultados sorprendentes de luminosidad. La respuesta a la pregunta queda resuelta con la incorporación en el doble acristalamiento SGG CLIMALIT del vidrio de control solar SGG COOL-LITE K, pudiéndose aportar a las soluciones el color deseado, mediante vidrios de color SGG PARSOL o definiendo soluciones incoloras con vidrios incoloros SGG PLANILUX

¹ Ventanas, puertas, persianas, herrajes, fachadas ligeras y vidrio para la edificación. Normas europeas UNE-EN. Vol. 1. Madrid. AENOR N.A.71.970, 2000. 708 p. ISBN: 84-8143-183-4. pág43

² www.saint-gobain-glass.com

³ Manual del vidrio. Madrid. Saint Gobain, 2001. 589 p.

Descripción de producto

SGG COOL-LITE K es un vidrio de control solar que se obtiene mediante pulverización catódica al vacío de una capa de óxidos metálicos sobre un vidrio incoloro SGG PLANILUX o sobre un vidrio de color SGG PARSOL / SGG PINK-ROSA.

SGG COOL-LITE K siempre ha de ensamblarse en doble acristalamiento con la capa en la cara 2 (Fig. 10), con el fin de optimizar el control solar.

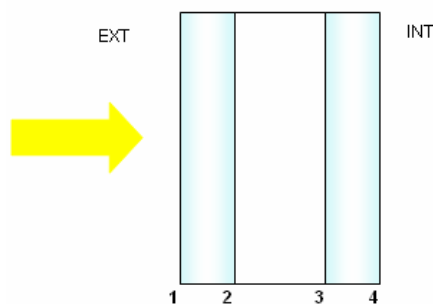


Fig. 10.

SGG COOL-LITE ofrece una gama de colores muy amplia. Combinando espesores y tonalidades de capas diferentes sobre vidrios incoloros o de color, se obtienen aspectos muy variados y un gran número de prestaciones.

Los productos de la gama SGG COOL-LITE presentan aspectos de estética muy variada (plata, azul, bronce, cromo, gris azulado, azul pastel, rosa, verde) que se obtienen depositando diferentes capas (series SC, SN, SR, SS, TB, TS y PB-N).

Una adecuada selección del vidrio SGG COOL-LITE, permitirá satisfacer simultáneamente varias exigencias, dando prioridad:

al control de la energía solar g y al ahorro en climatización
al aspecto estético (color y reflexión)

a la transmisión luminosa Tl

Las tablas que nos proporciona el fabricante nos da una gama de vidrios a elegir y nos fijaremos en ellos para obtener los resultados requeridos (Fig. 11).

Los resultados que se obtienen varían en función de la exposición del edificio, de su entorno, y de su emplazamiento geográfico.

DOBLE ACRISTALAMIENTO sgg CLIMALIT CONTROL SOLAR sggCOOL LITE K Y SK CON sggPLANILUX EN VIDRIO INTERIOR														
ASPECTO ESTÉTICO EN REFLEXIÓN EXTERIOR	PRODUCTO	TI %	RIE %	RII %	TUV %	Te %	ReE %	ReI %	Ae %	g EN 410	g ISO 9050 M1 (DIN)	SC	U W/(m²K)	U - 12mm AIRE W/(m².K)
Neutro	SGG COOL-LITE KN 069	65	17	11	37	47	32	20	1	0.49	0.47	0.57	1.2	1.7
	SGG COOL-LITE KN 169	61	16	11	18	38	24	33	5	0.44	0.42	0.51	1.2	1.7
	SGG COOL-LITE KN 155	49	15	11	20	32	21	43	4	0.38	0.36	0.44	1.3	1.8
Plata	SGG COOL-LITE KS 147	43	43	39	11	24	44	29	3	0.28	0.26	0.32	1.1	1.6
Verde	SGG COOL-LITE KN 489	50	12	10	7	24	10	64	2	0.30	0.28	0.34	1.2	1.7
	SGG COOL-LITE KN 455	41	11	11	7	20	9	69	2	0.26	0.24	0.30	1.3	1.8
	SGG COOL-LITE KS 447	36	31	38	4	16	18	65	1	0.20	0.19	0.22	1.1	1.6
Azul	SGG COOL-LITE KB 159	53	27	14	19	35	26	34	5	0.41	0.39	0.48	1.3	1.8
Rosa	SGG COOL-LITE KN 555	39	-	-	8	26	20	50	4	0.32	0.31	0.37	1,30	1.8
	SGG COOL-LITE KS 547	34	29	38	5	19	40	39	2	0.23	0.22	0.27	1,10	1.6
Neutro	SGGCOOL-LITE SKN 172	66	9	11	17	36	24	37	3	0.41	0.38	0.47	1.1	1.6
	SGG COOL-LITE SKN 165	60	15	19	11	29	31	38	2	0.32	0.30	0.37	1.1	1.6
	SGG COOL-LITE SKN 072	69	9	11	29	42	33	24	1	0.44	0.41	0.5	1.1	1.6
	SGG COOL-LITE SKN 065	64	16	20	21	32	43	24	1	0.34	0.32	0.39	1.1	1.6
Verde	SGG COOL-LITE SKN 472	53	7	10	7	25	7	66	2	0.29	0.27	0.34	1.1	1.6



