

Julio 2008

### TÍTULO

**Eficiencia energética de los edificios**

**Requisitos energéticos para la iluminación**

*Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting.*

*Performance énergétique des bâtiments. Exigences énergétiques pour l'éclairage.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 15193:2007.

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 72 *Iluminación y Color* cuya Secretaría desempeña ANFALUM.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 34837:2008

© AENOR 2008  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00  
Fax 91 310 40 32

73 Páginas

**Grupo 42**



Versión en español

## **Eficiencia energética de los edificios Requisitos energéticos para la iluminación**

**Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting.**

**Performance énergétique des bâtiments. Exigences énergétiques pour l'éclairage.**

**Energetische Bewertung von Gebäuden. Energetische Anforderungen an die Beleuchtung.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2007-03-15.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**CENTRO DE GESTIÓN: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles**

## ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....	8
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	8
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	8
4 CÁLCULO DE ENERGÍA USADA PARA ILUMINACIÓN.....	11
4.1 Energía total usada para iluminación .....	11
4.1.1 Energía total estimada .....	11
4.1.2 Energía total anual utilizada para la iluminación .....	11
4.2 Indicador Numérico de Energía para Iluminación ( <i>LENI</i> ) .....	11
5 MEDICIÓN.....	12
5.1 Generalidades .....	12
5.2 Repartición de la carga.....	12
5.3 Medición remota.....	12
6 CÁLCULO DE ENERGÍA DE ILUMINACIÓN EN EDIFICIOS .....	12
6.1 Potencia de iluminación instalada.....	12
6.1.1 Generalidades .....	12
6.1.2 Luminaria.....	12
6.1.3 Potencia de luminaria ( $P_i$ ).....	13
6.1.4 Potencias parásitas ( $P_{ci}$ y $P_{ei}$ ).....	13
6.2 Métodos de cálculo .....	13
6.2.1 Método rápido.....	13
6.2.2 Método comprensivo.....	13
6.2.3 Determinación del factor de iluminancia constante $F_c$ .....	15
7 REFERENCIA DE REQUISITOS DE ENERGÍA DE ILUMINACIÓN.....	15
8 DISEÑO Y PRÁCTICA DE ILUMINACIÓN .....	16
ANEXO A (Informativo) MEDICIÓN DE CIRCUITO DE ILUMINACIÓN.....	17
ANEXO B (Informativo) MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA POTENCIA TOTAL DE LUMINARIAS Y DE LA POTENCIA PARÁSITA ASOCIADA.....	19
B.1 Introducción .....	19
B.2 Ensayo de medición de la potencia de luminaria durante el funcionamiento normal.....	19
B.3 Condiciones de ensayo estándar .....	19
B.4 Instrumentos de medición eléctrica .....	19
B.5 Luminarias de ensayo .....	19
B.6 Tensión de ensayo.....	19

B.7	Potencia de luminaria ( $P_i$ ) .....	19
B.8	Potencia parásita de luminaria con las lámparas apagadas ( $P_{pi}$ ) .....	20
B.9	Potencia de entrada parásita ( $P_{ei}$ ) de luminarias de alumbrado de emergencia .....	20
B.10	Potencia parásita estacionaria de controles de alumbrado ( $P_{ci}$ ) .....	20
B.11	Potencia de la luminaria por defecto para instalaciones de iluminación existentes. ....	20
B.12	Energía parásita por defecto para instalaciones de iluminación existentes .....	20
<b>ANEXO C (Informativo) DETERMINACIÓN DEL FACTOR <math>F_{D,n}</math> DE DEPENDENCIA DE LUZ NATURAL .....</b>		
C.1	Generalidades .....	21
C.2	Segmentación de edificio: espacios que se benefician de la luz natural.....	23
C.3	Aportación de luz natural .....	26
C.3.1	Fachadas verticales .....	26
C.3.2	Claraboyas.....	35
C.4	Control de iluminación artificial dependiente de la luz natural, $F_{D,C}$ .....	49
C.5	Método mensual.....	49
<b>ANEXO D (Informativo) DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE DEPENDENCIA DE OCUPACIÓN, <math>F_O</math> .....</b>		
D.1	Introducción.....	51
D.2	Determinación detallada de $F_O$ .....	51
D.3	Motivación para la elección de funciones $F_O$ .....	56
<b>ANEXO E (Informativo) DETERMINACIÓN DEL FACTOR <math>F_c</math> DE ILUMINACIÓN CONSTANTE.....</b>		
E.1	Introducción .....	58
E.2	Potencia para factor de iluminancia constante .....	58
E.3	Factor $F_c$ de iluminancia constante .....	58
<b>ANEXO F (Informativo) VALORES DE REFERENCIA Y CRITERIOS DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN.....</b>		
<b>ANEXO G (Informativo) VALORES POR DEFECTO .....</b>		
G.1	Los valores por defecto para las horas de funcionamiento anual con relación al tipo de edificio están dados en la tabla G.1 .....	63
<b>ANEXO H (Informativo) OTRAS CONSIDERACIONES .....</b>		
H.1	Regulación de flujo luminoso individual.....	65
H.2	Iluminación algorítmica .....	65
H.3	Tubos luminosos .....	65
H.4	Instalaciones de iluminación con ajuste de escenas .....	66
H.5	Guiado de luz natural .....	66
H.5.1	Fachadas verticales .....	66
H.5.2	Claraboyas.....	67
<b>ANEXO I (Informativo) LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		
		72

## PRÓLOGO

Esta Norma Europea EN 15193:2007 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 169 *Luz e iluminación*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de marzo de 2008, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2008.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

## INTRODUCCIÓN

Esta norma europea se ha concebido para establecer convenios y procedimientos para la estimación de requisitos de energía de iluminación en edificios, y para proporcionar una metodología para un indicador numérico de rendimiento energético de edificios. También proporciona una guía sobre el establecimiento de límites de nociones para la energía de iluminación derivados de esquemas de referencia.

Es de vital importancia disponer de una norma correcta de iluminación en edificios y, el convenio y procedimientos suponen que el esquema de iluminación diseñado e instalado es conforme a la buena práctica de iluminación. Para nuevas instalaciones el diseño debería ser de conforme con la Norma Europea EN 12464-1.

Esta norma europea también da consejos sobre técnicas para la medición por separado de la energía usada para iluminación que proporcionará una realimentación regular de la efectividad de los controles de iluminación.

La metodología para la estimación de energía no solamente proporciona valores para el indicador numérico, sino que también proporcionará entradas para los impactos de carga de calefacción y refrigeración sobre el rendimiento de energía total combinado del indicador del edificio.

La figura 1 da una perspectiva de la metodología y el flujo de los procesos implicados.

La metodología y formato de la presentación de los resultados satisfaría los requisitos de la Directiva de la CE sobre Rendimiento Energético de Edificios 2002/91/EC.

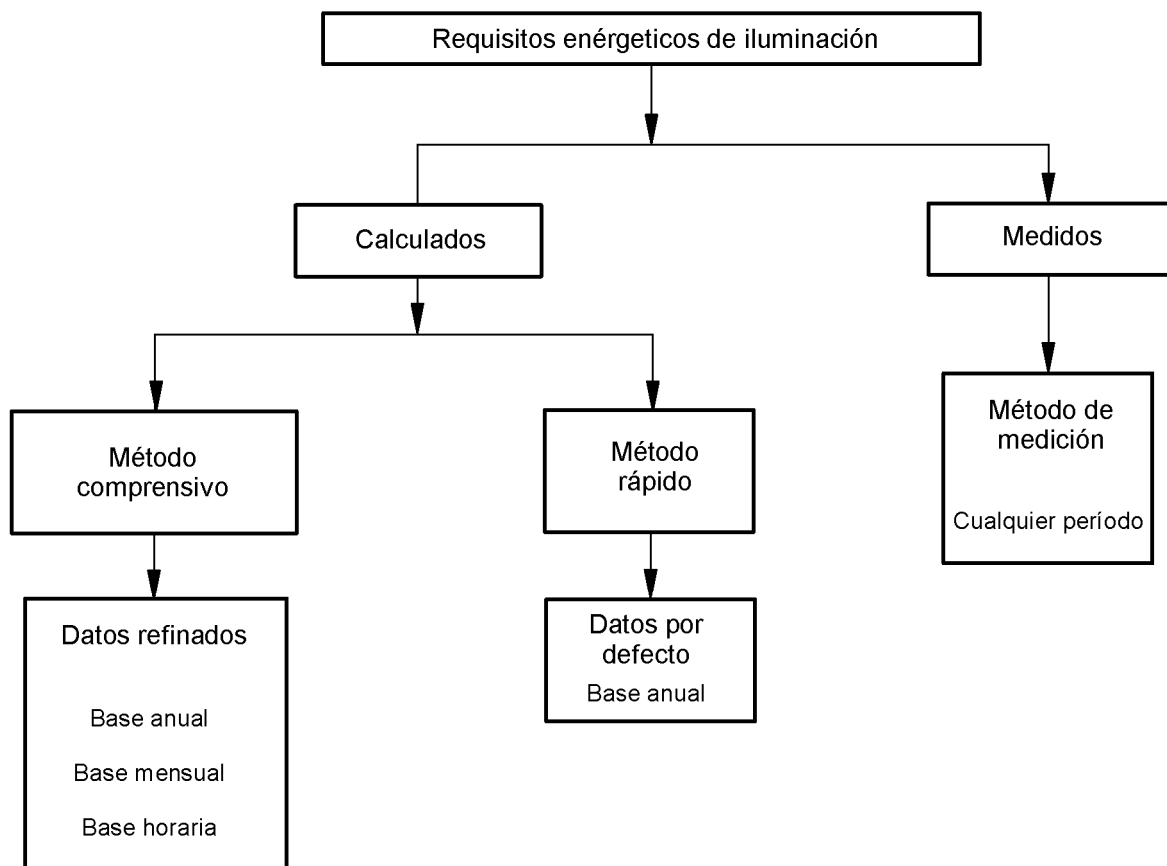


Figura 1 – Diagrama de flujo que ilustra rutas alternativas para determinar el uso de la energía

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica la metodología de cálculo para la evaluación de la cantidad de energía utilizada para iluminación interior dentro del edificio y proporciona un indicador numérico para los requisitos de energía de iluminación usado con propósitos de certificación. Esta norma europea puede ser usada para edificios existentes y para el diseño de edificios nuevos o renovados. También proporciona esquemas de referencia para basar los objetivos de la energía asignada para su uso en iluminación. Esta norma europea también proporciona una metodología para el cálculo del uso de la energía instantánea para iluminación para la estimación del rendimiento total de energía del edificio. Las potencias parásitas no incluidas en la luminaria están excluidas.

En esta norma europea, los edificios se clasifican en las siguientes categorías: oficinas, edificios educativos, hospitales, hoteles, restaurantes, instalaciones deportivas, ventas al por mayor y servicios de minoristas y factorías para fabricación.

En algunos emplazamientos el alumbrado exterior puede ser alimentado con corriente desde el edificio. Este alumbrado puede ser usado para la iluminación de la fachada, la iluminación de un aparcamiento de vehículos al aire libre, alumbrado de seguridad, alumbrado de jardines, etc. Estos sistemas de iluminación pueden consumir una energía significativa y si son alimentados desde el edificio, esta carga no estará incluida en el Indicador Numérico de Energía para Iluminación o en los valores usado para la estimación de carga para calefacción y refrigeración. Si se emplea una medición de la carga de iluminación, estas cargas se pueden incluir en la energía para iluminación medida.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 1838 *Iluminación. Alumbrado de emergencia.*

EN 12193 *Iluminación. Iluminación de instalaciones deportivas.*

EN 12464-1:2002 *Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.*

EN 60570 *Sistemas de alimentación eléctrica por carril para luminarias.* (IEC 60570:2003, modificada)

EN 60598 (todas las partes) *Luminarias.*

EN 61347 (todas las partes) *Dispositivos de control de lámpara.*

## 3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

En el contexto de esta norma, se aplican los siguientes términos y definiciones.

### 3.1 luminarias integradas:

Luminarias fijas instaladas para proporcionar iluminación en el edificio.

### 3.2 equipo eléctrico:

Componentes requeridos para controlar el funcionamiento de la lámpara o lámparas.

### 3.3 potencia

#### 3.3.1 potencia de la luminaria, ( $P_i$ ):

Potencia eléctrica procedente de la alimentación de red consumida por la lámpara o lámparas, el equipo eléctrico y el circuito de control en la luminaria o asociados con ella, medida en vatios y que incluye cualquier potencia parásita cuando la luminaria está encendida.

NOTA Para una luminaria específica, el fabricante puede indicar la potencia nominal de la luminaria ( $P_i$ ).



**3.3.2 potencia de iluminación total instalada en el local o zona, ( $P_n$ ):**

Potencia de todas las luminarias en el local o zona, medida en vatios.

$$P_n = \sum_i P_i [\text{W}] \quad (1)$$

**3.3.3 potencia parásita****3.3.3.1 potencia parásita de la luminaria, ( $P_{pi}$ ):**

Potencia eléctrica procedente de la alimentación de red consumida por el circuito de carga de las luminarias de alumbrado de emergencia y la potencia estacionaria para controles automáticos en la luminaria cuando las lámparas no están funcionando, medida en vatios.

$$P_{pi} = P_{ci} + P_{ei} [\text{W}] \quad (2)$$

**3.3.3.2 potencia parásita de los controles solo durante el tiempo en que las lámparas están apagadas ( $P_{ci}$ ):**

potencia de reserva para cualquier sistema de control y/o potencia de carga de baterías consumida por un sistema de alumbrado de emergencia cuando la luminaria está apagada, medida en vatios.

**3.3.3.3 potencia de carga del alumbrado de emergencia, ( $P_{ei}$ ):**

Potencia de entrada al circuito de carga de las luminarias de emergencia cuando las lámparas no están funcionando, medida en vatios.

**3.3.4 potencia parásita total instalada de los controles en el local o zona, ( $P_{pc}$ ):**

Potencia de entrada de todos los sistemas de control en luminarias en el local o zona cuando las lámparas no están funcionando, medida en vatios.

$$P_{pc} = \sum_i P_{ci} [\text{W}] \quad (3)$$

**3.3.5 potencia de carga total instalada de las luminarias de alumbrado de emergencia en el local o zona, ( $P_{em}$ ):**

Potencia de carga de entrada de todas las luminarias de emergencia en el local o zona, medida en vatios.

$$P_{em} = \sum_i P_{ei} [\text{W}] \quad (4)$$

**3.4 energía****3.4.1 energía total usada para iluminación, ( $W_t$ ):**

Energía consumida en el período  $t$ , por la suma de las luminarias cuando las lámparas están funcionando, más las cargas parásitas cuando las lámparas no están funcionando, en un local o zona, medida en kWh.

**3.4.2 consumo de energía utilizando para la iluminación, ( $W_{L,t}$ ):**

Energía consumida en un período  $t$ , por la luminaria cuando las lámparas están funcionando para cumplir con la función de la iluminación y su propósito en el edificio, medida en kWh.

**3.4.3 consumo de energía parásita de la luminaria, ( $W_{P,t}$ ):**

Energía parásita consumida en el período  $t$ , por el circuito de carga de la luminaria de alumbrado de emergencia y por el sistema de control en espera que controla las luminarias cuando las lámparas no están funcionando, medida en kWh.

**3.5 tiempo****3.5.1 tiempo de funcionamiento, ( $t$ ):**

Período de tiempo para el consumo de energía medido en horas [h].

**3.5.2 tiempo de funcionamiento anual, ( $t_o$ ):**

Número anual de horas de funcionamiento de la lámpara o lámparas y luminarias con las lámparas funcionando.

$$t_o = t_D + t_N \text{ [h]} \quad (5)$$

NOTA Este número es determinado dependiendo del uso del edificio.

**3.5.3 duración de un año estándar, ( $t_y$ ):**

Tiempo pasado durante el transcurso de un año estándar, tomado como 8 760 h.

**3.5.4 tiempo de utilización con luz natural, ( $t_D$ ):**

Horas de funcionamiento durante el tiempo de luz natural, medido en horas.

**3.5.5 tiempo de utilización en ausencia de luz natural, ( $t_N$ ):**

Horas de funcionamiento durante el tiempo sin luz natural, medido en horas.

**3.5.6 tiempo de carga del alumbrado de emergencia, ( $t_{em}$ ):**

Horas de funcionamiento durante las cuales las baterías del alumbrado de emergencia se cargan, medido en horas

**3.5.7 tiempo de funcionamiento de ajuste de escena, ( $t_s$ ):**

Horas de funcionamiento de los controles de ajuste de escena, medidas en horas.

**3.6 Área útil, ( $A$ ):**

Área de suelo dentro de las paredes exteriores excluyendo zonas no habitables y espacios no iluminados, medida en m<sup>2</sup>.

**3.7 factores de dependencia****3.7.1 factor de dependencia de luz natural, ( $F_D$ ):**

Factor que relaciona el uso de la potencia de iluminación total instalada con la disponibilidad de luz natural en el local o zona.

**3.7.2 factor de dependencia de ocupación, ( $F_O$ ):**

Factor que relaciona el uso de la potencia de iluminación total instalada con el período de ocupación en el local o zona.

**3.7.3 factor de ausencia, ( $F_A$ ):**

Factor relativo al período de ausencia de ocupantes.

**3.7.4 Factor de iluminancia constante, ( $F_c$ ):**

Factor relativo al uso de la potencia total instalada cuando el control de iluminancia constante está en funcionamiento en el local o zona.

**3.8 Factor de Mantenimiento, ( $FM$ ):**

Relación de la iluminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto período de uso de una instalación de iluminación a la iluminancia media inicial obtenida en las mismas condiciones para la instalación.

NOTA La publicación CIE 97 proporciona una información más amplia.

**3.9 Indicador Numérico de Energía para Iluminación, ( $LENI$ ):**

Indicador numérico de la energía para iluminación total anual requerida en el edificio y dado en kWh (m<sup>2</sup> x año).

NOTA El  $LENI$  se puede utilizar para hacer comparaciones directas de la energía para la iluminación utilizada en edificios que tienen funciones similares pero son de diferente tamaño y configuración.

## 4 CÁLCULO DE ENERGÍA USADA PARA ILUMINACIÓN

### 4.1 Energía total usada para iluminación

#### 4.1.1 Energía total estimada

La energía total estimada requerida durante un período en un local o zona debe estimarse mediante la siguiente ecuación:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \text{ [kWh]} \quad (6)$$

donde

Debe establecerse una estimación de la energía de iluminación requerida para satisfacer la función de iluminación y el propósito en el edificio ( $W_{L,t}$ ) usando la siguiente ecuación:

$$W_{L,t} = \Sigma \{ (P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_O \times F_D) + (t_N \times F_O)] \} / 1\,000 \text{ [kWh]} \quad (7)$$

Se establecerá una estimación de la energía parásita ( $W_{P,t}$ ) requerida para proporcionar energía de carga para el alumbrado de emergencia y para la energía estacionaria para controles de iluminación en el edificio usando la siguiente ecuación:

$$W_{P,t} = \Sigma \{ \{ (P_{pc} \times [t_y - (t_D + t_N)]) \} + (P_{em} \times t_e) \} / 1\,000 \text{ [kWh]} \quad (8)$$

NOTA 1 La energía total de iluminación puede estimarse para cualquier período requerido  $t$  (por hora, diariamente, semanalmente, mensualmente o anualmente) de acuerdo con el intervalo de tiempo de los factores de dependencia usados.

NOTA 2 Para edificios existentes,  $W_{P,t}$  y  $W_{L,t}$  pueden ser establecidas más exactamente por medición directa y separada de la energía suministrada a la iluminación (véase el capítulo 5).

NOTA 3 Esta estimación no incluye la potencia consumida por los sistemas de control alejados de la luminaria y que no extraen potencia de la luminaria. Cuando se conozca debería añadirse.

NOTA 4 La ecuación (8) no incluye la potencia consumida por un sistema de alumbrado de emergencia de baterías central.

#### 4.1.2 Energía total anual utilizada para la iluminación

$$W = W_L + W_P \text{ [kWh/año]} \quad (9)$$

donde

Debe establecerse una estimación de la energía de iluminación anual requerida para satisfacer la función de iluminación y su propósito en el edificio ( $W_L$ ) y la energía parásita anual ( $W_P$ ) requerida para proporcionar energía de carga para el alumbrado de emergencia y para la energía estacionaria para controles de iluminación en el edificio mediante las ecuaciones (7) y (8) respectivamente.

## 4.2 Indicador Numérico de Energía para Iluminación (LENI)

El Indicador Numérico de Energía para Iluminación para el edificio debe establecerse usando la siguiente ecuación:

$$LENI = W/A \text{ [kWh/(m}^2 \times \text{año)]} \quad (10)$$

donde

$W$  es la energía total anual usada para la iluminación [kWh/año];

$A$  es el área total útil del edificio [m<sup>2</sup>].

## 5 MEDICIÓN

### 5.1 Generalidades

El consumo de iluminación debe medirse de modo separado usando uno de los siguientes métodos:

- a) medidores de kWh en circuitos de iluminación dedicados en la distribución eléctrica;
- b) vatímetros locales acoplados o integrados en los controladores de iluminación de un sistema de gestión de alumbrado;
- c) un sistema de gestión de alumbrado que puede calcular la energía local consumida y transmitir esta información a un sistema de gestión de edificio Building Management System (BMS);
- d) un sistema de gestión de alumbrado que puede calcular la energía consumida por sección de edificio y transmitir esta información en formato exportable, por ejemplo un formato de hoja de cálculo;
- e) un sistema de gestión de alumbrado que introduce el funcionamiento en horas, la proporcionalidad (nivel de regulación de flujo luminoso) y relaciona esto a su base de datos interna sobre la carga instalada.

NOTA El valor medido puede ser comparado con el consumo real de kilovatios hora medido durante la puesta en servicio del edificio.

### 5.2 Repartición de la carga

La red de un BMS/sistema de gestión de alumbrado debe proporcionar la misma repartición que en la distribución de potencia.

### 5.3 Medición remota

- a) La medición remota se recomienda para edificios que tienen completamente segregados los sistemas de distribución de potencia.
- b) La medición remota en edificios también puede ser usada para que sistemas más inteligentes (gestión de alumbrado) proporcionen datos.

NOTA El anexo A da ejemplos de métodos de medición

## 6 CÁLCULO DE ENERGÍA DE ILUMINACIÓN EN EDIFICIOS

### 6.1 Potencia de iluminación instalada

#### 6.1.1 Generalidades

Hay dos clases de potencia instalada en edificios, potencia de luminaria y potencia parásita.

La potencia de luminaria, que proporciona potencia para la iluminación funcional debe estar de acuerdo con la Norma Europea EN 12193 para alumbrado de instalaciones deportivas y la Norma Europea EN 12464-1 para alumbrado de lugares de trabajo en interiores.

La potencia parásita, que proporciona potencia para sistemas de control de alumbrado y para cargar baterías para el alumbrado de emergencia debe estar de acuerdo con la Norma Europea EN 1838.

#### 6.1.2 Luminaria

Las luminarias y los componentes eléctricos de las luminarias deben estar diseñados y construidos de acuerdo con las partes relevantes de las Normas Europeas EN 60598, EN 60570 y/o EN 61347.

### 6.1.3 Potencia de luminaria ( $P_i$ )

Debería obtenerse la potencia nominal total (en vatios) de una luminaria específica de acuerdo con el anexo B.

### 6.1.4 Potencias parásitas ( $P_{ci}$ y $P_{ei}$ )

La potencia parásita debería obtenerse de acuerdo con el anexo B.

## 6.2 Métodos de cálculo

### 6.2.1 Método rápido

Cuando se usa el método rápido de estimación de la energía de iluminación anual para tipos de edificios típicos, debe usarse la ecuación (9).

NOTA 1 La estimación de requisito de energía por el método rápido producirá valores *LENI* superiores a los valores obtenidos por el método comprensivo más exacto descrito en el apartado 6.3.

NOTA 2 Si no hay disponibles valores nacionales, se usan los valores por defecto  $t_D$ ,  $t_N$ ,  $F_c$ ,  $F_D$ ,  $F_O$  y  $W_p$  que se indican en los anexos E, F y G.

### 6.2.2 Método comprensivo

#### 6.2.2.1 Generalidades

El método comprensivo permite una determinación más exacta de las estimaciones de energía de iluminación para diferentes períodos, por ejemplo anual o mensualmente.

Cuando se usa el método comprensivo de estimaciones de energía de iluminación debe usarse la ecuación (6) para el período requerido  $t$ .

NOTA 1 El factor de dependencia de luz natural ( $F_D$ ) para un local o zona puede determinarse como se ha descrito en el anexo C.

NOTA 2 El factor de dependencia de ocupación ( $F_O$ ) para un local o zona puede determinarse como se ha descrito en el anexo D.

NOTA 3 Este método puede utilizarse para cualquier período y para cualquier situación siempre que se haya predicho la estimación completa de ocupación y de disponibilidad de luz natural.

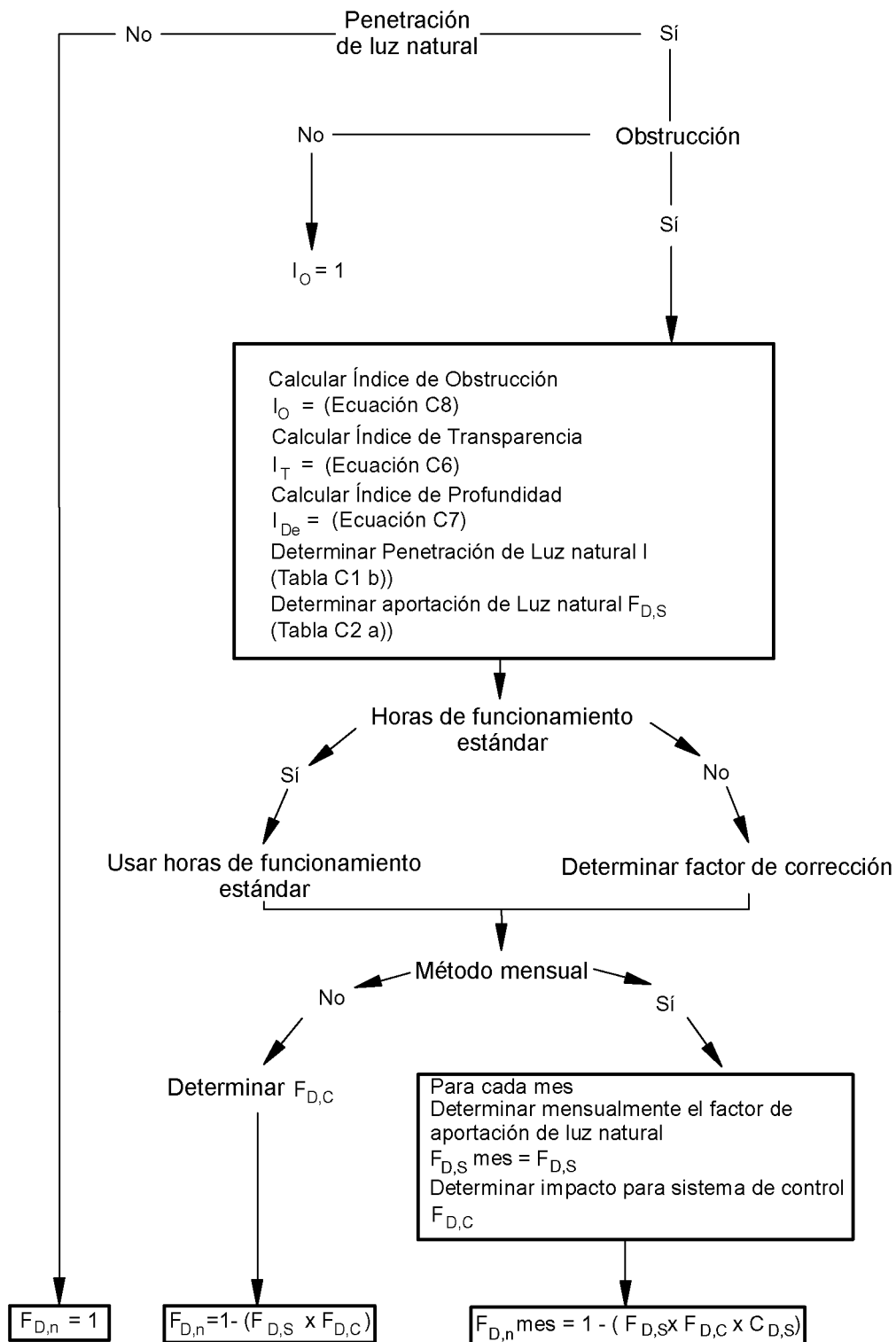


Figura 2 – Diagrama de flujo que ilustra la determinación del factor  $F_{D,n}$  de dependencia de luz natral en una zona

### 6.2.2.2 Determinación del factor de dependencia de luz natural $F_{D,n}$

La determinación del factor de dependencia de luz natural  $F_{D,n}$  para el local o zona  $n^{\text{ésimo}}$  debería hacerse mediante los métodos descritos en el anexo C para períodos de tiempo anual y mensual y el proceso ilustrado en el diagrama de flujo (figura 2).

El factor de dependencia de luz natural  $F_{D,n}$  para un local o zona de un edificio se determina como una función del factor de aportación de luz natural  $F_{D,S,n}$  y el factor de control de alumbrado eléctrico  $F_{D,C,n}$  dependiente de la luz natural y dado por la siguiente ecuación:

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n}) \quad (11)$$

donde

$F_{D,S,n}$  es el factor de aportación de luz natural que tiene en cuenta la aportación de luz natural general en la zona  $n$ . Representa, para el intervalo de tiempo considerado, la contribución de luz natural a la iluminancia total requerida en la zona  $n$  considerada. Véanse los apartados C.3.1.3 y C.3.2.2;

$F_{D,C,n}$  es el factor de control de luz natural que tiene en cuenta la capacidad del sistema de control de alumbrado eléctrico dependiente de la luz natural para explotar la aportación de luz natural en la zona  $n$  considerada, véase el capítulo C.4.

NOTA 1  $F_{D,n}$  puede determinarse para cualquier período de tiempo (anual, mensualmente o por horas). El factor necesita ajustarse de acuerdo con el período del tiempo de funcionamiento durante el día  $t_D$ .

NOTA 2 Hay disponibles otros sistemas de aportación de luz natural que se basan en mejoras para aumentar o hacer posible la penetración de luz natural más allá de las zonas perimetrales. Estos no están cubiertos explícitamente en esta norma europea pero pueden ser calculados usando factores de luz natural u otros métodos para el cálculo de  $F_D$ .

NOTA 3 En zonas sin disponibilidad de luz natural,  $F_D = 1$ .

NOTA 4 El método dado en el anexo C puede utilizarse para considerar los aspectos de aportación de luz natural dependientes de situación y clima.

### 6.2.2.3 Determinación del factor de dependencia de ocupación $F_{o,n}$

El factor de dependencia de ocupación,  $F_{o,n}$  para un local o zona debería determinarse mediante los métodos descritos en el anexo D.

### 6.2.3 Determinación del factor de iluminancia constante $F_c$

El factor de iluminancia constante  $F_c$  para un local o zona puede determinarse como se describe en el anexo E.

## 7 REFERENCIA DE REQUISITOS DE ENERGÍA DE ILUMINACIÓN

Los datos de referencia de la estimación de requisitos de energía de iluminación total durante el diseño de edificios nuevos o rehabilitados deberían determinarse a partir de un conjunto de valores por defecto para requisitos de energía de iluminación como se proporcionan en el anexo F. Los datos muestran la densidad de potencia potencial instalada requerida para iluminación de los tipos de edificios especificados. Los valores se basan en la satisfacción de los criterios de iluminación necesarios y deseados aplicados al edificio. Los valores son valores promedio para el edificio y pueden variar sustancialmente para diferentes locales o zonas en el edificio.

## 8 DISEÑO Y PRÁCTICA DE ILUMINACIÓN

El diseño y la práctica de iluminación están evolucionando continuamente y pueden tener consecuencias sustanciales sobre las necesidades de energía para la iluminación. Varios de estos factores influyentes se han considerado y descrito en el anexo H bajo los siguientes encabezamientos.

- Regulación de flujo luminoso individual

Un sistema de control de alumbrado usado localmente en lugares de trabajo para proporcionar un confort de iluminación individual mediante ajuste para satisfacer las preferencias personales.

- Iluminación algorítmica

Un sistema de iluminación para tener en cuenta efectos biológicos no visuales mediante el cambio automático del nivel de iluminación, dirección y temperatura de color.

- Tubos luminosos

Los tubos luminosos son tubos reflectantes que dirigen la luz del sol y la luz natural desde aberturas en el tejado del edificio a luminarias en el interior.

- Instalaciones de iluminación con ajuste de escenas

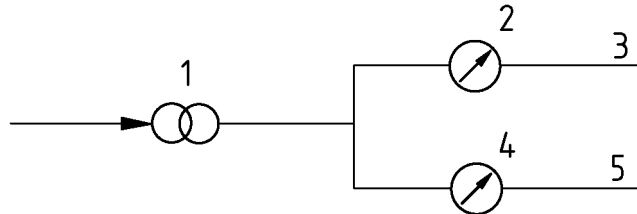
Un sistema de iluminación que permite el ajuste previo de distintas escenas de iluminación en tiempo y lugar para diferentes actividades en un local o zona.

- Guiado con luz natural

Pueden obtenerse ahorros de energía empleando sistemas de guiado con luz natural que también permiten la penetración de suficiente cantidad de luz natural en espacios de mayor profundidad, al tiempo que mantienen el control del deslumbramiento y el sobrecalentamiento.



**ANEXO A (Informativo)**  
**MEDICIÓN DE CIRCUITO DE ILUMINACIÓN**



Leyenda

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 potencia principal                      | 4 medidor de kWh de iluminación |
| 2 medidor de kWh para los otros circuitos | 5 circuito de iluminación       |
| 3 circuito de potencia                    |                                 |

**Figura A.1 – Medidores de kWh en circuitos de iluminación dedicados en la distribución eléctrica**

En el ejemplo de la figura A.1, el medidor de kWh para iluminación está en paralelo al medidor de kWh para el resto de la instalación eléctrica. El consumo del edificio en su totalidad es en este caso la suma de ambos medidores.

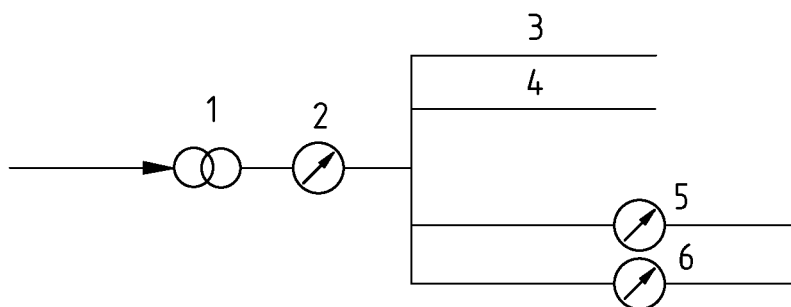
$$W = W_{\text{luz medida}} \text{ [kWh/año]} \tag{A.1}$$

En el ejemplo de la figura A.2, los medidores de kWh para iluminación distribuidos sobre los diferentes pisos se colocan en serie con el medidor de kWh central del edificio. En este caso el medidor de kWh central registra el consumo total de energía incluyendo el consumo de iluminación.

Ecuación para seguimiento:

$$W = W_{\text{luz medida}} = \sum_{\text{todos los pisos}} (\text{kWh}_{@ \text{ fecha}} - \text{kWh}_{@ (\text{fecha} - 12 \text{ meses})}) \text{ [kWh/año]} \tag{A.2}$$

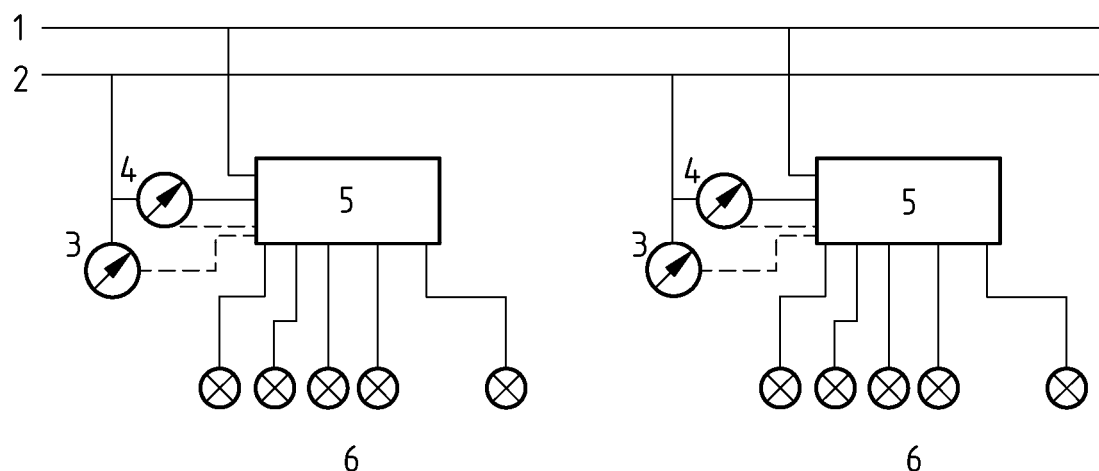
Los valores del medidor local de kWh (como en la figura A.2) podrían leerse y totalizarse por un Sistema de Gestión del Edificio. No son necesarias correcciones para tipos de ocupación y control.



Leyenda

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 potencia principal              | 4 circuito de potencia 2                     |
| 2 medidor de kWh – potencia total | 5 medidor de kWh - circuito de iluminación 1 |
| 3 circuito de potencia 1          | 6 medidor de kWh - circuito de iluminación 2 |

**Figura A.2 – Edificio con segregación de circuitos de iluminación por piso y medido por separado**



Leyenda

1	línea bus	4	amperímetro
2	corriente de 230 voltios	5	controlador de luz
3	voltímetro	6	luminarias

**Figura A.3 – Voltímetro y amperímetro acoplados a las entradas de los controladores de alumbrado**

NOTA 1 Algunos sistemas incluyen un medidor de factor de potencia.

Medidores locales de potencia acoplados o integrados en los controlares de alumbrado de un sistema de gestión de alumbrado. La información sobre la energía local consumida se facilita a un sistema de gestión de edificio.

En la figura A.3, los voltímetros y amperímetros o vatímetros se colocan sobre la entrada de corriente de cada controlador de iluminación. Los controladores de iluminación individuales calculan la energía local consumida integrando estos valores en el tiempo.

Estos valores se facilitan a través de la línea bus, bien al ordenador central del sistema de alumbrado o bien al ordenador central del sistema de gestión del edificio. El ordenador central puede procesar la información y presentar las cifras de energía consumida por ejemplo por área por mes y/o para el alumbrado total del edificio durante un período de 12 meses en un formato exportable, tal como una hoja de cálculo.

Ecuación para vigilancia:

$$W = W_{\text{luz medida}} = \sum_{\text{todos controladores}} \sum_{12 \text{ meses}} (\text{kWh}_{\text{locales}}) [\text{kWh/año}] \quad (\text{A.3})$$

Un sistema de gestión de alumbrado debería registrar las horas de funcionamiento, la proporcionalidad (nivel de oscuridad) y relacionar esto a su base de datos interna sobre carga instalada. El sistema de gestión de alumbrado facilita esta información a un BMS para confeccionar informes adicionales, o puede dar la información en un formato exportable.

El controlador de alumbrado suma el tiempo por carga de iluminación proporcionalmente por salida y facilita estos valores a través de la línea bus.

NOTA 2 No se mide el consumo de energía de luminarias no controlada por el sistema de control de alumbrado.

NOTA 3 Se mide el consumo de energía de luminarias controladas indirectamente a través de contactores exteriores.

## ANEXO B (Informativo)

### MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA POTENCIA TOTAL DE LUMINARIAS Y POTENCIA PARÁSITA ASOCIADA

#### B.1 Introducción

Los valores de la potencia nominal de entrada de la luminaria y la potencia nominal de entrada parásita deberían utilizarse en el cálculo del rendimiento de energía del edificio con respecto a los requisitos o exigencias de iluminación. Los valores de potencia nominal deberían redondearse al entero más próximo para 10 W y superiores y deberían tener dos cifras significativas cuando estén por debajo de 10 W. Ambos deberían estar dentro de una tolerancia de  $\pm 5\%$  del valor declarado.

#### B.2 Ensayo de medición de la potencia de luminaria durante el funcionamiento normal

El objeto del ensayo es medir la potencia total de entrada de la luminaria durante el funcionamiento normal y la potencia parásita asociada (la potencia de entrada estacionaria para controles, dispositivos detectores y potencia de carga para circuitos de alumbrado de emergencia) en condiciones estándar reproducibles que están próximas a las condiciones de servicio para las que se ha diseñado la luminaria. Idealmente, estas mediciones eléctricas de la luminaria deberían hacerse durante los ensayos fotométricos.

#### B.3 Condiciones de ensayo estándar

Las condiciones de ensayo para mediciones fotométricas deberían estar de acuerdo con la Norma Europea EN 13032-1:2004, apartados 5.1, 5.2 y 5.3.

#### B.4 Instrumentos de medición eléctrica

Los voltímetros, amperímetros y vatímetros deberían estar de acuerdo con los requisitos para Índice de Clase 0,5 o mejor (grado de precisión).

#### B.5 Luminarias de ensayo

La luminaria debería ser representativa del producto regular del fabricante. La luminaria debería montarse en la posición en la que se ha diseñado para funcionar.

#### B.6 Tensión de ensayo

La tensión de ensayo en los terminales de alimentación a la luminaria debería ser la tensión nominal de la luminaria de acuerdo con la Norma Europea EN 13032-1:2004, apartado 5.2.2.

#### B.7 Potencia de luminaria ( $P_i$ )

La potencia de luminaria  $P_i$ , debería ser el valor obtenido de acuerdo con los capítulos B.1 a B.6 o como declare el fabricante. El valor debería incluir pérdidas en todas la(s) lámpara(s), balasto(s) y otros componentes, para el modo de funcionamiento normal de flujo luminoso total o para el máximo flujo luminoso si la luminaria incluye un equipo de regulación de flujo luminoso.

**B.8 Potencia parásita de luminaria con las lámparas apagadas ( $P_{pi}$ )**

La potencia parásita de luminaria  $P_{pi}$  debería ser la potencia nominal declarada de la luminaria cuando la luminaria sólo funcione en modo estacionario. Para luminarias controladas ésta es la potencia para los detectores, para luminarias de emergencia esta es la potencia de estado estacionario para cargar las baterías.

**B.9 Potencia de entrada parásita ( $P_{ei}$ ) de luminaria de alumbrado de emergencia**

La potencia parásita de luminaria  $P_{ei}$  para cargar las baterías en las luminarias de emergencia debería ser la potencia nominal declarada de la luminaria para la luminaria autónoma que funcione solamente en modo de carga de batería.