Fig. 11.

Elección del acristalamiento según la luz natural requerida.

Los requerimientos medibles usuales de la luz natural son, la Iluminancia y/o el Factor solar. Que dependerán del tipo de actividad a desarrollar⁴ en el plano de trabajo del local.

Determinados los valores lumínicos requeridos, tendremos que encontrar el vidrio de una determinada transmisión luminosa (dentro de la gama propuesta por el fabricante), tal que colocado en la ventana (de dimensiones dadas) del local (de dimensiones y superficies dadas), con una orientación y en una fecha dada, cumpla las condiciones lumínicas fijadas.

Para ello haremos uso de los programas informáticos, que nos harán los cálculos de una manera rápida, de forma que la acción ensayo-error sea factible (Fig. 12)



Fig. 12.

⁴ Normas UNE12464.I, Norma Europea sobre iluminación para interiores.

Se usará el programa Dialux (Fig. 13)



Fig. 13.

con el que trabajan las empresas de iluminación como Osram, Erco,...(Fig. 14), entre otras.



Fig. 14.

El procedimiento será, fijar una transmisión luminosa al vidrio de la ventana y comprobar los niveles de luz natural alcanzados, si son satisfactorios habremos encontrado el tipo de vidrio adecuado, sino, daremos otro valor a la transmisión luminosa del vidrio y repetiremos el proceso hasta en encontrar la solución adecuada.

Así van especificando los datos al programa:

- Local: tamaño , reflexión de la superficies, el plano útil, factor de mantenimiento
- Ubicación geográfica del local: Madrid
- Orientación del local
- Año, mes, día y hora
- Ventana: Tamaño, situación en el local
- Vidrio: Transmisión luminosa TL (Fig. 15)

Dimensiones del local

Establecer aquí el tamaño del local.

¿Qué dimensiones tiene el local?

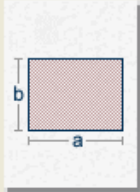
Longitud: m

Anchura: m

¿Cuál es la altura del local?

Altura: m

Boceto:



¿Cuáles son los grados de reflexión de las superficies?

Grado de reflexión	Material	Color:
Techo: <input type="text" value="70"/> %	<input type="text" value="Techo estándar"/>	<input type="text"/>
Paredes: <input type="text" value="50"/> %	<input type="text" value="Pared estándar"/>	<input type="text"/>
Suelo: <input type="text" value="20"/> %	<input type="text" value="Suelo estándar"/>	<input type="text"/>

¿A qué altura sobre el suelo se sitúa el plano útil?

Altura: m

Cuál debe ser el tamaño de la zona de margen, la distancia entre el plano útil y las

Zona m

Con que factor de mantenimiento desea planificar?

Factor de

Se acepta un factor de mantenimiento entre los límites 0.1 y 1.0.

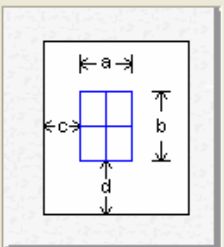
Valores de referencia:

Anchura: m

Altura (b): m

Sep. hasta pared izquierda: m


Altura del parapeto (d): m



Grado de transmisión

Material típico de vidrio: %

(GMT+01:00) Bruselas, Copenhague, Madrid, París



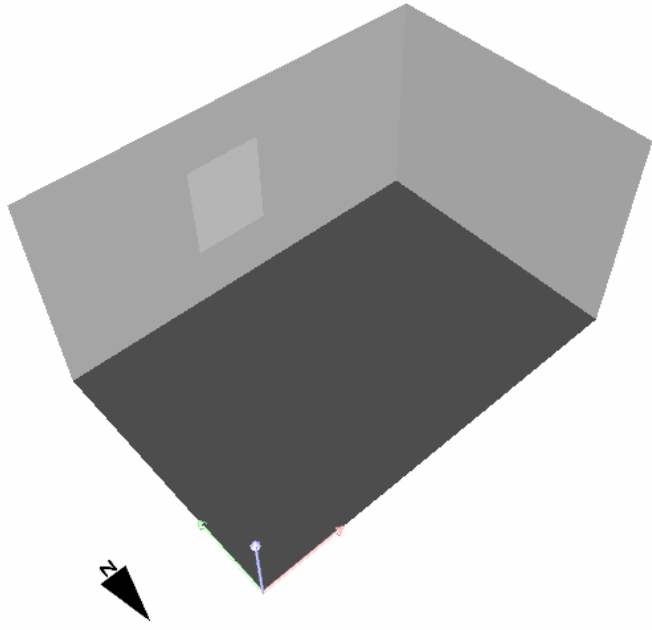
Ubicación:

Longitud: °

Anchura: °

Zona: h desplazamiento a GMT

Tiempo de vt de de



Tener en cuenta la luz diurna durante el cálculo

Calcular cociente de luz diurna

Fecha: Tiem:

< junio de 2006 >

lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18

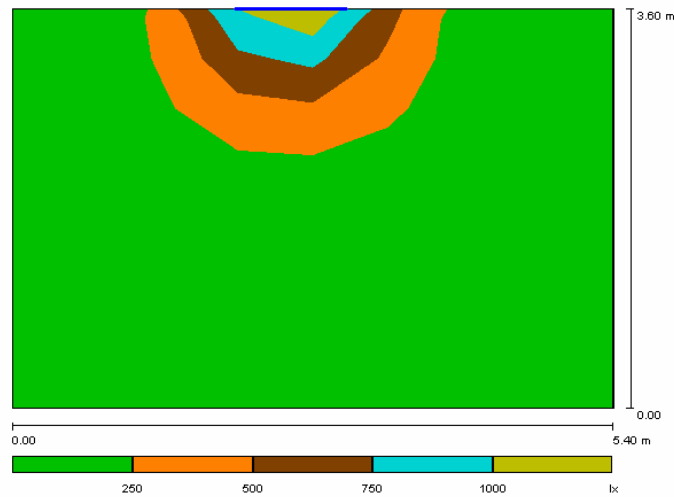
Fig. 15.

y se manda al programa ejecutar los cálculos (hay varias opciones de obtener los resultados, como tablas, isolíneas,...) que se consideren oportunos.

Parámetro de luz diurna:

Local: Madrid, Longitud: -3.70°, Latitud: 40.40°, Orientación hacia el norte: 180.0°
 Fecha: 16.06.2006, Hora:10:28:00 (+1 Desplazamiento a GMT)
 Modelo de cielo: Cielo cubierto

Local 1 / Escena de luz 1 / Plano útil / Gama de grises (E)



Local 1 / Escena de luz 1 / Plano útil / Tabla (E)



3.375	20	35	357	1790	953	89	18	13
2.925	36	83	339	751	521	147	47	24
2.475	46	88	219	348	277	129	50	34
2.025	42	74	124	163	144	85	47	31
1.575	37	54	84	102	89	61	37	30
1.125	35	41	54	62	60	49	34	30
0.675	34	38	45	52	48	42	32	26
0.225	31	38	45	47	44	39	31	26
m	0.338	1.013	1.688	2.363	3.038	3.713	4.388	5.063

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 8 x 8 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
134	13	1790	0.10	0.01

Local 1 / Escena de luz 1 / Plano útil / Gama de grises (D)

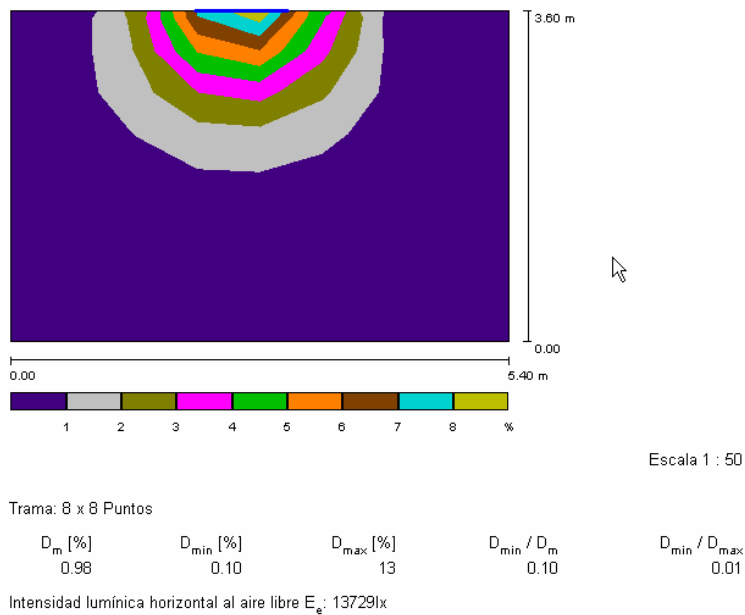


Fig. 16.