**B.10 Potencia parásita estacionaria de controles de alumbrado ( $P_{ci}$ )**

La potencia parásita de luminaria  $P_{ci}$  para el funcionamiento en estado estacionario de los controles de alumbrado y detectores sin que funcionen las lámparas debería ser la potencia nominal parásita declarada de la luminaria.

**B.11 Potencia de la luminaria por defecto para instalaciones de iluminación existentes**

En edificios existentes en los que la potencia de luminaria ( $P_i$ ) no se conoce, esta potencia puede estimarse como:

- a) (potencia nominal de la lámpara)  $\times$  (número de lámparas en la luminaria) para lámparas que funcionen directamente sobre la tensión de alimentación de la red, por ejemplo lámparas incandescentes a tensión de red, lámparas fluorescentes con balasto integrado, etc.
- b)  $1,2 \times$  (potencia nominal de la lámpara)  $\times$  (número de lámparas en la luminaria) para lámparas conectadas a la alimentación de red a través de un balasto o transformador en la luminaria.

**B.12 Energía parásita por defecto para instalaciones de iluminación existentes**

En edificios existentes en que no se conoce la energía parásita consumida, esta energía anual puede estimarse que consiste en  $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{año})$  para alumbrado de emergencia y  $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{año})$  para los controles de alumbrado automáticos si se usan (total es  $W_p = 6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{año})$ ).

**ANEXO C (Informativo)****DETERMINACIÓN DEL FACTOR  $F_{D,n}$  DE DEPENDENCIA DE LA LUZ NATURAL****C.1 Generalidades**

Este anexo especifica una aproximación simplificada para determinar  $F_{D,S,n}$  y  $F_{D,C,n}$  y por ello  $F_{D,n}$ . Se consideran las fachadas verticales con ventanales y soluciones de claraboya. El método puede ser aplicado sobre una base anual y una base mensual.

De acuerdo con el apartado 6.2.2.2, el factor  $F_{D,n}$  de dependencia de la luz natural se determina en función del factor de aportación de luz natural  $F_{D,S,n}$  y del factor de control de alumbrado artificial dependiente de la luz natural  $F_{D,C,n}$ .

Por ello:

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n}) \quad (C.1)$$

El procedimiento ilustrado en la figura C.1 incorpora las siguientes 5 etapas:

- a) la segmentación del edificio en zonas con y sin acceso de luz natural;
- b) la determinación del impacto de los parámetros de local, de la geometría de la fachada y de las obstrucciones exteriores sobre la penetración de luz natural en el espacio interior utilizando el concepto de factor de luz natural;
- c) la predicción del ahorro de energía potencial descrito por el factor de aportación de luz natural  $F_{D,S,n}$  como una función del clima local, iluminancia mantenida y factor de luz natural;
- d) la determinación de la explotación de la luz natural disponible por el tipo de control de alumbrado por el factor  $F_{D,C,n}$  de control de luz natural.
- e) la conversión del valor anual  $F_{D,n}$  a valores mensuales.

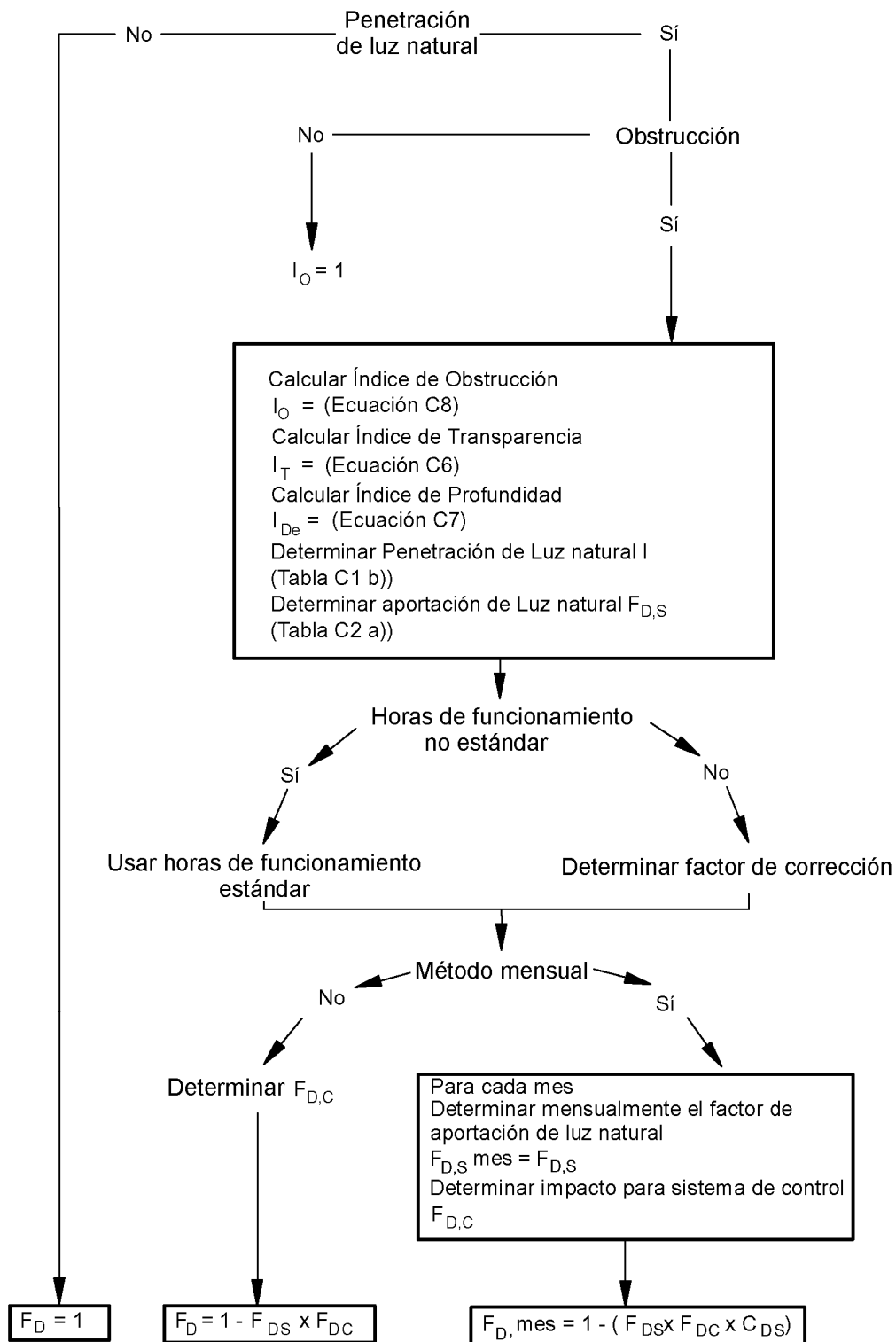


Figura C.1 – Diagrama de flujo que ilustra la determinación del factor  $F_{D,N}$  de dependencia de luz natural en una zona

## C.2 Segmentación de edificio: espacios que se benefician de la luz natural

Los espacios tienen que ser subdivididos en una zona de luz natural  $A_{D,j}$  y una zona  $A_{ND,j}$  que no recibe nada de luz natural. Si una zona recibe luz natural desde varias fachadas o claraboyas, puede ser asumido el caso más favorable para la zona de luz natural superpuesta (con objeto de simplicidad). Alternativamente, también es permisible superponer el factor de luz natural que se usa para clasificar la aportación de luz natural exclusivamente para el tipo respectivo de abertura de luz natural (fachada o claraboya) según los apartados C.3.1 y C.3.2.

### Área de luz natural – fachadas verticales

La profundidad máxima posible de la zona  $a_{D,máx.}$  que recibe luz natural a través de las fachadas resulta como sigue:

$$a_{D,máx.} = 2,5 \times (h_{Li} - h_{Ta}) \quad [\text{m}] \quad (\text{C.2})$$

donde

$a_{D,máx.}$  es la máxima profundidad de la zona de luz natural [m];

$h_{Li}$  es la altura del dintel por encima del suelo [m];

$h_{Ta}$  es la altura del área de tarea (plano de referencia) por encima del suelo [m].

Aquí, la máxima profundidad de la zona de luz natural  $a_{D,máx.}$  se calcula a partir de la superficie interior de la pared exterior, perpendicular hacia la fachada considerada. Si la profundidad real de la zona de cálculo es menor que la profundidad máxima calculada de la zona de luz natural, la profundidad del espacio puede tomarse como la profundidad de la zona de luz natural  $a_D$ . Si la profundidad real del espacio es menor de 1,25 veces la profundidad máxima calculada, la profundidad real del espacio de cálculo puede usarse para  $a_D$ .

Así, la subárea  $A_{D,j}$  del espacio  $j$  de luz natural resulta como sigue:

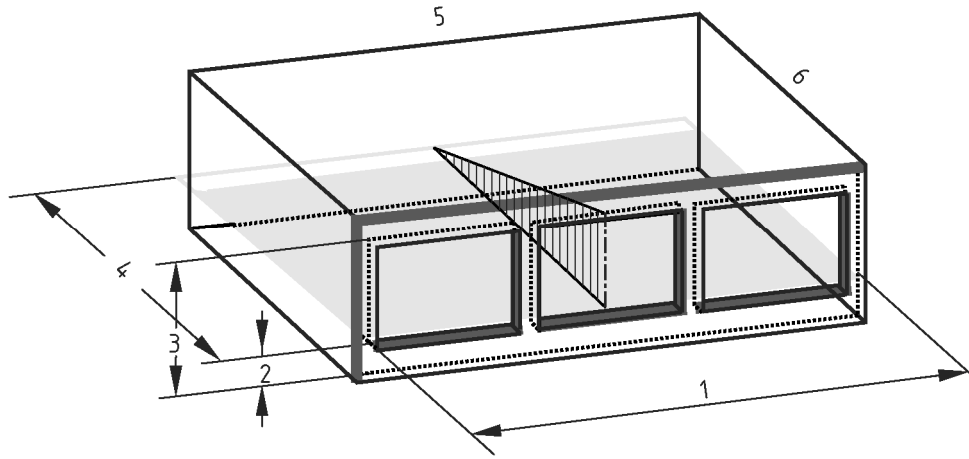
$$A_{D,j} = a_D \times b_D \quad [\text{m}^2] \quad (\text{C.3})$$

donde

$a_D$  es la profundidad de la zona de luz natural [m];

$b_D$  es la anchura de la zona de luz natural [m].

En general, la anchura de la zona de luz natural  $b_D$  corresponde a la anchura interior de la fachada de la zona de edificio o del sector de cálculo. Las paredes internas pueden ser despreciadas. Si las ventanas están situadas sólo en partes de la fachada, la anchura de la zona de luz natural asignada a esta fachada corresponde a la anchura de la sección de fachada que contiene ventanas, más la mitad de la profundidad de la zona de luz natural. Las relaciones geométricas se ilustran en las figuras C.2 y C.3.

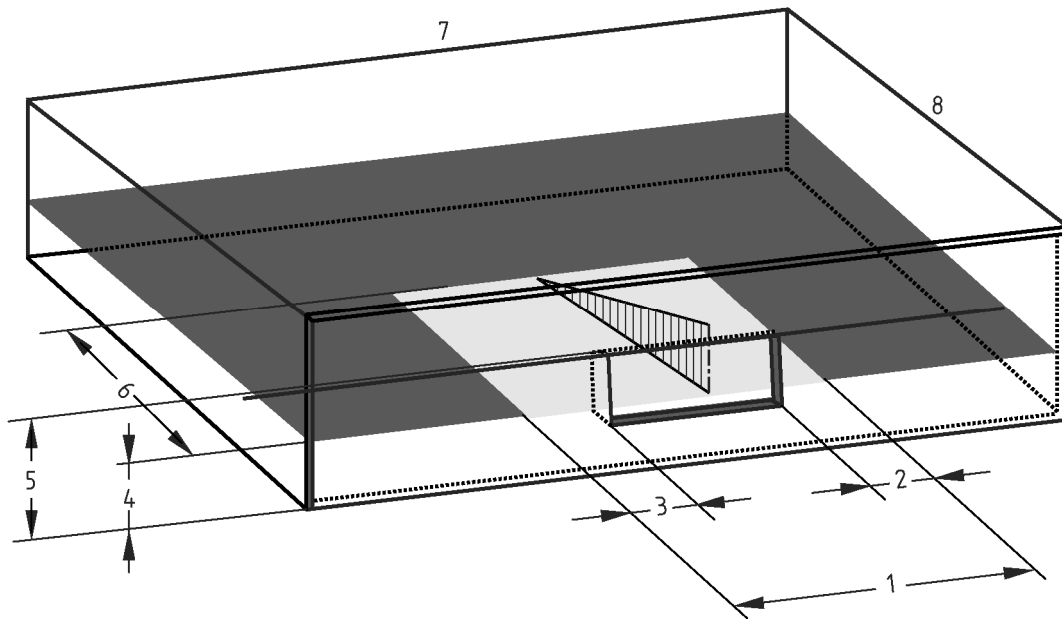


Leyenda

- 1  $b_D$
- 2  $h_{T_a}$
- 3  $h_{L_i}$
- 4  $a_{D_{j_{máx}}}$
- 5  $b_R$
- 6  $a_R$

**Figura C.2 – Abertura grande de fachada con profundidad de local moderada**





Leyenda

- 1  $b_D$
- 2  $\frac{a_{D_1 \text{máx.}}}{4}$
- 3  $\frac{a_{D_1 \text{máx.}}}{4}$
- 4  $h_{T_a}$
- 5  $h_{L_i}$
- 6  $\frac{a_{D_1 \text{máx.}}}{4}$
- 7  $b_R$
- 8  $a_R$

**Figura C.3 – Abertura pequeña de fachada con profundidad de local mayor**

*Zonas de luz natural – claraboyas*

Como regla, las áreas de tarea situadas directamente debajo de las claraboyas que están uniformemente distribuidas a través de la superficie del tejado son tratadas como zonas de luz natural. En caso de claraboyas únicas y para zonas que limitan sectores de claraboyas distribuidas uniformemente, aquellas subzonas del área de tarea se supone que son de luz natural que están situadas dentro de una distancia definida por  $a_{D,máx}$ .

$$a_{D,máx} \leq (h_R - h_{Ta}) \text{ hacia el siguiente borde de una claraboya [m]} \quad (C.4)$$

donde

$h_R$  es la altura libre del local del espacio de cálculo con claraboya [m]

$$\text{Para superficies situadas dentro del espacio de cálculo que no reciben ninguna luz natural: } F_D = 1 \quad (C.5)$$

*Diferenciación entre fachada vertical y claraboya*

En caso de duda sobre si una abertura debería tratarse como una ventana o una claraboya, todas las aberturas en las que las partes acristaladas están situadas enteramente por encima del techo de la sala, han de clasificarse como claraboyas.

**C.3 Aportación de luz natural****C.3.1 Fachadas verticales****C.3.1.1 Generalidades**

La aportación de luz natural  $F_{DS,n}$  se evalúa separadamente para fachadas verticales y claraboyas.

**C.3.1.2 Clasificación del factor de luz natural**

La aportación de luz natural de una zona que se beneficia de la luz natural depende de las condiciones de límite geométrico descritas por el índice de transparencia  $I_T$ , el índice de profundidad  $I_{De}$  y el índice de obstrucción  $I_O$ .

**A. Índice de transparencia  $I_T$** 

El índice de transparencia  $I_T$  de la parte del edificio, que puede beneficiarse de la luz natural, se define mediante:

$$I_T = A_C/A_D \quad (C.6)$$

donde

$A_C$  es el área de la abertura de fachada (abertura de entramado) del espacio considerado [m<sup>2</sup>];

$A_D$  es el área total de los planos de trabajo horizontales que se benefician de la iluminación natural [m<sup>2</sup>].

**B. Índice de profundidad  $I_{De}$** ***Fachadas verticales***

El índice de profundidad  $I_{De}$  del espacio, que puede beneficiarse de la iluminación natural se define mediante:

$$I_{De} = a_D/(h_{Li} - h_{Ta}) \quad (C.7)$$

NOTA En el capítulo C.2 se dan directivas adicionales, cuando una zona tiene luz natural desde más de una fachada.

### C. Índice de obstrucción $I_O$

El índice de obstrucción  $I_O$  tiene en cuenta los efectos de reducción de la luz incidente sobre la fachada. Ejemplos de obstrucción:

- por otros edificios y obstáculos naturales tales como árboles y montañas;
- el propio edificio incluyendo diseños de patio y atrio simples;
- voladizos horizontales y verticales unidos a la fachada;
- fachadas de doble acristalamiento.

El índice de obstrucción  $I_O$  debería obtenerse usando la siguiente ecuación:

$$I_O = I_{O,OB} \times I_{O,OV} \times I_{O,VF} \times I_{O,CA} \times I_{O,GDF} \quad (C.8)$$

NOTA 1 Si el factor de corrección para el patio y el atrio es menor de 1, entonces el factor de corrección para obstrucciones lineales es  $I_{O,OB} = 1$ .

donde

$I_O$  es el factor de corrección de obstrucción;

$I_{O,OB}$  es el factor de corrección para obstrucciones lineales;

$I_{O,OV}$  es el factor de corrección de voladizo;

$I_{O,VF}$  es el factor de corrección para aletas verticales;

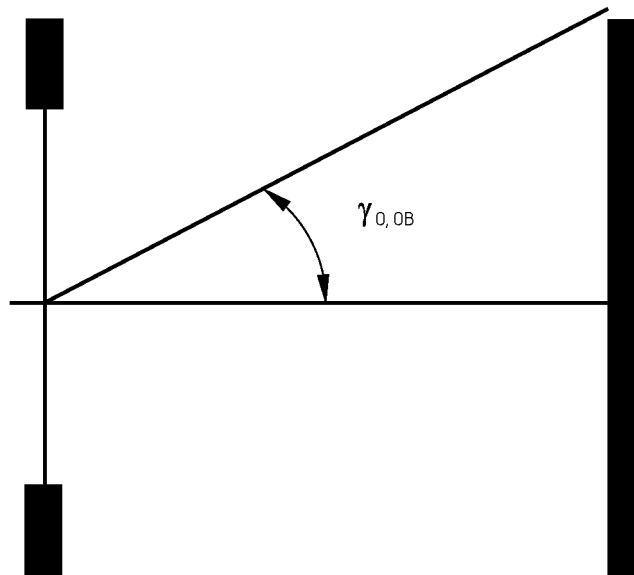
$I_{O,CA}$  es el factor de corrección de patio y atrio;

$I_{O,GDF}$  es el factor de corrección para dobles fachadas de acristalamiento;

Para simplificar, la obstrucción puede evaluarse para una ventana en medio de una fachada. Las influencias de la obstrucción deberían ser promediadas.

$I_{O,OB}$ ,  $I_{O,OV}$ ,  $I_{O,VF}$ ,  $I_{O,CA}$ ,  $I_{O,GDF}$  pueden ser obtenidos como sigue:

*Obstrucciones lineales,  $I_{O,OB}$*



**Figura C.4 – Definición del ángulo de obstrucción  $\gamma_{0,OB}$**

De acuerdo con la figura C.2, el ángulo de obstrucción se determina desde la mitad de la abertura del entramado considerada, medida en el plano exterior de la envolvente del edificio. El factor de corrección para obstrucciones lineales puede obtenerse mediante:

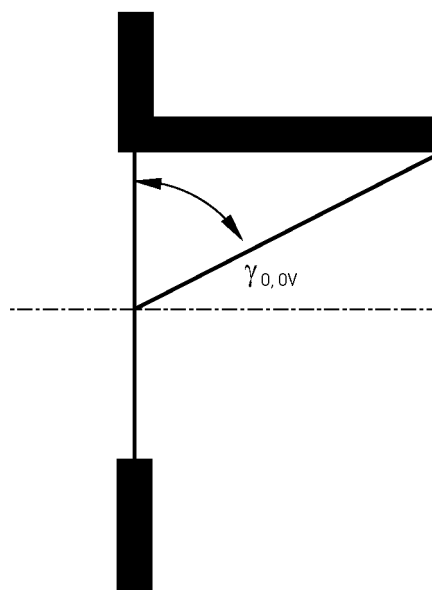
$$I_{0,OB} = \cos(1,5 \times \gamma_{0,OB}) \text{ para } \gamma_{0,OB} < 60^\circ \quad (\text{C.9})$$

$$I_{0,OB} = 0 \text{ para } \gamma_{0,OB} \geq 60^\circ \quad (\text{C.10})$$

donde

$\gamma_{0,OB}$  es el ángulo de obstrucción ( $^\circ$ ) desde la horizontal de acuerdo con la figura C.4.

NOTA 2 Aunque hay entrada de luz natural por encima de  $60^\circ$  no tiene impacto sobre el ahorro de energía.



**Figura C.5 – Definición del ángulo de voladizo horizontal  $\gamma_{0,OV}$**

*Voladizos,  $I_{0,OV}$* 

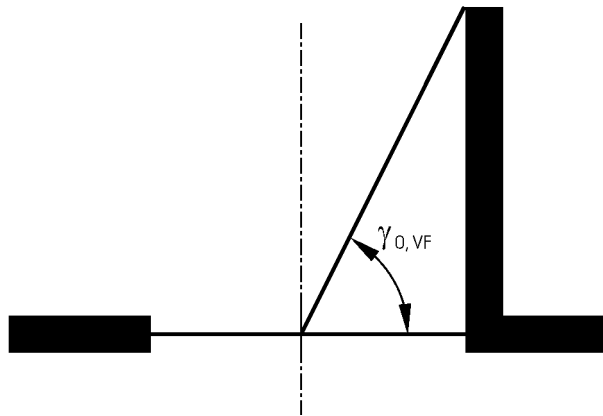
De acuerdo con la figura C.5, el ángulo de voladizo horizontal se determina a partir de la abertura del entramado considerada, medida en el plano exterior de la envolvente del edificio. El factor de corrección para voladizos puede obtenerse mediante:

$$I_{0,OV} = \cos (1,33 \times \gamma_{0,OV}) \text{ para } \gamma_{0,OV} < 67,5^\circ \quad (\text{C.11})$$

$$I_{0,OV} = 0 \text{ para } \gamma_{0,OV} \geq 67,5^\circ$$

donde

$\gamma_{0,OV}$  es el ángulo de voladizo horizontal ( $^\circ$ ).



**Figura C.6 – Definición de ángulo de aleta vertical  $\gamma_{0,VF}$**

De acuerdo con la figura C.6, el ángulo de obstrucción para las aletas verticales se determina a partir de la abertura del entramado considerada medida en el plano exterior de la envolvente del edificio. El factor de corrección para aletas verticales puede obtenerse mediante:

$$I_{0,VF} = 1 - \gamma_{0,VF}/300^\circ \quad (\text{C.12})$$

donde

$\gamma_{0,VF}$  es el ángulo de aleta vertical ( $^\circ$ ).

*Patios y atrios,  $I_{0,CA}$* 

Los patios así como los atrios están diseñados con muchas variaciones. Este modelo simplificado supone patios y atrios de 4 lados. Los atrios de 3 lados y lineales puede proporcionar una mejor aportación de luz natural en espacios interiores adyacentes. Esta situación de luz natural, potencialmente mejor siempre se puede determinar con métodos más detallados.

La geometría del patio y del atrio está descrita de acuerdo con la figura C.7 por el índice de profundidad de pozo:

$$w_{i,d} = h_{At} (I_{At} + w_{At}) / (2I_{At}w_{At}) \quad (C.13)$$

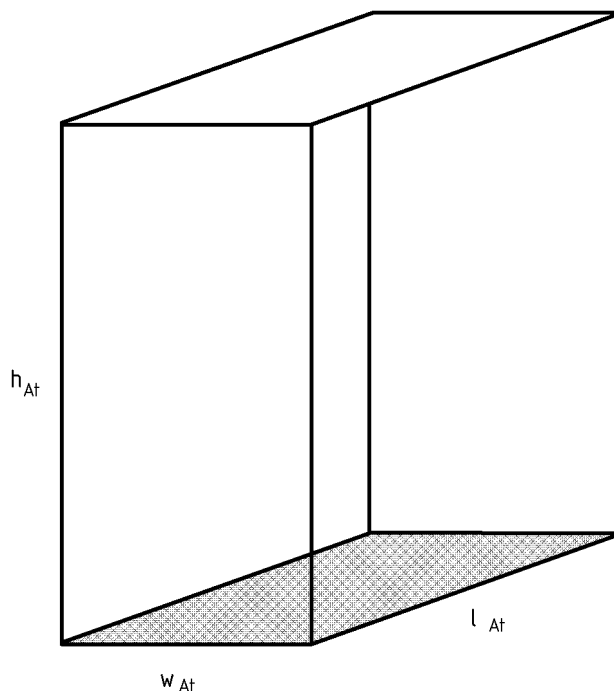
donde

$w_{i,d}$  es el índice de profundidad de pozo;

$h_{At}$  es la altura desde el nivel del suelo del espacio adyacente considerado a la parte superior del atrio o del patio en m;

$I_{At}$  es la longitud del atrio o del patio [m];

$w_{At}$  es la anchura del atrio o del patio [m].



**Figura C.7 – Magnitudes para definir el índice de profundidad de pozo**

El factor de corrección para patios y atrios puede obtenerse a continuación mediante:

$$I_{O,CA} = 1 - 0,85 w_{i,d} \text{ para patios} \quad (C.14)$$

$$I_{O,CA} = \tau_{At} \times k_{AT,1} \times k_{AT,2} \times k_{AT,3} (1 - 0,85 w_{i,d}) \text{ para atrios} \quad (C.15)$$

$$I_{O,CA} = 0 \text{ para } w_{i,d} > 1,18$$

NOTA 3 Aunque haya entrada de luz natural no tiene impacto sobre el ahorro de energía.

donde

$\tau_{At}$  es el factor de transmisión de acristalamiento del atrio para incidencia normal;

$k_{AT,1}$  es el factor que tiene en cuenta las estructuras del tejado del atrio;

$k_{AT,2}$  es el factor que tiene en cuenta la suciedad sobre el tejado del atrio;

$k_{AT,3}$  es el factor que tiene en cuenta la incidencia de luz que no es normal en el tejado del atrio (0,85, en general es suficiente).

*Fachadas con doble acristalamiento*

El factor de corrección para fachadas con doble acristalamiento enfrente del espacio considerado puede ser obtenido por:

$$I_{O,GDF} = \tau_{GDF} \times k_{GDF,1} \times k_{GDF,2} \times k_{GDF,3} \quad (C.16)$$

donde

$\tau_{GDF}$  es el factor de transmisión de fachada de doble acristalamiento;

$k_{GDF,1}$  es el factor que tiene en cuenta los marcos de la fachada con doble acristalamiento;

$k_{GDF,2}$  es el factor que tiene en cuenta la suciedad de la fachada con doble acristalamiento;

$k_{GDF,3}$  es el factor que tiene en cuenta la incidencia de luz que no es normal sobre la fachada con doble acristalamiento (0,85, en general es suficiente).

Las barreras verticales y horizontales dentro del espacio de la fachada puede aproximarse por los parámetros de  $I_{O,Ov}$  e  $I_{O,VF}$ . Generalmente la suciedad sobre el acristalamiento dentro del espacio de las fachadas con doble acristalamiento es despreciable, de tal modo que es suficiente tener en cuenta la suciedad en el acristalamiento utilizando el factor  $k_1$  (véase la ecuación (C.19)) para el plano de la fachada principal. Por ello,  $k_{GDF,2} = 1$ . El factor que tiene en cuenta el marco de la fachada con doble acristalamiento es:

$$k_{GDF,1} = \text{área de transmisión de luz/abertura de entramado} \quad (C.17)$$

Sólo la parte de la fachada con doble acristalamiento proyectada sobre la fachada principal transparente (interior) es considerada en la determinación de  $k_{GDF,1}$ .

**D. Factor de luz natural**

A partir de los índices geométricos  $I_T$ ,  $I_{De}$  e  $I_O$  el acceso de la zona a la luz natural puede estimarse para la abertura de fachada de entramado:

$$D_C = (4,13 + 20,0 \times I_T - 1,36 \times I_{De}) I_O (\%) \quad (C.18)$$

donde

$D_C$  es el factor de luz natural para abertura de fachada de entramado (es decir sin ventanas ni sistema de protección contra el sol).

La combinación de grandes índices de profundidad  $I_{De}$  y pequeños índices de transparencia  $I_T$  puede dar como resultado – en esta aproximación – valores de  $D_C$  menores que cero.  $D_C$  entonces debería ajustarse a cero o debería calcularse con procedimientos más detallados.

NOTA Esto sólo ocurrirá para pequeños factores de luz natural para los que los ahorros de energía serán difíciles de determinar.

### E. Clasificación del factor de luz natural

El impacto de las ventanas y del sistema de oscurecimiento o de persianas sobre los niveles de iluminación interior debería determinarse usando correlaciones de  $D_C$  dependientes del tipo de fachada con la demanda de energía esperada, es decir, métodos que derivan el factor de aportación de luz natural  $F_{Ds}$  en función del sistema de fachada. Cuando estas dependencias no están disponibles, debería calcularse una estimación simplificada, que correlacione las propiedades de las ventanas sin sistema de oscurecimiento con la demanda de energía esperada del siguiente modo:

$$D = D_C \times \tau_{D65} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \quad [\%] \quad (C.19)$$

donde

$D$  es el factor de luz natural para la zona [%];

$\tau_{D65}$  es la transmisión hemisférica directa de las ventanas;

$k_1$  es el factor que tiene en cuenta los marcos del sistema de ventana (generalmente 0,7);

$k_2$  es el factor que tiene en cuenta la suciedad del acristalamiento (generalmente 0,8 pero para acristalamiento autolimpiante puede ser tan alto como 1,0);

$k_3$  es el factor que tiene en cuenta la incidencia de luz que no es normal sobre la fachada (el valor de 0,85, en general es suficiente para acristalamiento estándar). La tabla C.1a contiene valores de transmitancia luminosa para algunos materiales de acristalamiento usados para acristalamiento vertical.

Dependiendo de cómo se juzgue el impacto de las ventanas y del sistema de protección contra el sol, usando bien  $D_C$  o bien  $D$  la penetración de luz natural puede ser evaluada de acuerdo con la tabla C.1b.

**Tabla C.1a – Valores típicos de la transmitancia  $\tau_{D65}$  de componentes del edificio transparentes y translúcidos**

Tipo	$U$	$g_{\perp}$	$\tau_e$	$\tau_{D65}$
Acrilamiento simple	5,8	0,87	0,85	0,90
Doble acristalamiento	2,9	0,78	0,73	0,82
Triple acristalamiento	2,0	0,70	0,63	0,75
Acrilamiento de bajo e, acristalado doble	1,7	0,72	0,60	0,74
Acrilamiento de bajo e, acristalado doble	1,4	0,67	0,58	0,78
Acrilamiento de bajo e, acristalado doble	1,2	0,65	0,54	0,78
Acrilamiento de bajo e, acristalado triple	0,8	0,50	0,39	0,69
Acrilamiento de bajo e, acristalado triple	0,6	0,50	0,39	0,69
Acrilamiento con protección solar, doble	1,3	0,48	0,44	0,59
Acrilamiento con protección solar, doble	1,2	0,37	0,34	0,67
Acrilamiento con protección solar, doble	1,2	0,25	0,21	0,40

NOTA Los datos de la tabla C.1a son solamente indicativos. Para datos exactos contáctese con el fabricante o proveedor.



El impacto del ventanal y del sistema de protección contra el sol puede evaluarse utilizando la penetración de luz natural bien  $D_C$  o bien  $D$  como se ha indicado en la tabla C.1b.

**Tabla C.1b – Penetración de luz natural en función del factor de luz natural**

Clasificación		Penetración de luz natural (acceso de la zona a la luz natural)
$D_C$	$D$	
$D_C \geq 6\%$	$D \geq 3\%$	Fuerte
$6\% > D_C \geq 4\%$	$3\% > D \geq 2\%$	Media
$4\% > D_C \geq 2\%$	$2\% > D \geq 1\%$	Débil
$D_C < 2\%$	$D < 1\%$	Ninguna

Debería usarse un cálculo detallado usando un modelado más exacto de las relaciones geométricas para determinar la penetración de luz natural. El valor de referencia para el factor de luz natural del espacio considerado es la media sobre el eje central del área considerada, paralela a la fachada considerada.

### C.3.1.3 Factor de aportación de luz natural

El factor  $F_{D,S}$  de aportación de luz natural puede aproximarse en función de la latitud  $\gamma_{Lugar}$  para latitudes que oscilan desde 38° a 60° norte mediante la siguiente relación:

$$F_{D,S} = a + b \times \gamma_{Lugar} \quad (C.20a)$$

donde

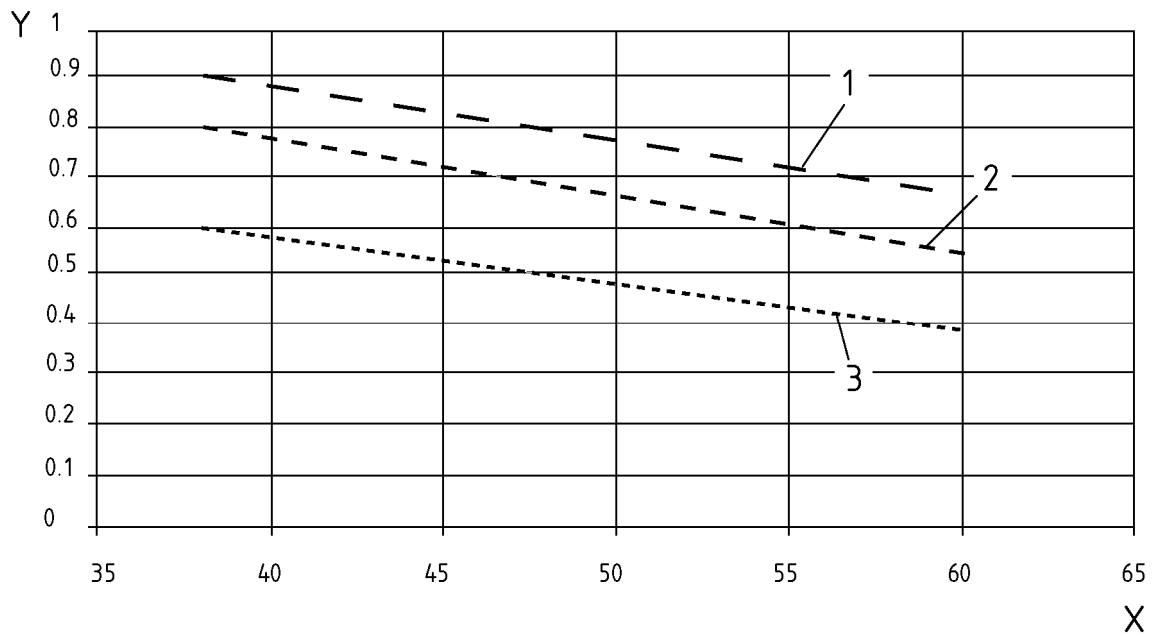
a y b son coeficientes para determinar el factor  $F_{D,S}$  de aportación de luz natural;

$\gamma_{Lugar}$  es el ángulo de latitud de la posición del edificio [°].

Para diferentes clasificaciones de iluminancia mantenida y penetración de luz natural los coeficientes a y b están recogidos en la tabla C.2a. La figura C.8 ilustra la dependencia entre  $\gamma_{Lugar}$  y  $F_{D,S}$  para una iluminancia mantenida de 500 lux. La tabla C.2b muestra el factor de aportación de luz natural  $F_{D,S}$  para lugares seleccionados en Europa. El factor  $F_{D,S}$  de aportación de luz natural es válido para un período horario de funcionamiento diario de 8 h a 17 h. Para períodos operativos de tiempo diarios mayores los valores deberían ser multiplicarse por un factor de corrección de 0,7. Para períodos sin luz natural mayores durante el tiempo de funcionamiento se aplica lo siguiente  $F_{D,S,n} = 0$ , es decir  $F_{D,n} = 1$ . A partir de los factores de aportación de luz natural anual, pueden derivarse valores mensuales usando el procedimiento de acuerdo con el capítulo C.5.

**Tabla C.2a – Coeficientes para determinar el factor  $F_{D,S}$  de aportación de luz natural para fachadas verticales en función de la penetración de luz natural en la zona n y de la iluminancia mantenida  $E_m$**

Iluminancia mantenida (lux)	Penetración de luz natural	a	b
300	débil	1,242 5	- 0,011 7
	media	1,309 7	- 0,010 6
	fuerte	1,290 4	- 0,008 8
500	débil	0,943 2	- 0,009 4
	media	1,242 5	- 0,011 7
	fuerte	1,322 0	- 0,011 0
750	débil	0,669 2	- 0,006 7
	media	1,005 4	- 0,009 8
	fuerte	1,281 2	- 0,012 1



Leyenda

- — — — — = Fuerte
- - - - - = Media
- ..... = Débil

X latitud  $\gamma$  [°]

Y factor de aportación de luz natural  $F_{D,S}$

**Figura C.8 – Factor  $F_{D,S}$  de aportación de luz natural para fachadas verticales en función de la latitud  $\gamma$  del lugar y de la penetración de luz natural para una iluminancia mantenida  $\bar{E}_m$  de 500 lux**

**Tabla C.2b – Factor  $F_{DS}$  de aportación de luz natural para fachadas verticales en función de la penetración de luz natural y de la iluminancia mantenida  $\bar{E}_m$  para diferentes lugares**

Lugar	Latitud	Factor $F_{DS}$ de aportación de luz natural que oscila de 0 a 1								
	$\gamma$	300 lux			500 lux			750 lux		
	[°]	débil	medio	fuerte	débil	medio	fuerte	débil	medio	fuerte
Atenas	38	0,80	0,91	0,96	0,59	0,80	0,90	0,41	0,63	0,82
Lyon	46	0,70	0,82	0,89	0,51	0,70	0,82	0,36	0,55	0,72
Bratislava	48	0,68	0,80	0,87	0,49	0,68	0,79	0,35	0,54	0,70
Frankfurt	50	0,66	0,78	0,85	0,47	0,66	0,77	0,33	0,52	0,68
Watford	52	0,63	0,76	0,83	0,45	0,63	0,75	0,32	0,50	0,65
Gävle	60	0,54	0,67	0,76	0,38	0,54	0,66	0,27	0,42	0,56

### C.3.2 Claraboyas

#### C.3.2.1 Clasificación del factor de luz natural

Análogamente al procedimiento para aportación de luz natural en fachadas verticales, éste se determina inicialmente mediante el factor de luz natural. El factor de aportación de luz natural será entonces determinado en función del factor de luz natural, la iluminancia mantenida, orientación, e inclinación de las aberturas del tejado acristalado.

En locales con claraboyas el factor medio ( $\bar{D}_j$ ) de luz natural está dado por la siguiente ecuación:

$$\bar{D}_j = D_{\text{ext}} \times \tau_{D65} \times k_{\text{Obl},1} \times k_{\text{Obl},2} \times k_{\text{Obl},3} \times \frac{\sum A_{\text{Rb}}}{A_{\text{RG}}} \times \eta_{\text{R}} [\%] \quad (\text{C.20})$$

donde

$A_{\text{Rb}}$  es el área de la aberturas de la claraboya (área de abertura de entramado) [m<sup>2</sup>];

$A_{\text{RG}}$  es el área del suelo del espacio considerado [m<sup>2</sup>];

$D_{\text{ext}}$  es el factor de luz natural exterior [%];

$\tau_{D65}$  es la transmitancia luminosa del acristalamiento difuso del tejado;

$k_{\text{Obl},1}$  es el factor para considerar los bastidores (en general 0,8);

$k_{\text{Obl},2}$  es el factor para considerar la suciedad (en general 0,8);

$k_{\text{Obl},3}$  es el factor que considera la incidencia de la luz no perpendicular (en general 0,85);

$\eta_{\text{R}}$  es el factor de utilización de acuerdo con las tablas C.5 y C.6.

Este procedimiento también se aplica para acristalamiento transparente. Las tablas C.3a y C.3b contienen valores de transmitancia luminosa para materiales usados en claraboyas. Los datos en las tablas C.3a y C.3b son indicativos. Para obtener datos exactos, contáctese con el fabricante o proveedor.