Los resultados obtenidos nos permiten comprobar si el vidrio con la transmisión luminosa elegido, nos da los valores lumínicos adecuados⁵ o debemos repetir el proceso con nuevos niveles de transmisión, lo que significaría otro modelo dentro del vidrio recomendado por el fabricante.

Bibliografía

Libros

AMSTOCK, JOSEPH S. *Manual del vidrio en la construcción*. México. McGraw-Hill, 1999. 584 p. ISBN 970-10-2263-7

Comité Español de Iluminación CEI, IDAE y CSCAE. *Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*. Madrid. IDAE, 2005. 175 p. ISBN: 84-86850-92-4

DAVID BURTON. *Glass in Building*. Oxford. Butterworth Architecture, 1993. 372 p. ISBN 0 7506 0590 1

Daylighting and window design. London. CIBSE, 1999. 91 p. ISBN 0 900953 98 5

FERNÁNDEZ NAVARRO, JOSÉ MARÍA. *El vidrio*. Madrid. 3ª ed. CSIC, 2003. 648 p. ISBN 84-00-08158-7

KALTENBACH, FRANK. *Translucent materials: glass, plastic, metals*. Basel. Birkhäuser, 2004. 110 p. ISBN 3-7643-7033-5



⁵ Los requerimientos lumínicos usuales son la Iluminancia y/o el Factor solar.

MARI, EDUARDO A.. *Los vidrios: propiedades, tecnologías de fabricación y aplicaciones*. Buenos Aires. Americalee, 447 p. ISBN 95000066173

NEILA GONZÁLEZ, F. JAVIER. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid. Munilla-Lería, 2004. 443 p. ISBN 84-89150-64-8

NICK BAKER, KOEN STEEMERS. *Daylight design of buildings*. London. James&James, 2002. 250 p. ISBN 1 873936 88 5

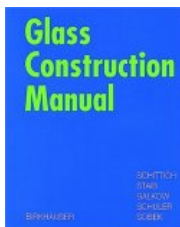
NIJSSE, ROB. *Glass in structures: elements, concepts, design*. Basel. Birkhäuser, 2003. 167 p. ISBN 37643643394



Real Fábrica de Cristales: tecnología y arte del vidrio en el siglo XVIII. Exposición Vidrio de la Granja (1988-1989.La Granja). San Ildefonso. Fundación Centro Nacional del Vidrio, 1991. 126 p. ISBN 84-404-8611-1



SCHITTICH, CHRISTIAN. *Glass construction manual*. Basel. Birkhäuser, 1999. 328 p. ISBN 3764360771



Ventanas, puertas, persianas, herrajes, fachadas ligeras y vidrio para la edificación. Normas europeas UNE-EN. Vol. 1. Madrid. AENOR N.A.71.970, 2000. 708 p. ISBN: 84-8143-183-4.

YAÑEZ PARAREDA, GUILLERMO. *Energía solar edificación y clima*. Tomo I. Madrid. MOPU, 1982. 584 p. ISBN 84-7433-221-4

Revistas

DETAIL. Vidrio. Bilbao. Christian Schittich, Blanca Arriola. 2002. 462 p. ISSN 0011-9571

Tectónica 10. Vidrio (I). Madrid. 3ª ed. ATC Ediciones, S.L., 2004. 115 p. ISSN: 1136-0062



Tectónica 16. Muro cortina. Madrid. ATC Ediciones, S.L., 2003. 128 p. ISSN: 1136-0062

Manuales

Manual del vidrio. Madrid. CITAV. 351 p.



Manual del vidrio. Madrid. Saint Gobain, 2001. 589 p.



Imágenes

Fig. 1. Banco imágenes CNICE

Fig. 2. Banco imágenes CNICE

Fig. 3. <http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0313irradiance.html>

Fig. 9. <http://www.saint-gobain-glass.com/es/a1.asp>