**Tabla C.3a – Valores de referencia para transmitancia luminosa  $U$ ,  $g$ ,  $\tau_{D65}$  para diferentes materiales plásticos de acristalamiento usados a menudo en las claraboyas**

“A” claraboyas individuales, acristaladas, “B” claraboya continua, acristalada

Tipo	Composición	Tipo	$U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$g$ [-]	$\tau_{D65}$ [-]
A	Acrilamiento acrílico, revestimiento simple	transparente	5,4	0,85	0,92
	Acrilamiento acrílico, revestimiento simple	ópalo	5,4	0,80	0,83
	Acrilamiento acrílico, revestimiento doble	transparente	2,7	0,78	0,80
	Acrilamiento acrílico, revestimiento doble	ópalo/transparente	2,7	0,72	0,73
	Acrilamiento acrílico, revestimiento triple	transparente	1,8	0,66	0,68
	Acrilamiento acrílico, revestimiento triple	ópalo/ópalo/transparente	1,8	0,64	0,60
B	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento doble, 6 mm	transparente	3,6	0,86	0,82
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento doble, 6 mm	ópalo	3,6	0,78	0,64
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento doble, 8 mm	transparente	3,3	0,81	0,81
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento doble, 8 mm	ópalo	3,3	0,70	0,62
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento doble, 10 mm	transparente	3,1	0,85	0,80
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento doble, 10 mm	ópalo	3,1	0,70	0,50
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento triple, 10 mm	transparente	3,0	0,69	0,73
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento triple, 10 mm	ópalo	3,0	0,62	0,52
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento cuádruple, 10 mm	ópalo	2,5	0,59	0,50
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento triple, 16 mm	transparente	2,4	0,69	0,72
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento triple, 16 mm	ópalo	2,4	0,55	0,48
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento quintuple, 16 mm	ópalo	1,9	0,52	0,45
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento sextuple, 16 mm	ópalo	1,85	0,47	0,42
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento quintuple, 20 mm	transparente	1,8	0,70	0,64
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento quintuple, 20 mm	ópalo	1,8	0,46	0,44
	Lámina de policarbonato estructurado, cuádruple, 25 mm	transparente	1,7	0,62	0,68
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento cuádruple, 25 mm	ópalo	1,7	0,53	0,45
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento sextuple, 25 mm	transparente	1,45	0,67	0,62
	Lámina de policarbonato estructurado, revestimiento sextuple, 25 mm	ópalo	1,45	0,46	0,44

**Tabla C.3b – Valores de referencia para transmitancias luminosas  $U$ ,  $g$ ,  $\tau_{D65}$  para diferentes materiales de acristalamiento de vidrio usados a menudo en las claraboyas “A” claraboyas individuales, acristaladas, “B” claraboya continua, acristalada**

Tipo	Composición	Tipo	$U_g$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$g$	$\tau_{D65}$
A	Vidrio flotado de 4 mm, 16 mm de aire y vidrio flotado de 4 mm	Doble cristal transparente	2,8	0,79	0,81
A	Vidrio endurecido de 4 mm, 16 mm de argón y vidrio flotado de 4 mm, revestimiento w	Doble cristal transparente Emisividad baja	1,2	0,59	0,76
A	Vidrio endurecido de 4 mm, 14 mm de argón y vidrio flotado estratificado de 33,1	Doble cristal transparente Emisividad baja	1,2	0,54	0,75
A	Vidrio endurecido de 4 mm, 14 mm de argón y vidrio flotado estratificado de 33,1 mm, revestimiento w	Doble cristal transparente Emisividad baja, Protección solar	1,2	0,27	0,42
B	Vidrio laminado de 6.2 16 mm de aire, 6 mm de vidrio flotado	Transparente	2,7	0,67	0,77
B	Vidrio laminado de 6.2 16 mm de aire, 8 mm de vidrio flotado	Transparente	2,7	0,67	0,77
B	Vidrio laminado de 8.2 16 mm de aire, 6 mm de vidrio flotado	Transparente	2,7	0,65	0,77
B	Vidrio laminado de 8.2 16 mm de aire, 8 mm de vidrio flotado	Transparente	2,7	0,65	0,76
B	Vidrio laminado de 10.2 16 mm de aire, 6 mm de vidrio flotado	Transparente	2,7	0,63	0,76
B	Vidrio laminado de 10.2 16 mm de aire, 8 mm de vidrio flotado	Transparente	2,7	0,63	0,76
B	Vidrio laminado de 6.2 16 mm de argón, 6 mm de vidrio flotado	Revestido, plata	1,1	0,52	0,72
B	Vidrio laminado de 6.2 16 mm de argón, 8 mm de vidrio flotado	Revestido, plata	1,1	0,52	0,71
B	Vidrio laminado de 8.2 16 mm de argón, 6 mm de vidrio flotado	Revestido, plata	1,1	0,51	0,71
B	Vidrio laminado de 8.2 16 mm de argón, 8 mm de vidrio flotado	Revestido, plata	1,1	0,51	0,70
B	Vidrio laminado de 10.2 16 mm de argón, 6 mm de vidrio flotado	Revestido, plata	1,1	0,50	0,70
B	Vidrio laminado de 10.2 16 mm de argón, 8 mm de vidrio flotado	Revestido, plata	1,1	0,49	0,70
B	Vidrio endurecido de 6 mm (extra transparente) 18 mm de argón, vidrio flotado laminado 33.1	Doble cristal transparente	1,5	0,61	0,79
B	Vidrio endurecido de 6 mm (verde) 18 mm de argón, vidrio flotado laminado 33.1	Doble cristal transparente	1,5	0,38	0,64
B	Vidrio endurecido de 6 mm (gris) 18 mm de argón, vidrio flotado laminado 33.1	Doble cristal transparente	1,5	0,34	0,39
B	Vidrio endurecido de 6 mm (extra transparente) 18 mm de argón, vidrio flotado laminado 44.1	Doble cristal transparente	1,5	0,55	0,78

El factor  $D_{\text{ext}}$  de luz natural exterior está definido como sigue:

$$D_{\text{ext}} = \frac{E_{\text{F}}}{E_{\text{ext}}} [\%] \quad (\text{C.21})$$

donde

$E_{\text{F}}$  es la iluminancia en la superficie exterior de la claraboya en el plano del acristalamiento para condiciones de cielo cubierto (lux);

$E_{\text{ext}}$  es la iluminancia exterior horizontal sin obstrucciones en condiciones de cielo cubierto (lux).

El factor para considerar el marco  $k_{\text{Obl},1}$  puede obtenerse de un modo similar al de las fachadas verticales. Para claraboyas individuales el conjunto de dispositivos de construcción también incluye montantes.  $k_{\text{Obl},1}$  es la relación entre el área de entrada de la luz  $A_{\text{Fs}} = a_{\text{s}} \times b_{\text{s}}$ , es decir, la abertura superior del montante menos elementos adicionales de construcción opacos de las claraboyas individuales o claraboyas continuas, al área de abertura de la entramado  $A_{\text{Rb}} = a_{\text{Rb}} \times b_{\text{Rb}}$  de acuerdo con la figura C.2.

Para secciones de iluminación en diente de sierra (naves) en que la abertura del entramado no corresponde al área de intersección del cuerpo de la nave y el área del tejado, véase la figura C.10, el área de la abertura del entramado se determina por  $A_{\text{Rb}} = h_{\text{G}} \times b_{\text{Rb}}$  siendo  $h_{\text{G}}$  la altura del área de entrada de la luz y  $b_{\text{Rb}}$  la anchura del área de entrada de la luz. El factor  $k_{\text{Obl},1}$  para considerar el marco tiene en cuenta otros elementos opacos de la construcción en la abertura del entramado como se ha definido anteriormente. La tabla C.4 contiene los factores  $D_{\text{ext}}$  de luz natural exterior a una reflectividad luminosa del terreno  $\rho_{\text{B}}$  de 0,2 para ángulos de inclinación seleccionados del acristalamiento de la nave.

**Tabla C.4 – Factor  $D_{\text{ext}}$  de luz natural exterior en función del ángulo  $\gamma_{\text{f}}$  de inclinación del tejado de nave acristalado a una reflectividad luminosa  $\rho_{\text{G}}$  de 0,2 (sin obstáculos)**

Ángulo de inclinación $\gamma_{\text{f}}$ (°)	$D_{\text{ext}} = E_{\text{F}}/E_{\text{ext}}$ (%)
0	100
30	92
45	83
60	72
90	50

El factor de utilización  $\eta_{\text{R}}$  se determina dependiendo del tipo de claraboya y del índice de local  $k$

$$k = a_{\text{Ri}} \times b_{\text{R}} / [h_{\text{Ri}} \times (b_{\text{Ri}} + a_{\text{Ri}})] \quad (\text{C.22})$$

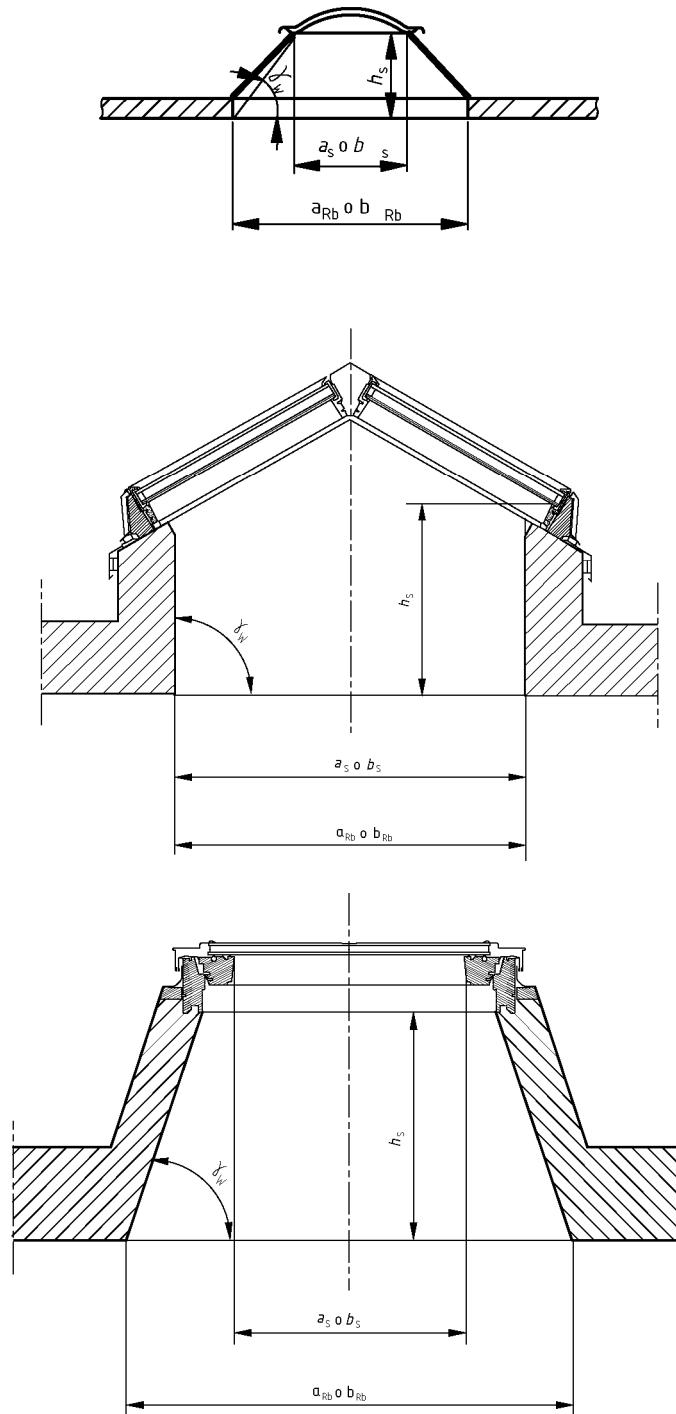
donde

$a_{\text{Rj}}$  es la profundidad del local [m];

$b_{\text{Rj}}$  es el ancho del local [m];

$h_{\text{R}}$  es la diferencia entre la altura del local y la altura del plano de trabajo.

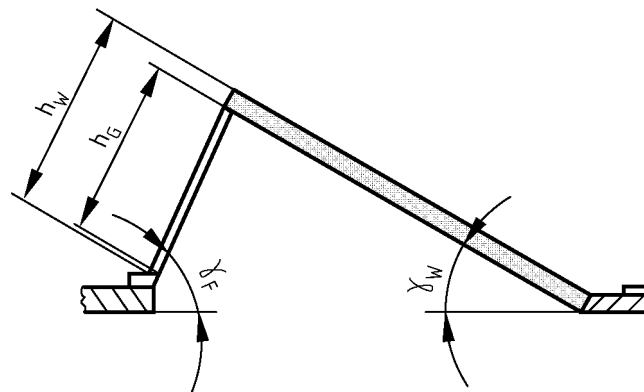
Generalmente, hay una distinción entre claraboyas como se ha mostrado en la figura C.9a, b, c y tejados de nave como se ha mostrado en la figura C.10. Las claraboyas continuas son tratadas como un caso especial de claraboyas individuales. Cuando las claraboyas continuas tienen una relación de  $a_{\text{s}}/b_{\text{s}} > 5$ , debería usarse el factor de utilización para  $a_{\text{s}}/b_{\text{s}} = 5$ . Los factores de utilización para diferentes configuraciones de claraboyas y tejados de nave están dados en la tabla C.5 y en la tabla C.6.



Leyenda

- $a_s$  longitud transparente de la abertura [m]
- $b_s$  anchura transparente de la abertura [m]
- $a_{Rb}$  longitud transparente del montante/pozo [m]
- $b_{Rb}$  anchura transparente del montante/pozo [m]
- $h_s$  altura del montante/pozo [m]
- $\gamma_w$  ángulo del montante/pozo [°]

**Figura C.9 – Magnitudes para describir la geometría de distintas claraboyas**



Leyenda

- $h_G$   $a_s$  y  $b_s$  [m]
- $h_w$  altura total de construcción [m]
- $\gamma_F$  ángulo de acristalamiento con la horizontal [°]
- $\gamma_w$  ángulo del tejado con la horizontal [°]

Figura C.10 – Magnitudes para describir la geometría de tejados de nave

Tabla C.5 – Factor de utilización  $\eta_R$  en % para claraboyas en función del índice de local  $k$  y los parámetros geométricos para el eje de luz de la claraboya

$a_s/b_s$	1			2			5			1			2			5		
$h_s/b_s$	0,25			0,25			0,25			0,5			0,5			0,5		
$\gamma_w$ $k$	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90	30	60	90
0,6	40	41	38	40	40	39	41	41	40	40	41	36	40	41	37	42	43	39
0,8	53	54	50	53	54	51	54	55	52	53	55	46	53	55	49	55	57	51
1,0	59	60	56	59	60	57	60	61	59	60	61	51	60	61	54	62	66	56
1,25	68	69	64	68	69	66	69	70	67	69	69	58	69	70	62	71	72	64
1,5	75	75	69	75	75	71	76	76	72	76	75	63	76	76	67	78	78	69
2,0	83	83	77	83	83	79	84	84	80	84	82	69	84	83	73	87	85	75
2,5	89	88	81	89	88	84	90	89	85	90	87	73	90	88	77	92	90	79
3,0	93	92	85	93	92	87	94	93	88	94	90	76	94	91	81	96	93	86
4,0	98	96	90	98	97	92	99	98	93	99	95	80	98	96	85	100	98	87
5,0	102	100	92	102	100	95	103	101	96	102	97	82	102	99	87	104	101	89



**Tabla C.6 – Factor de utilización  $\eta_R$  en % para tejados de nave (tejados en dientes de sierra) en función del índice  $k$  de local y los parámetros geométricos**

$h_G/h_W$	1												0,5														
	30				45	60				90				30				45	60				90				
$\gamma_F$	30	45	60	75	45	30	45	60	75	30	45	60	75	30	45	60	75	45	30	45	60	75	30	45	60	75	
$\gamma_W$																											
$k$																											
0,6	39	39	41	40	37	34	35	36	35	29	30	31	31	38	39	39	40	36	33	34	35	36	36	29	29	30	30
0,8	51	52	53	50	49	44	45	46	44	37	39	39	38	50	51	52	51	48	43	44	45	44	44	37	37	38	38
1,0	57	58	58	55	55	50	52	51	49	44	45	45	44	56	57	57	56	53	49	50	51	50	43	44	44	44	44
1,25	66	66	65	62	62	58	59	58	55	51	51	51	49	65	65	65	64	61	57	58	58	56	50	51	50	50	50
1,5	72	72	71	67	68	64	64	63	60	56	56	56	54	71	71	71	69	67	62	63	63	61	55	56	55	55	55
2,0	80	79	77	73	75	72	71	69	66	64	63	62	60	79	79	78	76	75	71	71	70	68	62	63	62	61	61
2,5	85	84	81	77	80	77	76	73	70	69	68	66	64	84	84	83	80	80	76	76	75	72	68	68	67	65	65
3,0	88	88	84	80	83	81	79	76	72	72	71	69	67	88	88	86	83	84	80	80	78	75	72	71	70	68	68
4,0	94	92	88	84	87	85	83	80	76	77	75	73	70	93	93	91	87	88	85	84	82	79	77	76	75	72	72
5,0	97	95	91	87	90	89	86	82	78	80	78	75	73	97	96	93	90	92	89	88	85	81	80	79	77	75	75

La clasificación de la aportación de luz natural para claraboyas se da en la tabla C.7.

**Tabla C.7 – Clasificación de la aportación de luz natural en función del factor de luz natural  $\bar{D}_j$**

Criterio	Clasificación de la aportación de luz natural
$7 \leq \bar{D}_j$ *	Fuerte
$4 \leq \bar{D}_j < 7\%$	Media
$2 \leq \bar{D}_j < 4\%$	Débil
$0 \leq \bar{D}_j < 2\%$	Ninguna

NOTA \* Es conveniente evitar valores superiores al 10% por riesgo de sobrecalentamiento.

Si el factor de luz natural se ha obtenido utilizando otros métodos de validación, puede usarse en lugar de la ecuación (C.1) para identificar la clasificación de la aportación de luz natural (de acuerdo con la tabla C.6). Aquí, el factor de luz natural es el valor medio en el plano de trabajo.

### C.3.2.2 Factor de aportación de luz natural

El factor  $F_{D,S,n}$  de aportación de luz natural puede determinarse usando tablas similares a las mostradas en la tabla C.8. No se consideran los sistemas de protección solar variables. Los datos se han calculado a partir de conjuntos de datos del tiempo de base horaria de los lugares de las ciudades especificadas. No es posible una simple interpolación como para las fachadas verticales. Para valores de iluminancia mantenidos  $< 300$  lux los valores para 300 lux deberían usarse para  $F_{D,S,n}$ , y para iluminancias mantenidas  $> 750$  lux, deberían usarse los valores para 750 lux.

Los datos dependen de la clasificación de la aportación de luz natural, la iluminancia mantenida, diferentes orientaciones y ángulos de inclinación.

En los cálculos se han utilizado los siguientes factores de luz natural: bajo: 3%, medio: 5,5%, bueno: 8,5%.

Tabla C.8 – Factor  $F_{D,s,n}$  de aportación de luz natural para claraboyas en distintas ciudades

Tabla C.8a – Factor de aportación de luz natural en Atenas (latitud 38°)

Orientación	Clasificación de aportación de luz natural Ángulos de inclinación (°)	Iluminancia mantenida (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		débil	media	fuerte	débil	media	fuerte	débil	media	fuerte
Horizontal	0	0,97	0,99	1,00	0,93	0,97	0,99	0,86	0,94	0,97
Sur	30	0,96	0,98	0,99	0,91	0,97	0,98	0,84	0,93	0,97
	45	0,94	0,98	0,99	0,88	0,96	0,98	0,80	0,93	0,96
	60	0,92	0,98	0,98	0,83	0,95	0,97	0,75	0,91	0,94
	90	0,81	0,96	0,97	0,68	0,92	0,93	0,57	0,85	0,86
Este/Oeste	30	0,94	0,98	0,99	0,88	0,95	0,98	0,79	0,91	0,96
	45	0,90	0,98	0,99	0,80	0,94	0,97	0,69	0,87	0,93
	60	0,84	0,97	0,98	0,70	0,91	0,95	0,59	0,82	0,88
	90	0,66	0,94	0,95	0,49	0,85	0,87	0,39	0,72	0,73
Norte	30	0,93	0,98	0,99	0,84	0,94	0,97	0,74	0,89	0,94
	45	0,87	0,97	0,99	0,75	0,92	0,96	0,62	0,84	0,90
	60	0,78	0,96	0,98	0,61	0,88	0,92	0,45	0,77	0,83
	90	0,50	0,92	0,93	0,27	0,79	0,81	0,18	0,60	0,62

Tabla C.8b – Factor de aportación de luz natural en Lyon (latitud 46°)

Orientación	Clasificación de aportación de luz natural Ángulos de inclinación (°)	Iluminancia mantenida (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		débil	media	fuerte	débil	media	fuerte	débil	media	fuerte
Horizontal	0	0,90	0,95	0,96	0,82	0,91	0,94	0,73	0,86	0,91
Sur	30	0,89	0,94	0,96	0,81	0,90	0,94	0,72	0,85	0,90
	45	0,88	0,94	0,96	0,79	0,89	0,93	0,70	0,83	0,89
	60	0,86	0,93	0,95	0,76	0,87	0,92	0,66	0,80	0,88
	90	0,80	0,89	0,93	0,68	0,82	0,89	0,57	0,73	0,82
Este/Oeste	30	0,89	0,94	0,96	0,80	0,90	0,94	0,69	0,84	0,90
	45	0,87	0,93	0,96	0,76	0,88	0,93	0,64	0,80	0,89
	60	0,84	0,92	0,95	0,70	0,85	0,92	0,57	0,76	0,86
	90	0,76	0,89	0,93	0,59	0,78	0,88	0,45	0,66	0,79
Norte	30	0,88	0,94	0,96	0,78	0,89	0,94	0,66	0,82	0,90
	45	0,85	0,93	0,96	0,72	0,87	0,93	0,58	0,78	0,88
	60	0,81	0,92	0,95	0,65	0,84	0,91	0,49	0,72	0,84
	90	0,71	0,88	0,93	0,49	0,75	0,86	0,33	0,58	0,76

Tabla C.8c – Factor de aportación de luz natural en Bratislava (latitud 48°)

Orientación	Clasificación de aportación de luz natural Ángulos de inclinación (°)	Iluminancia mantenida (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		débil	media	fuerte	débil	media	fuerte	débil	media	fuerte
Horizontal	0	0,87	0,92	0,94	0,79	0,88	0,92	0,70	0,82	0,88
Sur	30	0,86	0,92	0,94	0,78	0,87	0,91	0,70	0,81	0,88
	45	0,85	0,91	0,94	0,76	0,86	0,91	0,67	0,80	0,86
	60	0,83	0,90	0,93	0,74	0,84	0,89	0,64	0,77	0,84
	90	0,77	0,86	0,91	0,66	0,78	0,85	0,56	0,70	0,79
Este/Oeste	30	0,85	0,92	0,94	0,75	0,86	0,91	0,65	0,79	0,87
	45	0,82	0,91	0,94	0,71	0,84	0,90	0,59	0,76	0,85
	60	0,79	0,89	0,93	0,66	0,81	0,89	0,54	0,71	0,82
	90	0,71	0,85	0,90	0,55	0,73	0,83	0,42	0,61	0,74
Norte	30	0,84	0,92	0,94	0,73	0,85	0,91	0,61	0,77	0,86
	45	0,81	0,91	0,94	0,67	0,83	0,90	0,55	0,73	0,83
	60	0,77	0,89	0,93	0,60	0,79	0,88	0,44	0,67	0,80
	90	0,67	0,83	0,90	0,45	0,70	0,82	0,30	0,53	0,71

Tabla C.8d – Factor de aportación de luz natural en Frankfurt (latitud 50°)

Orientación	Clasificación de aportación de luz natural Ángulos de inclinación (°)	Iluminancia mantenida (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		débil	media	fuerte	débil	media	fuerte	débil	media	fuerte
Horizontal	0	0,88	0,95	0,97	0,78	0,89	0,94	0,66	0,82	0,9
Sur	30	0,85	0,94	0,96	0,73	0,87	0,93	0,62	0,79	0,88
	45	0,81	0,91	0,95	0,68	0,83	0,91	0,57	0,74	0,84
	60	0,75	0,88	0,93	0,61	0,77	0,86	0,51	0,67	0,78
	90	0,56	0,72	0,83	0,44	0,59	0,7	0,35	0,49	0,6
Este/Oeste	30	0,84	0,93	0,96	0,71	0,86	0,93	0,58	0,77	0,87
	45	0,78	0,91	0,95	0,63	0,81	0,9	0,5	0,7	0,82
	60	0,7	0,87	0,93	0,53	0,74	0,85	0,41	0,6	0,75
	90	0,46	0,67	0,81	0,33	0,5	0,65	0,24	0,38	0,51
Norte	30	0,82	0,93	0,95	0,69	0,85	0,92	0,55	0,75	0,86
	45	0,76	0,9	0,95	0,59	0,8	0,89	0,45	0,67	0,81
	60	0,66	0,85	0,92	0,45	0,71	0,83	0,31	0,54	0,72
	90	0,38	0,63	0,78	0,23	0,41	0,6	0,15	0,28	0,42

Tabla C.8e – Factor de aportación de luz natural en Londres (latitud 51°)

Orientación	Clasificación de aportación de luz natural Ángulos de inclinación (°)	Iluminancia mantenida (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		débil	media	fuerte	débil	media	fuerte	débil	media	fuerte
Horizontal	0	0,85	0,91	0,94	0,76	0,86	0,91	0,66	0,80	0,86
Sur	30	0,84	0,91	0,93	0,75	0,85	0,90	0,66	0,79	0,86
	45	0,83	0,90	0,93	0,73	0,84	0,89	0,64	0,77	0,84
	60	0,80	0,88	0,92	0,70	0,82	0,88	0,61	0,74	0,82
	90	0,74	0,84	0,89	0,62	0,76	0,83	0,52	0,67	0,76
Este/Oeste	30	0,83	0,90	0,93	0,72	0,84	0,90	0,62	0,77	0,85
	45	0,80	0,89	0,93	0,68	0,82	0,88	0,57	0,73	0,83
	60	0,77	0,88	0,92	0,63	0,79	0,87	0,51	0,69	0,80
	90	0,68	0,83	0,89	0,52	0,71	0,81	0,40	0,59	0,72
Norte	30	0,81	0,90	0,93	0,70	0,83	0,89	0,59	0,75	0,84
	45	0,78	0,89	0,93	0,65	0,80	0,88	0,52	0,70	0,81
	60	0,74	0,87	0,92	0,57	0,77	0,86	0,43	0,64	0,78
	90	0,64	0,81	0,88	0,45	0,67	0,80	0,31	0,52	0,68

Tabla C.8f – Estocolmo (latitud 59, 65°)

Orientación	Clasificación de aportación de luz natural Ángulos de inclinación (°)	Iluminancia mantenida (lux)								
		$\bar{E}_m = 300$			$\bar{E}_m = 500$			$\bar{E}_m = 750$		
		débil	media	fuerte	débil	media	fuerte	débil	media	fuerte
Horizontal	0	0,75	0,82	0,86	0,66	0,76	0,81	0,56	0,69	0,76
Sur	30	0,75	0,82	0,86	0,67	0,76	0,81	0,58	0,70	0,77
	45	0,74	0,81	0,85	0,65	0,75	0,80	0,56	0,69	0,75
	60	0,72	0,80	0,84	0,63	0,73	0,79	0,54	0,67	0,74
	90	0,66	0,76	0,81	0,56	0,68	0,75	0,47	0,60	0,69
Este/Oeste	30	0,72	0,81	0,85	0,62	0,74	0,80	0,51	0,66	0,74
	45	0,70	0,80	0,84	0,58	0,71	0,79	0,47	0,63	0,72
	60	0,66	0,78	0,83	0,53	0,68	0,77	0,42	0,58	0,69
	90	0,58	0,72	0,79	0,43	0,60	0,71	0,32	0,49	0,61
Norte	30	0,71	0,80	0,85	0,60	0,72	0,79	0,49	0,64	0,73
	45	0,67	0,78	0,84	0,54	0,69	0,77	0,40	0,59	0,70
	60	0,63	0,76	0,82	0,45	0,66	0,75	0,32	0,53	0,66
	90	0,53	0,70	0,78	0,34	0,56	0,68	0,23	0,41	0,57



#### C.4 Control de iluminación artificial dependiente de la luz natural, $F_{D,C}$

$F_{D,C,n}$  describe la eficiencia de cómo un sistema de control o una estrategia de control explota el potencial de ahorro dado, es decir, la aportación de luz natural en el espacio considerado, descrito por  $F_{D,S,n}$ .  $F_{D,C}$  no considera el consumo de potencia del propio equipo de control. La tabla C.9 proporciona el factor de corrección  $F_{D,C}$  de la aportación de luz natural.

Tabla C.9 –  $F_{D,C,n}$  en función de la penetración de luz natural

Control del sistema de iluminación artificial	$F_{D,C,n}$ en función de la penetración de luz natural		
	débil	media	fuerte
Manual	0,20	0,30	0,40
Automático, dependiente de la luz natural	0,75	0,77	0,85

NOTA El sensor de luz natural debería estar montado en una posición adecuada para detectar las variaciones relevantes en la luz natural.

#### C.5 Método mensual

Los valores mensuales del factor  $F_{D,n}$  de dependencia de la luz natural pueden obtenerse a partir de la siguiente ecuación:

$$F_{D,n} = 1 - (F_{D,S,n} \times F_{D,C,n} \times c_{D,S,n}) \quad (C.23)$$

donde

$c_{D,S,n}$  es el factor de redistribución mensual y se da en la tabla C.10.

Tabla C.10 – Factor  $c_{D,S,n}$  de redistribución mensual en función de la penetración de luz natural

Estación meteorológica/ situación		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Watford, GB 52°N	débil	0,38	0,68	1,02	1,36	1,56	1,62	1,53	1,39	1,13	0,77	0,28	0,28
	medio	0,47	0,80	1,05	1,30	1,46	1,42	1,40	1,35	1,16	0,89	0,35	0,35
	fuerte	0,61	0,88	1,07	1,24	1,30	1,28	1,28	1,28	1,16	0,97	0,47	0,47
Frankfurt, D 50°N	débil	0,43	0,65	0,94	1,33	1,46	1,58	1,55	1,41	1,08	0,76	0,46	0,34
	medio	0,50	0,73	1,01	1,28	1,38	1,44	1,43	1,35	1,11	0,83	0,53	0,40
	fuerte	0,62	0,84	1,07	1,21	1,27	1,28	1,28	1,25	1,12	0,91	0,64	0,51
Atenas, GR 38°N	débil	0,65	0,87	1,08	1,22	1,25	1,17	1,24	1,20	1,04	0,93	0,75	0,60
	medio	0,74	0,91	1,05	1,13	1,17	1,15	1,19	1,14	1,05	0,95	0,81	0,69
	fuerte	0,83	0,97	1,05	1,09	1,10	1,10	1,10	1,08	1,05	0,97	0,87	0,78
Bratislava, SK 48° N	débil	0,45	0,79	1,02	1,34	1,41	1,51	1,40	1,37	1,05	0,83	0,48	0,35
	medio	0,54	0,88	1,05	1,25	1,32	1,37	1,32	1,29	1,08	0,91	0,57	0,43
	fuerte	0,65	0,94	1,06	1,18	1,23	1,24	1,23	1,21	1,08	0,95	0,67	0,54
Lyon, F 46°N	débil	0,49	0,74	1,09	1,26	1,35	1,41	1,38	1,31	1,09	0,87	0,56	0,42
	medio	0,59	0,84	1,11	1,21	1,25	1,27	1,26	1,25	1,11	0,94	0,66	0,51
	fuerte	0,70	0,92	1,10	1,14	1,17	1,16	1,17	1,17	1,10	0,98	0,76	0,63
Gavle, S 61°N	débil	0,21	0,55	1,04	1,45	1,62	1,73	1,68	1,55	1,10	0,65	0,27	0,12
	medio	0,25	0,65	1,12	1,42	1,53	1,57	1,56	1,51	1,16	0,75	0,33	0,15
	fuerte	0,32	0,77	1,17	1,35	1,44	1,44	1,45	1,42	1,19	0,84	0,42	0,19

La luz natural en verano puede satisfacer todos los requisitos de alumbrado con luz natural. Como  $F_{D,S,n} \times F_{D,C,n}$  – determinados sobre una base anual – es ponderado con factores de redistribución mensuales, para todos los meses con  $F_{D,S,n} \times F_{D,C,n} \times c_{D,S,n} > 1$ , la diferencia ( $F_{D,S,n} \times F_{D,C,n} \times c_{D,S,n} - 1$ ) ha de sumarse y ha de redistribuirse igualmente sobre los valores mensuales  $F_{D,S,n} \times F_{D,C,n} \times c_{D,S,n}$  para aquellos meses que soportan  $F_{D,S,n} \times F_{D,C,n} \times c_{D,S,n} < 1$ . Eventualmente, este proceso es iterativo.

## ANEXO D (Informativo)

### DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE DEPENDENCIA DE OCUPACIÓN $F_O$

#### D.1 Introducción

Esta sección describe el análisis y reglas a seguir para determinar  $F_O$ . Independientemente del tipo de sistema de control usado, si  $F_O$  se toma como 1,0, no son necesarios otros análisis.

#### D.2 Determinación detallada de $F_O$

Cuando  $F_O = 1$

En los siguientes casos,  $F_O$  debería ser siempre igual a 1:

- Si el encendido del alumbrado es 'centralizado', es decir en más de un local a la vez (por ejemplo un único sistema automático – por ejemplo con temporizador o interruptor manual para un edificio entero, o para una planta entera, o para todos los pasillos etc.). Esto se aplica cualquiera que sea el tipo de “apagado” (automático o manual, central o por local etc.).
- Si el área iluminada por un grupo de luminarias que se encienden juntas (manual o automáticamente), es mayor de 30 m<sup>2</sup>.

Son excepciones las salas de reuniones en las que no se aplica esta limitación de área (véase a continuación).

Cuando  $F_O < 1$

En los siguientes casos,  $F_O$  debería ser siempre menor que 1:

- a) en salas de reuniones (cualquiera que sea el área cubierta por 1 interruptor y/o por 1 detector), mientras no sea un encendido 'centralizado', es decir junto con las luminarias en otros locales;
- b) en otros locales, si el área iluminada por una luminaria o por un grupo de luminarias que se encienden juntas (manual o automáticamente), no es mayor de 30 m<sup>2</sup>, y si las luminarias están todas en el mismo local. Además, en el caso de sistemas con detección automática de presencia y/o ausencia el área cubierta por el detector debería corresponder estrechamente al área iluminada por las luminarias que son controladas por ese detector.

En ambos casos, también deberían satisfacerse las condiciones con respecto a temporización y nivel de regulación de flujo luminoso esquematizadas más abajo. (Si no se satisfacen estas condiciones,  $F_O = 1$ ).

En estos casos,  $F_O$  debería determinarse como sigue:

Cuando  $0,0 \leq F_A < 0,2$

$$F_O = 1 - [(1 - F_{OC}) \times F_A / 0,2] \quad (D.1)$$

Cuando  $0,2 \leq F_A \leq 0,9$

$$F_O = F_{OC} + 0,2 - F_A \quad (D.2)$$

Cuando  $0,9 \leq F_A \leq 1,0$

$$F_O = [7 - (10 \times F_{OC})] \times (F_A - 1) \quad (D.3)$$

donde

$F_A$  es la proporción del tiempo que el espacio está sin ocupar. La figura D.1 ilustra el impacto de estas ecuaciones.

En estas expresiones:

El valor por defecto de  $F_{OC}$  se fija en función del sistema de control de iluminación, como se ha dado en la tabla D.1.

El valor por defecto de  $F_A$  se determina bien a nivel del edificio o bien al nivel de un local como se ha dado en la tabla D.2.

**Tabla D.1 – Valores de  $F_{OC}$**

<b>Sistemas sin detección automática de presencia o de ausencia</b>	$F_{OC}$
Encendido/apagado manual	1,00
Encendido/apagado manual + señal de extinción de barrido automática adicional	0,95
<b>Sistemas con detección automática de presencia y/o de ausencia</b>	$F_{OC}$
Encendido automático/regulación de flujo	0,95
Encendido automático/apagado automático	0,90
Encendido manual/regulación de flujo	0,90
Encendido manual/apagado automático	0,80

Para sistemas sin detección automática de presencia o ausencia la luminaria debería de encenderse y apagarse con un interruptor manual en el local.

Puede también incluirse una señal automática que apague automáticamente la luminaria al menos una vez por día, generalmente por la tarde para evitar el funcionamiento innecesario durante la noche.

Para sistemas con detección automática de presencia y/o ausencia son válidas las siguientes situaciones:

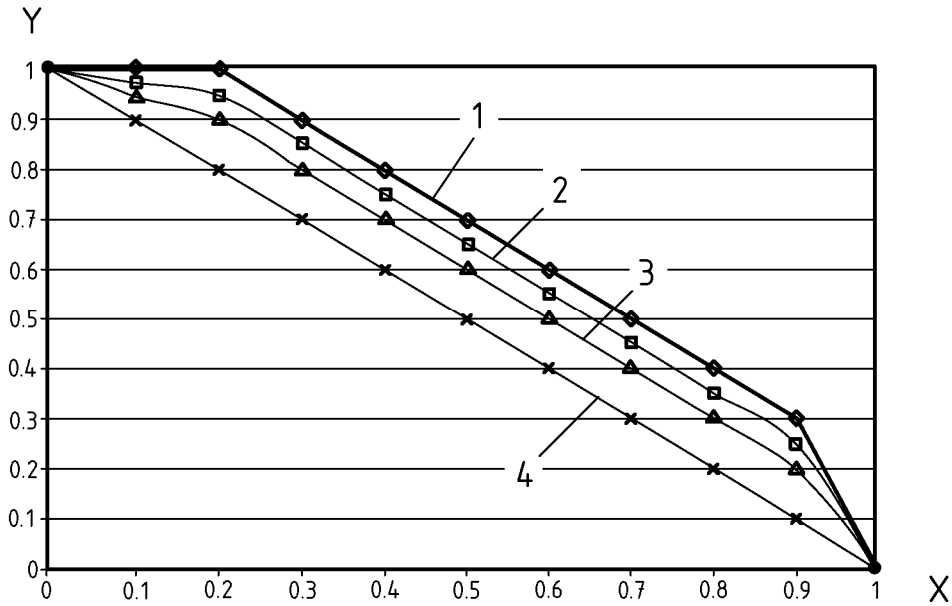
- “Encendido automático/regulación de flujo”: el sistema de control enciende la luminaria o luminarias automáticamente independientemente de que haya presencia en el área iluminada, y automáticamente conmuta a un estado con flujo luminoso reducido (no más del 20% del estado normal) antes de 15 min después de la última presencia en el área iluminada. Además, antes de que hayan transcurrido 15 min después de que se haya detectado la última presencia en la sala, la luminaria o luminarias son automáticas y se apagan completamente;
- “Encendido automático/apagado automático”: el sistema de control enciende la luminaria o luminarias automáticamente independientemente de que haya presencia en el área iluminada, y las apaga automáticamente todas antes de que hayan transcurrido 15 min después de que se haya detectado la última presencia en el área iluminada;
- ”Encendido manual/regulación de flujo”: la luminaria o luminarias solamente se pueden encender por medio de un interruptor manual en el área iluminada por la luminaria o luminarias (o muy cerca de ella), y, si no se apagan manualmente, se conmutan automáticamente a un estado con flujo luminoso reducido (de no más del 20% del estado “encendido normal”) por el sistema de control automático antes de que hayan transcurrido 15 min después de la última presencia en el área iluminada. Además, antes de que hayan transcurrido 15 min después de que se haya detectado la última presencia en el local, la luminaria o luminarias son automática y completamente apagadas.

- d) "Encendido manual/apagado automático": la luminaria o luminarias solamente pueden encenderse por medio de un interruptor manual en el área iluminada por la o las luminarias (o muy cerca de ella), y, si no se apagan manualmente, se apagan automática y completamente por el sistema de control automático antes de que hayan transcurrido 15 min después de que se haya detectado la última presencia en el área iluminada.

**Tabla D.2 – Valores de muestra  $F_A$**

Cálculo total del edificio		Cálculo sala por sala		
Tipo de edificio	$F_A$	Tipo de edificio	Tipo de sala	$F_A$
<b>Oficinas</b>	0,20	<b>Oficinas</b>	Oficina cerrada 1 persona	0,4
			Oficina cerrada 2-6 personas	0,3
			Oficina en planta abierta > 6 personas detectadas/30 m <sup>2</sup>	0
			Oficina en planta abierta > 6 personas detectadas/10 m <sup>2</sup>	0,2
			Corredor (flujo luminoso regulado)	0,4
			Hall de entrada	0
			Sala de demostración/exposición	0,6
			Cuarto de baño	0,9
			Aseos	0,5
			Sala de almacenamiento/armario	0,9
			Sala técnica	0,98
			Cuarto de copias/servidor	0,5
			Sala de conferencias	0,5
Archivos	0,98			
<b>Edificios educativos</b>	0,2	<b>Edificios educativos</b>	Aula	0,25
			Sala para actividades en grupo	0,3
			Corredor (flujo luminoso regulado)	0,6
			Sala común de jóvenes	0,5
			Hall de lectura	0,4
			Sala de personal	0,4
			Gimnasio/sala deportiva	0,3
			Comedor	0,2
			Sala común de profesores	0,4
			Cuarto de copias/servidor	0,4
			Cocina	0,2
			Biblioteca	0,4

Cálculo total del edificio		Cálculo sala por sala		
Tipo de edificio	$F_A$	Tipo de edificio	Tipo de sala	$F_A$
<b>Hospitales</b>	0	<b>Hospitales</b>	Sala/dormitorio	0
			Examen/sala de tratamiento	0,4
			Pre-operatorio	0,4
			Sala de recuperación	0
			Quirófano	0
			Pasillos	0
			Galería/conducto/(flujo luminoso regulado)	0,7
			Área de espera	0
			Hall de entrada	0
			Sala de día	0,2
Laboratorio	0,2			
<b>Fábrica</b>	0	<b>Fábrica</b>	Hall de montaje	0
			Sala de montaje menor	0,2
			Área de almacenamiento en estanterías	0,4
			Área de almacenamiento abierta	0,2
			Sala de pintura	0,2
<b>Hotel y restaurante</b>	0	<b>Hotel y restaurante</b>	Hall de entrada/recepción	0
			Pasillo (flujo luminoso regulado)	0,4
			Habitación de hotel	0,6
			Restaurante/cafetería	0
			Cocina	0
			Sala de conferencias	0,4
			Cocina/dispensa	0,5
<b>Comercio (mayorista y minorista)</b>	0	<b>Comercio (mayorista y minorista)</b>	Área de ventas	0
			Sala de almacenamiento	0,2
			Sala de almacenamiento, almacenamiento en frío	0,6
		<b>Otras áreas</b>	Áreas de espera	0
			Escaleras (flujo luminoso regulado)	0,2
			Teatro y auditorio	0
			Sala de congresos/sala de exposición	0,5
			Museo/sala de exposición	0
			Biblioteca/sala de lectura	0
			Biblioteca/archivo	0,9
			Sala de deportes	0,3
			Oficina de aparcamiento – Privado	0,95
			Aparcamiento – Público	0,8



Leyenda

- ◇ 1
- ⊠ 2
- ▲ 3
- ✕ 4

$X = F_A$

$Y = F_O$

- 1 Encendido/apagado manual
- 2 Encendido/apagado manual + señal de extinción de barrido automática, y encendido automático/regulación de flujo luminoso
- 3 Encendido/apagado automático y encendido manual/regulación de flujo luminoso
- 4 Encendido manual/apagado automático

**Figura D.1 –  $F_O$  como una función de  $F_A$  para los diferentes sistemas de control**

**Tabla D.3 – Valores de  $F_O$  en función de  $F_A$  para los diferentes sistemas de control**

$F_A$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Encendido/apagado manual	1,000	1,000	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,000
Encendido/apagado manual + señal de extinción de barrido automático adicional	1,000	0,975	0,950	0,850	0,750	0,550	0,650	0,450	0,350	0,250	0,000
Encendido automático/regulación de flujo luminoso	1,000	0,975	0,950	0,850	0,750	0,550	0,650	0,450	0,350	0,250	0,000
Encendido/apagado automático	1,000	0,950	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,000
Encendido manual/regulación de flujo luminoso	1,000	0,950	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,000
Encendido manual/apagado automático	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000

NOTA 1 Estos incluyen por ejemplo salas de reuniones clásicas en edificios de oficinas y hoteles, aulas, cines, pubs.

NOTA 2 Con propósitos de programación por ejemplo, esto puede volver a escribirse como una única expresión:

$$F_O = \min. \{1 - [(1 - F_{OC}) \times F_A / 0,2]; (F_{OC} + 0,2 - F_A); [7 - (10 \times F_{OC})] \times (F_A - 1)\} \quad (D.4)$$

NOTA 3 El valor de  $F_O$  puede variar en el rango de 0 a 1. El factor de ausencia corresponde a la fracción del tiempo operativo de referencia ( $t_D + t_N$ ) que un edificio o local no está en uso. (Las horas de sueño se pueden usualmente considerar equivalentes a una ausencia). Cuando el edificio o el local estuvieran permanentemente ocupados durante el tiempo de referencia,  $F_A$  sería 0,0. Como valor límite, si en un edificio o local nunca se entrara,  $F_A$  tendería a 1,0.

NOTA 4 Esta tabla proporciona algunos valores para  $F_{OC}$  como una función del sistema de control de iluminación. Para otros tipos de sistemas de control, pueden determinarse otros valores; esta tabla tiene los extremos abiertos. El “tiempo de apagado” de las luminarias con respecto al tiempo operativo de referencia ( $t_D + t_N$ ) no puede ser nunca mayor de  $F_A$ . (Recuérdese que el “estado apagado” debido a la luz natural no es considerado aquí pero está incluido en  $F_D$ ). Por ello  $F_O$  nunca puede ser mayor de  $1 - F_A$ . Esto implica que  $F_{OC}$  debería ser al menos 0,80.

### D.3 Motivación para la elección de funciones $F_O$

El propósito del uso del factor  $F_O$  es dar una apreciación (rudimentaria) de la eficiencia de energía del sistema de control de iluminación.  $F_O$  depende de 2 factores:

- el tipo de sistema de control;
- el grado de ausencia del local o del edificio

#### El modelo simple (es decir, la forma de las curvas) es puramente empírico

$F_O$  disminuye cuando el local/edificio están cada vez menos ocupados, es decir, cuanto mayor resulta  $F_A$ .

Para valores de  $F_A$  inferiores a 0,2, la pendiente de las curvas es diferente para hacer que todas converjan a  $F_O = 1,0$  para  $F_A = 0,0$ .

Para valores de  $F_A$  entre 0,2 y 0,9, la pendiente de las curvas es idéntica, es decir, todas las curvas son paralelas. En este intervalo la diferencia en  $F_O$  entre sistemas de control es así independiente del nivel de ausencia.

Para valores de  $F_A$  mayores que 0,2, la pendiente de las curvas es diferente para hacer que todas converjan a  $F_O = 0,0$  cuando  $F_O = 1,0$ .



También los valores de  $F_{OC}$  son puramente empíricos.

Se han integrado las siguientes consideraciones cualitativas (basadas en la vigilancia real del sistema) :

- a) complementar encendidos/apagados manuales con una "señal de extinción de barrido automático" impide que las luminarias permanezcan encendidas después de que todos los usuarios hayan dejado el edificio (generalmente de noche). Así estos sistemas dan una mejor apreciación que los sistemas de encendido/apagado puramente manuales;
- b) los sistemas automáticos que permanecen encendidos en estado de flujo luminoso reducido cuando no hay más presencia en el área iluminada, consumen más que los que se apagan completamente, y por tanto tienen unos factores  $F_{OC}$  y  $F_O$  mayores. En edificios con locales grandes (por ejemplo oficinas panorámicas) los usuarios del edificio a menudo protestan por el hecho de que la luz se apaga completamente en otras partes no ocupadas del local. Hay entonces una demanda y aplicación reales para estos tipos de sistemas;
- c) los sistemas que encienden automáticamente, a menudo lo hacen cuando no es necesario. Por ejemplo, cuando una persona entra brevemente en una sala para recoger un artículo olvidado, para distribuir correo, etcétera, el alumbrado artificial es usualmente innecesario, pero el sistema encenderá en cualquier caso. Muchos sensores de presencia detectan también a través de puertas abiertas el movimiento en pasillos de las personas que pasan, cada vez, innecesariamente encienden las luces de la sala, también después de las horas de ocupación estándar (por ejemplo el paso regular del personal de limpieza a través de un hall, unos pocos trabajadores retrasados que se van y se encuentran, ir a la impresora, copiadora, máquina de café o aseos, etc.). Por ello  $F_{OC}$  es más favorable (menor) para sistemas que solamente encienden cuando el usuario lo ordena mediante un interruptor manual. Una ventaja adicional de los sistemas que son encendidos manualmente es que no necesitan detectar la entrada en la sala, sino solamente la salida. El sistema de detección puede por ello ser apagado junto con las luminarias. En muchos casos los periodos "fuera de horas" representan una fracción sustancial del año. Esta configuración constituye por ello un medio principal para reducir el consumo de potencia parásito, aparte de reducir la propia potencia parásita instalada.

NOTA La influencia de la luz natural sobre el comportamiento del encendido, durante el tiempo de ocupación del local, se tiene en cuenta en el factor  $F_D$ .

**ANEXO E (Informativo)****DETERMINACIÓN DEL FACTOR  $F_C$  DE ILUMINACIÓN CONSTANTE****E.1 Introducción**

Todas las instalaciones de iluminación, a partir del instante en el que son instaladas, comienzan a depreciarse y reducir su flujo luminoso. En el diseño del esquema de iluminación la tasa de depreciación es estimada y aplicada en los cálculos, conocida como el Factor de Mantenimiento ( $FM$ ). El Factor de Mantenimiento ( $FM$ ) es la relación entre la iluminancia mantenida y la iluminancia inicial.

Cuando la iluminancia de la tarea es especificada en términos de “iluminancia mantenida” para asegurar la conformidad, el esquema debería de proporcionar una iluminancia inicial mayor en un factor  $1/FM$ . El  $FM$  está formado por múltiples factores tales como  $F_{MLL}$ ,  $MFL$  y  $MFRS$ . Detalles completos de la derivación de  $FM$  pueden encontrarse en la Norma IEC 97.

En instalaciones en las que está previsto un sistema de iluminación de flujo luminoso regulable, es posible controlar automáticamente y reducir el flujo luminoso inicial de la luminaria para proporcionar justo la iluminancia mantenida requerida. Tales esquemas son conocidos como sistemas de “iluminancia constante controlada”. Estos esquemas también se beneficiarán del uso de la energía y de la demanda de potencia reducidos. Cuando el flujo luminoso se deprecia con el tiempo, los controles elevan la potencia de entrada a la luminaria para compensar. Cuando la demanda de potencia iguala a la potencia instalada el sistema de iluminación requiere un mantenimiento tal como limpiar luminarias, cambiar lámparas, limpiar superficies de la sala. La figura E.1 ilustra el impacto de la alimentación de potencia variable para compensar el factor de mantenimiento de depreciación para mantener la iluminancia mantenida constante en un ciclo de mantenimiento.

**E.2 Potencia para factor de iluminancia constante**

La potencia para el factor de iluminancia constante es la relación de la potencia de entrada real en un instante dado a la potencia de entrada instalada inicial a la luminaria.

**E.3 Factor  $F_C$  de iluminancia constante**

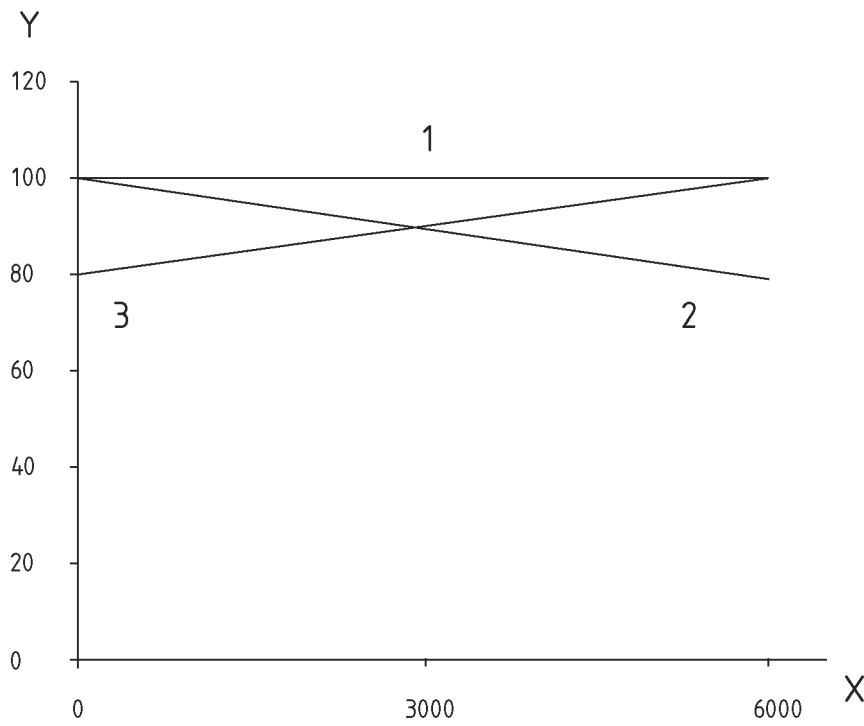
El factor de iluminancia constante es la relación de la potencia de entrada media en un tiempo dado a la potencia de entrada instalada inicial a la luminaria. Normalmente el tiempo es tomado como el período de un ciclo de mantenimiento completo.

Por tanto:

$$F_C = (1 + FM)/2 \quad (E.1)$$

donde

$FM$  es el factor de mantenimiento para el esquema.



Leyenda

- 1 iluminancia
- 2 factor de mantenimiento
- 3 potencia
- X tiempo en uso (horas)
- Y valores relativos en %

**Figura E.1 – Diagrama de iluminancia constante**

ANEXO F (Informativo)

VALORES DE REFERENCIA Y CRITERIOS DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Tabla F.1 – Valor por defecto de referencia

	Clase de calidad	Potencia parásita de emergencia $P_{em}$ kWh/(m <sup>2</sup> × año)	Potencia parásita de control $P_{pc}$ kWh/(m <sup>2</sup> × año)	PN	$t_D$	$t_N$	$F_c$		$F_o$		$F_D$	
				W/m <sup>2</sup>	h	h	iluminancia no constante	iluminancia no constante	Manual	Auto	Manual	Auto
Oficina	*	1	5	15	2 250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9
	**	1	5	20	2 250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9
	***	1	5	25	2 250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9
Educación	*	1	5	15	1 800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8
	**	1	5	20	1 800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8
	***	1	5	25	1 800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8
Hospital	*	1	5	15	3 000	2 000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8
	**	1	5	25	3 000	2 000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8
	***	1	5	35	3 000	2 000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8
Hotel	*	1	5	10	3 000	2 000	1	0,9	0,7	0,7	1	1
	**	1	5	20	3 000	2 000	1	0,9	0,7	0,7	1	1
	***	1	5	30	3 000	2 000	1	0,9	0,7	0,7	1	1
Restaurante	*	1	5	10	1 250	1 250	1	0,9	1	1	1	-
	**	1	5	25	1 250	1 250	1	0,9	1	1	1	-
	***	1	5	35	1 250	1 250	1	0,9	1	1	1	-
Deportes	*	1	5	10	2 000	2 000	1	0,9	1	1	1	0,9
	**	1	5	20	2 000	2 000	1	0,9	1	1	1	0,9
	***	1	5	30	2 000	2 000	1	0,9	1	1	1	0,9
Minorista	*	1	5	15	3 000	2 000	1	0,9	1	1	1	-
	**	1	5	25	3 000	2 000	1	0,9	1	1	1	-
	***	1	5	35	3 000	2 000	1	0,9	1	1	1	-
Fabricación	*	1	5	10	2 500	1 500	1	0,9	1	1	1	0,9
	**	1	5	20	2 500	1 500	1	0,9	1	1	1	0,9
	***	1	5	30	2 500	1 500	1	0,9	1	1	1	0,9

Iluminancia no constante	
LENI	LENI
Valor límite	
Manual	Auto
kWh/(m <sup>2</sup> × año)	
42,1	35,3
54,6	45,5
67,1	55,8
34,9	27,0
44,9	34,4
54,9	41,8
70,6	55,9
115,6	91,1
160,6	126,3
38,1	38,1
72,1	72,1
108,1	108,1
29,6	-
67,1	-
92,1	-
43,7	41,7
83,7	79,7
123,7	117,7
78,1	-
128,1	-
178,1	-
43,7	41,2
83,7	78,7
123,7	116,2

Iluminancia constante	
LENI	LENI
Valor límite	
Manual	Auto
kWh/(m <sup>2</sup> × año)	
38,3	32,2
49,6	41,4
60,8	50,6
31,9	24,8
40,9	31,4
49,9	38,1
63,9	50,7
104,4	82,3
144,9	114,0
34,6	34,6
65,1	65,1
97,6	97,6
27,1	-
60,8	-
83,3	-
39,7	37,9
75,7	72,1
111,7	106,3
70,6	-
115,6	-
160,6	-
39,7	37,5
75,7	71,2
111,7	105,0

La iluminación debería diseñarse e instalarse siguiendo las buenas prácticas de iluminación. Los criterios de diseño de iluminación se dan en las Normas Europeas EN 12464-1 y EN 12193. Ha de considerarse cada uno de los criterios. El diseño de iluminación debería satisfacer los requisitos básicos de iluminación. Para un diseño de iluminación mejorado, para conseguir unas mejores condiciones de confort, bienestar y de aceptación por el usuario, deberían considerarse las siguientes tres clases de diseño de iluminación:

Clase de calidad

- \* satisfacción básica de requisitos
- \*\* buena satisfacción de requisitos
- \*\*\* total conformidad con los requisitos. Los criterios de diseño de iluminación están recogidos en la tabla F.2.

donde

$$LENI = \{F_c \times P_N / 1\,000 \times [(t_D \times F_D \times F_O) + (t_N \times F_O)]\} + 1 + \{5/t_y \times [t_y - (t_D + t_N)]\} \text{ [kWh/(m}^2 \times \text{año)]} \quad (\text{F.1})$$

PN es la carga de densidad de potencia de iluminación instalada en el edificio en W/m<sup>2</sup>

cte es el sistema de control de iluminancia constante

Manual es el sistema de iluminación de control manual

Auto es el sistema de iluminación de control automático

Tabla F.2 – Clase de criterios de diseño de iluminación

	Clase de criterios de diseño de iluminación		
	*	**	***
Iluminancia mantenida en tareas visuales horizontales ( $\bar{E}_m$ horizontal)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Control apropiado de deslumbramiento modesto (UGR)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modo de evitar los efectos de flicker y estroboscópico	✓	✓	✓
Control apropiado de reflectancias de velo y deslumbramiento reflejado		✓	✓
Rendimiento cromático mejorado		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Modo de evitar sombras acentuadas o luz demasiado difusa a fin de proporcionar un buen modelado		✓	✓
Distribución de luminancia apropiada en la sala ( $E_{vertical}$ )		✓	✓
Atención especial recomunicación visual en iluminación de caras ( $E_{cilíndrica}$ )			✓
Atención especial a problemas de salud (Nota)			✓
<p><input checked="" type="checkbox"/>: tiene que cumplir con valores requeridos a partir de las tablas 5.3 en la Norma Europea EN 12464-1:2002.</p> <p>✓: tiene que adaptarse a requisitos descritos verbalmente a partir de la Norma Europea EN 12464-1.</p> <p>NOTA Los problemas de salud pueden requerir incluso iluminancias mucho mayores y por ello <math>W/m^2</math> mayores.</p> <p>La máxima carga de densidad de potencia (<math>PN</math>) conectada a la clase de diseño de iluminación está dada en la tabla F.1 de referencias.</p>			

**ANEXO G (Informativo)**  
**VALORES POR DEFECTO**

**G.1 Los valores por defecto para las horas de funcionamiento anual con relación al tipo de edificio están dados en la tabla G.1**

**Tabla G.1 – Horas de funcionamiento anual por defecto con relación al tipo de edificio**

Tipos de edificio	Horas de funcionamiento anual por defecto		
	$t_D$	$t_N$	$t_O$
Oficinas	2 250	250	2 500
Edificios educativos	1 800	200	2 000
Hospitales	3 000	2 000	5 000
Hoteles	3 000	2 000	5 000
Restaurantes	1 250	1 250	2 500
Instalaciones deportivas	2 000	2 000	4 000
Comercio mayorista y minorista	3 000	2 000	5 000
Industrias de fabricación	2 500	1 500	4 000
NOTA Los valores nacionales pueden reemplazar a estos cuando sea necesario.			

Los valores por defecto de la luz natural para edificios equipados con sistemas de regulación se dan en la tabla G.2.

**Tabla G.2 – Impacto de la luz natural para edificios con controles**

<b>Impacto de la luz natural</b>		
<b>Tipo de edificio</b>	<b>Tipo de control</b>	<b><math>F_D</math></b>
Oficina, instalación deportiva, fabricación	Manual	1,0
	Regulación de flujo con célula fotoeléctrica – con detección de luz natural	0,9
Restaurante, comercio mayorista y minorista	Manual	1,0
Edificios educativos, hospitales	Manual	1,0
	Regulación de flujo con célula fotoeléctrica – con detección de luz natural	0,8
NOTA 1 Se supone que al menos el 60% de la carga de iluminación depende del sistema de control indicado.		
NOTA 2 Los valores nacionales pueden reemplazar a estos cuando sea necesario.		

Los valores por defecto de ocupación para edificios con controles están dados en la tabla G.3.

**Tabla G.3 – Impacto de ocupación para edificios con controles**

<b>Impacto de ocupación</b>		
<b>Tipo de edificio</b>	<b>Tipo de control</b>	<b><math>F_O</math></b>
Oficina	Manual	1,0
Educación	Automático $\geq$ 60% de la carga conectada	0,9
Minorista, fabricación, deportes y restaurantes	Manual	1,0
Hotel	Manual	0,7
Hospital	Manual (algún control automático)	0,8
NOTA 1 Los controles automáticos con detección de presencia deberían ser asignados al menos 1 por local y en grandes áreas al menos por cada 30 m <sup>2</sup> .		
NOTA 2 Los valores nacionales pueden reemplazar a estos cuando sea necesario.		



## ANEXO H (Informativo)

### OTRAS CONSIDERACIONES

#### H.1 Regulación de flujo luminoso individual

Pueden obtenerse ahorros adicionales de energía cuando se usa un sistema de iluminación localizada con regulación de flujo luminoso individual en el lugar de trabajo.

La regulación de flujo individual puede también mejorar el confort de iluminación en los lugares de trabajo cuando la iluminación puede ser ajustada a las necesidades individuales y a una distribución de luminancias preferida. Pueden conseguirse ahorros de energía de entre 0 y 40%.

#### H.2 Iluminación algorítmica

La profesión de iluminación ha reconocido la importancia de diseñar instalaciones de iluminación para tener en cuenta efectos biológicos no visuales y esto está relacionado con la regulación de ciertas hormonas en el cuerpo humano. Ha de esperarse que una futura revisión de la Norma Europea EN 12464-1 incorporará los aspectos de los efectos biológicos no visuales del alumbrado artificial.

Para optimizar los efectos biológicos mediante el alumbrado, son necesarios mayores niveles de iluminación que los requeridos para los efectos visuales puros durante parte del día (especialmente por la mañana y a primeras horas de la tarde). Estos mayores niveles de iluminación pueden ser limitados considerablemente si se usa luz de color blanco frío (temperatura de color de unos 6 000 K). En momentos en los que se requiere menor iluminación con efectos biológicos el alumbrado puede ser de color más cálido y reducirse gradualmente al nivel mínimo requerido para los propósitos de visión pura solamente. El cambio automático de nivel de alumbrado, de dirección y de temperatura de color en el curso del día es llamado "iluminación algorítmica". Para cambiar la temperatura de color, estas instalaciones usan diferentes fuentes de luz coloreada o fuentes de luz con diferente temperatura de color en una luminaria. Las fuentes de luz son también reguladas en flujo luminoso en proporciones para obtener diferentes niveles de alumbrado y temperaturas de color.

Generalmente, para una instalación de iluminación algorítmica, la carga de alumbrado instalada será mayor que la de un sistema de iluminación no algorítmico. Sin embargo, esta iluminación no es usualmente usada en su máxima demanda durante largos períodos. La potencia real usada está probablemente en el intervalo del 30% al 70% de la carga instalada dependiendo del esquema.

#### H.3 Tubos luminosos

Pueden obtenerse ahorros adicionales de energía cuando se utilizan tubos de luz natural (o sistemas de guiado tubulares para luz natural). Los tubos luminosos permiten que la luz natural sea dirigida a través de la mayor parte de obstáculos en los áticos del mismo modo que pueden proporcionar luz natural a través de una o más cortinas a áreas oscuras de un edificio, donde la luz procedente de los sistemas de fachada o claraboya tradicionales no puede llegar.

Los tubos luminosos son básicamente un tubo metálico o de plástico que entrega luz natural procedente del tejado al edificio. El tubo luminoso típico incluye:

- 1) una cúpula de plástico o marco de ventana acristalada montada en el tejado que captura la luz del sol;
- 2) un tubo reflectante que se extiende desde la cúpula al techo interior, y
- 3) un difusor montado en el techo que dispersa o distribuye la luz en el local.

Hay varios sistemas disponibles: bien con tubos reflectantes flexibles o con tubos reflectantes rígidos.

#### H.4 Instalaciones de iluminación con ajuste de escenas

Algunas veces las actividades en el local varían en el curso del día y la iluminación necesita adaptarse a las diferentes actividades. Este puede ser por ejemplo el caso en salas de conferencia y reuniones donde las actividades pueden variar desde la presentación de transparencias en la pantalla, discusiones entre participantes a la lectura y escritura y trabajo con ordenadores personales individuales. En una oficina las actividades pueden variar por ejemplo desde la lectura y escritura, el trabajo con ordenadores personales, la utilización de puestos de trabajo de CAD (diseño asistido por ordenador) y conversaciones con colegas o visitantes. Si para cada una de estas diferentes actividades, puede ser encendido un alumbrado específico (a menudo controlado a distancia), se habla de “ajuste de escenas”. Típicamente para el ajuste de escenas, nunca se usan diferentes ajustes en el mismo momento, así la potencia total instalada no se usa nunca. Para calcular la potencia real usada en el curso del día o del año ha de predecirse el uso promedio de cada ajuste diferente correspondiente a cada actividad específica:

$$W_{\text{real}} = \sum \left( \frac{t_{\text{ajuste } 1}}{t_s} \times W_{\text{ajuste } 1} \right) + \left( \frac{t_{\text{ajuste } 2}}{t_s} \times W_{\text{ajuste } 2} \right) \quad [\text{W}] \quad (\text{H.1})$$

$$t_s = t_{\text{ajuste } 1} + t_{\text{ajuste } 2} + \dots \quad [\text{h}] \quad (\text{H.2})$$

donde

$t_s$  es el tiempo total operativo del ajuste de escena [h];

$t_{\text{ajuste}}$  es el ajuste considerado en uso;

$W_{\text{ajuste}}$  es la potencia total de todas las luminarias que forman parte del ajuste considerado [W].

#### H.5 Guiado de luz natural

##### H.5.1 Fachadas verticales

Áreas más profundas de espacios iluminados lateralmente padecen a menudo una aportación de luz natural insuficiente, aumentando la necesidad del uso costoso del alumbrado artificial y eventualmente cargas de refrigeración crecientes por las ganancias de calor interior adicionales debidas al alumbrado artificial. Además, los sistemas de oscurecimiento tradicionales reducen a menudo la luz entrante hasta el punto de que se requiere alumbrado artificial, aunque la aportación de luz exterior sea total. Aquí los sistemas de guiado de luz natural representan una opción de diseño importante para obtener ahorros de energía adicionales. En la actualidad están disponibles diversas soluciones técnicas.

Para condiciones climatológicas centroeuropeas, una estrategia robusta usa la cuarta parte o la tercera parte superior de los elementos de fachada transparentes para volver a dirigir la luz natural directa a través del techo a áreas más profundas del espacio considerado – mientras al mismo tiempo se evitan problemas de deslumbramiento en las áreas de tarea. Esta solución proporciona, en la mayor parte de los casos, el beneficio de introducir suficiente luz natural adicional al espacio al mismo tiempo que se limita todavía la penetración de cantidades adicionales de radiación solar (riesgo de sobrecalentamiento en verano). Hay disponibles diversos sistemas de persianas venecianas, de las que la parte superior puede inclinarse por separado y sistemas de laminillas para interiores con revestimientos de elevada reflectancia, así como vidrios de nuevo direccionamiento de la luz especialmente diseñados también. Aparte de guiar la luz directa al espacio, otros sistemas trabajan rechazando la luz solar directa desde la fachada al tiempo que permiten aún que entren suficientes cantidades de luz natural difusa en el espacio. Las laminillas pueden accionarse en un denominado “modo desenfilado”, es decir simplemente bloqueando la incidencia de la luz solar directa al espacio. Sistemas con elementos prismáticos emplean principios de refracción de la luz. Para muchos de los sistemas, han de considerarse controles adicionales para posicionar los componentes ópticamente efectivos (por ejemplo laminillas o prismas). El diseño de tales sistemas tiene también que tener en cuenta que están relacionados con la orientación y la obstrucción de la fachada. Estantes de luz estáticos son soluciones alternativas efectivas en algunos climas europeos. Los sistemas que trabajan sobre la concentración y el guiado de luz difusa han sido desarrollados fotométricamente pero no han sido aún empleados a gran escala.

### H.5.2 Claraboyas

En el caso de las claraboyas el guiado de la luz natural ha mostrado tener menor importancia, ya que estos sistemas iluminan generalmente los espacios de modo más uniforme. Sin embargo micropaneles especiales diseñados pueden proporcionar una funcionalidad de oscurecimiento solar efectivo al mismo tiempo que dejan que grandes partes de luz difusa del cielo entre en el espacio.

Ejemplos de soluciones de claraboyas están ilustrados en la figura H.1.

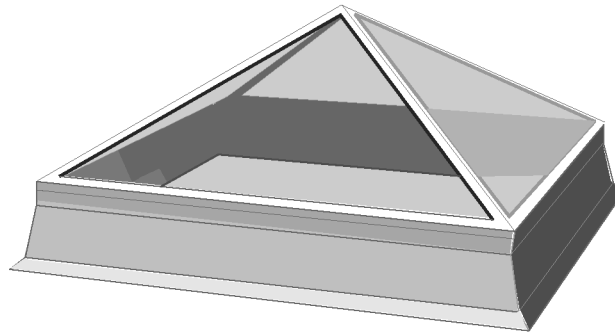


Figura H.1 a) Pirámide de vidrio

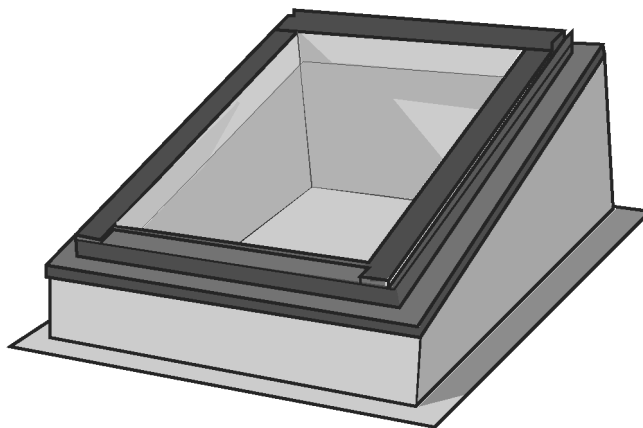


Figura H.1 b) Ventana de vidrio de tejado

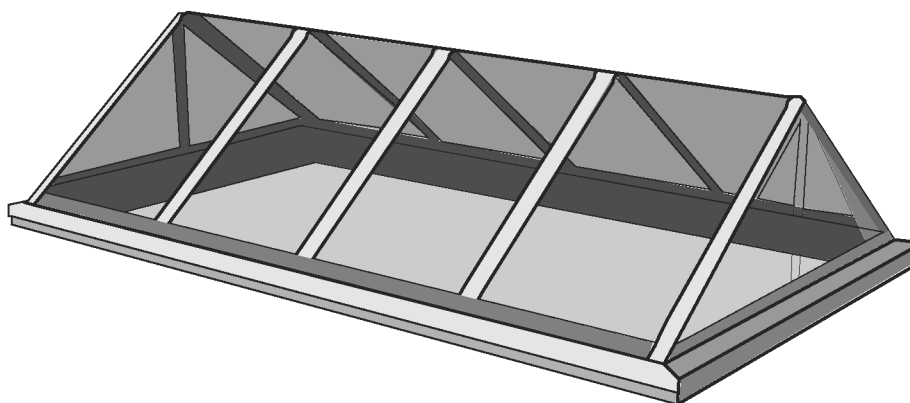
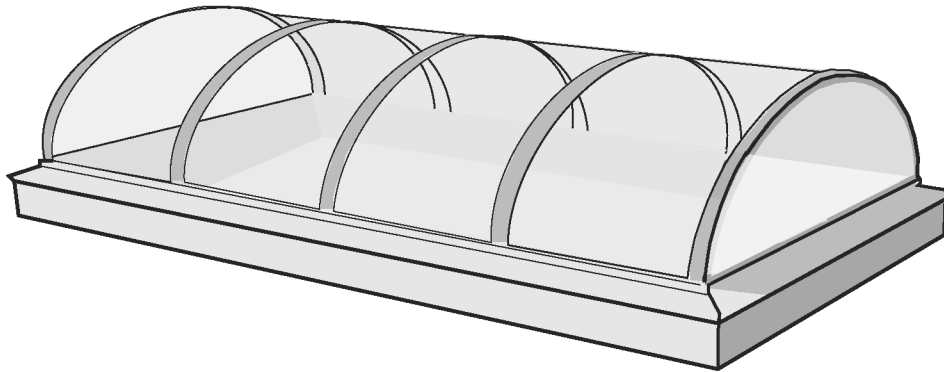
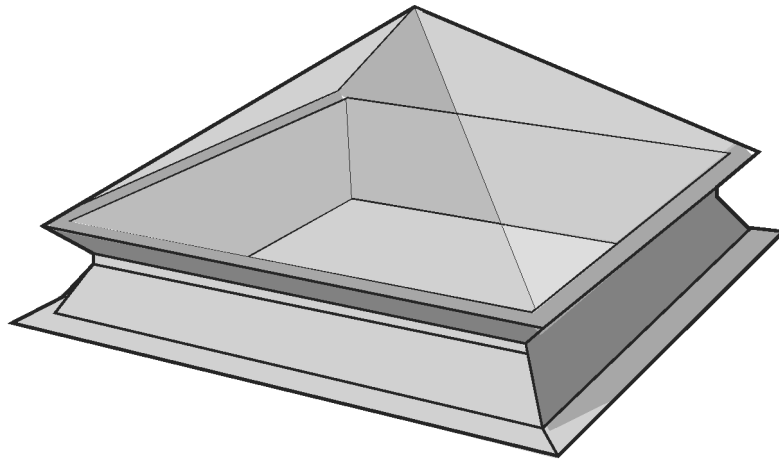


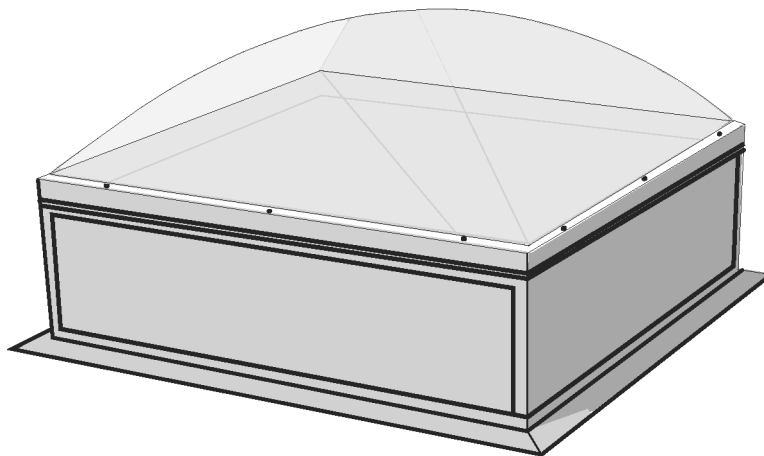
Figura H.1 c) Caballete de vidrio



**Figura H.1 d) Caballete de policarbonato**



**Figura H.1 e) Pirámide de policarbonato**



**Figura H.1 f) Cúpula de policarbonato**

**Figura H.1 – Ejemplos de claraboyas**

## ANEXO I (Informativo)

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$	Área de suelo total útil del edificio [m <sup>2</sup> ]
$a_D$	Profundidad de la zona de luz natural [m]
$A_D$	Área total de plano de trabajo horizontal que se beneficia de la luz natural [m <sup>2</sup> ]
$A_C$	Área de la abertura de fachada (abertura de entramado) del espacio considerado [m <sup>2</sup> ]
$A_{Fs}$	Área de entrada de luz de claraboya [m <sup>2</sup> ]
$A_{D,j}$	Subárea del plano horizontal que se beneficia de luz natural [m <sup>2</sup> ]
$A_{RG}$	Área de espacio considerado [m <sup>2</sup> ]
$A_{Rb}$	Área de las aberturas de la claraboya [área de abertura del entramado] [m <sup>2</sup> ]
$a_D$	Profundidad de la zona de luz natural [m]
$a_{Dj}$	Profundidad máxima del local [m]
$a_{D,máx.}$	Profundidad máxima de área de luz natural [m]
$b_D$	Anchura del área de luz natural [m]
$b_{R,j}$	Anchura del local [m]
$c_{D,S,i}$	Factor de redistribución para el mes específico
$D$	Factor de luz natural para zona [%]
$D_C$	Factor de luz natural para abertura de fachada de entramado [%]
$D_{ext}$	Factor de luz natural exterior [%]
$\bar{D}_j$	Clasificación de la aportación de luz diurna en función del factor de luz natural
$\bar{E}_m$	Iluminancia media mantenida [lux]
$E_F$	Iluminancia sobre la superficie exterior de la luz del cielo para condiciones de cielo cubierto [lux]
$E_{ext}$	Iluminancia exterior horizontal en condiciones de cielo cubierto [lux]
$F_A$	Factor de ausencia
$F_c$	Factor de iluminancia constante
$F_{D,j}$	Superficies dentro del espacio de cálculo que no reciben luz natural
$F_D$	Factor de dependencia de luz natural
$F_{D,n}$	Factor de dependencia de luz natural en local o zona
$F_{D,C,n}$	Factor de control del alumbrado eléctrico dependiente de la luz natural en la zona n
$F_{DS}$	Factor de aportación de luz natural
$F_{D,S,n}$	Factor de aportación de luz natural en zona n
$F_{S,n}$	Factor de aportación de luz natural para claraboyas
$F_O$	Factor de dependencia de ocupación
$F_{OC}$	Factor de sistema de control de iluminación dependiente de la ocupación
$F_{o,n}$	Factor de dependencia de ocupación en zona n
$h_{At}$	Altura de atrio o patio [m]

$h_{Li}$	Altura de dintel sobre el suelo [m]
$h_{Ta}$	Altura de área de tarea (plano de trabajo) sobre el suelo [m]
$h_R$	Altura de local libre (para cálculo con claraboya) [m]
$I_{At}$	Longitud de atrio o patio [m]
$I_{De}$	Índice de profundidad
$I_O$	Índice de obstrucción, factor de corrección para obstrucción
$I_{O,CA}$	Factor de corrección, patio y atrio
$I_{O,OB}$	Factor lineal de corrección, obstrucción opuesta
$I_{O,GDF}$	Factor de corrección para fachadas con doble acristalamiento
$I_{O,OV}$	Factor de corrección de voladizo
$I_{O,VF}$	Factor de corrección para aletas verticales
$I_T$	Índice de transparencia
$k$	Índice de local
$k_1$	Factor que tiene en cuenta el marco o sistema de ventanas
$k_2$	Factor que tiene en cuenta la suciedad en el acristalamiento
$k_3$	Factor que tiene en cuenta la incidencia de luz no normal sobre la fachada
$k_{AT,1}$	Factor que tiene en cuenta los marcos o tejado del atrio
$k_{AT,2}$	Factor que tiene en cuenta la suciedad en el tejado del atrio
$k_{AT,3}$	Factor que tiene en cuenta la incidencia de luz no normal sobre el tejado del atrio
$k_{GDF,1}$	Factor que tiene en cuenta los marcos de la fachada con doble acristalamiento
$k_{GDF,2}$	Factor que tiene en cuenta la suciedad de la fachada de doble acristalamiento
$k_{GDF,3}$	Factor que tiene en cuenta la incidencia de luz no normal sobre la fachada con doble acristalamiento [0,85 en general suficiente]
$k_{OBI,1}$	Factor para considerar el marco (claraboya)
$k_{OBI,2}$	Factor que considera la suciedad (claraboya)
$k_{OBI,3}$	Factor que considera la incidencia de luz no perpendicular (usualmente 0,85) (claraboya)
$LENI$	Indicador numérico de energía para iluminación [ $\text{kWh/m}^2 \times \text{año}$ ]
$FMLL$	Factor de mantenimiento de lúmenes de la lámpara
$FSL$	Factor de supervivencia de lámparas
$FML$	Factor de mantenimiento de luminaria
$FM$	Factor de mantenimiento
$MFRS$	Factor de mantenimiento de superficie local
$\eta_R$	Factor de utilización para claraboyas [%]
$n$	Número de locales o zonas en el edificio
$P_i$	Potencia de la luminaria [W]
$P_n$	Potencia de iluminación total instalada en el local o zona [W]
$P_N$	La densidad de potencia instalada requerida para el alumbrado eléctrico en el edificio [ $\text{W/m}^2$ ]

$P_{ci}$	Potencia parásita para los controles sólo durante estado estacionario (el tiempo con las lámparas apagadas) [W]
$P_{ei}$	Potencia parásita para la carga solamente de las luminarias de alumbrado de emergencia [W]
$P_{pi}$	Potencia parásita de la luminaria [W]
$P_{pc}$	Potencia parásita total instalada de los controles en un local o zona [W]
$P_{pn}$	Potencia de iluminación total instalada en un local o zona [W]
$P_{em}$	Potencia de carga de entrada total instalada de las luminarias de alumbrado de emergencia en el local o zona [W]
$\tau$	Transmitancia hemisférica directa de las ventanas
$\tau_{At}$	Transmitancia luminosa del acristalamiento del atrio
$\tau_{GDF}$	Transmitancia luminosa de la fachada de doble acristalamiento
$\tau_{D65}$	Transmitancia luminosa del acristalamiento de tejado dispersivo
$g$	Transmitancia global del acristalamiento del tejado
$U$	Transmitancia térmica del acristalamiento del tejado [W/[m <sup>2</sup> × K]]
$t$	Tiempo de funcionamiento [h]
$t_D$	Uso de tiempo de luz natural [h]
$t_e$	Tiempo de carga del alumbrado de emergencia [h]
$t_N$	Tiempo de uso sin luz natural [h]
$t_o$	Tiempo anual de funcionamiento [h]
$t_p$	Tiempo de funcionamiento de la potencia parásita [h]
$t_s$	Tiempo de funcionamiento de ajuste de escenas [h]
$t_y$	Tiempo estándar anual [h] [8 760 h]
$w_{At}$	Anchura del atrio o patio [m]
$w_{i,d}$	Índice de profundidad de pozo
$W$	Energía total anual usada para iluminación [kWh/año]
$W_t$	Energía total usada para iluminación [kWh]
$W_{L,t}$	Consumo de energía usada para iluminación [kWh]
$W_L$	Energía anual usada para iluminación [kWh/año]
$W_p$	Energía parásita anual usada [kWh/año]
$W_{p,t}$	Consumo de energía parásita de luminaria [kWh]
$W_{ajuste}$	Potencia de entrada total de todas las luminarias que forman parte del ajuste considerado [W]
$\gamma_{lugar}$	Ángulo de latitud de situación del edificio [°]
$\gamma_w$	Ángulo de pendiente con relación a la horizontal del marco macizo de la claraboya [°]
$\gamma_F$	Ángulo de pendiente con relación a la horizontal de la claraboya acristalada [°]
$\gamma_{O,OB}$	Ángulo de obstrucción con relación a la horizontal [°]
$\gamma_{O,VF}$	Ángulo de aleta vertical [°]

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] EN 13032-1:2004 *Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias. Parte 1: Medición y formato de fichero.*
- [2] GIL 65, Action Energy *Building Energy Metering (a guide to energy sub-metering in non-domestic buildings)*
- [3] CIE 158:2004 *Ocular lighting effects on human physiology and behaviour*
- [4] CIE 17.4 *International lighting vocabulary – Lighting*
- [5] EN 12665 *Iluminación. Términos básicos y criterios para la especificación de los requisitos de alumbrado.*
- [6] CIE 97:2005 *Maintenance of indoor electric lighting systems*
- [7] CIE SO11:2004 *Standard method of assessing the spectral quality of daylight simulators for visual appraisal and measurement of colour*
- [8] Chartered Institution of Building Services Engineers. 'Daylighting and window design' Lighting Guide 10, London, CIBSE, 1999.
- [9] Bell J and Burt W 'Designing buildings for daylight' BRE report. Garston, CRC, 1995.
- [10] Littlefair P J and Aizlewood M, 'Daylight in atrium buildings' BRE information paper IP3/98, CRC, Garston, 1998.
- [11] Littlefair P J, 'Site layout planning for daylight and sunlight; a guide to good practice' BRE report, CRC, Garston, 1992.
- [12] Littlefair P J, 'Selecting lighting controls' BRE Digest 498, 2006.
- [13] Littlefair P J. 'Daylighting design for display screen equipment'. BRE Information Paper IP10/95. Garston, CRC, 1995.
- [14] Littlefair P J 'Photoelectric control of lighting, design, setup and installation aspects' Building Research Establishment Information Paper IP2/99. Garston, CRC, 1999.
- [15] Littlefair P J. 'Designing with innovative daylighting'. BRE Report BR 305. Garston, CRC, 1996.
- [16] M Fontoynt (ed) 'Daylight performance of buildings' James and James, London, 1998.
- [17] Littlefair P J, 'Average daylight factor: a simple basis for daylight design' Building Research Establishment Information Paper 15/88. (Garston, BRE, 1988).
- [18] Tregenza, P R 'Mean daylight illuminance in rooms facing sunlit streets' Bldg & Environ 30 (1) 83-89, 1995.
- [19] Baker N, Fanchiotti A and Steemers K (eds) 'Daylighting in architecture' James & James, London, 1993.
- [20] BRECSU for Department of the Environment 'Electric lighting controls – a guide for designers, installers and users' Good Practice Guide 160, BRECSU, Garston, 1997.
- [21] Hunt D R G, 'The use of artificial lighting in relation to daylight levels and occupancy' Bldg & Environ 14 (1) 21-33, 1979.



- [22] Hunt D R G. *'Predicting lighting use - a method based upon observed patterns of behaviour* Ltg Res & Technol **12** (1) 7-14, 1980.
- [23] Littlefair PJ (1990), *'Predicting annual lighting use in daylight buildings'* Building and Environment **25** (1) 43-54.
- [24] Lynes JA and Littlefair PJ (1990), *'Lighting energy savings from daylight: estimation at the sketch design stage'* Lighting Research and Technology **22** (3) 129-137.
- [25] David, R.; de Boer, J.; Erhorn, H.; Reiß, J.; Rouvel, R; Schiller, H.; Weiß, N.; Wenning, M.: *Heizen, Kühlen, Belüften und Beleuchten, Bilanzierungsgrundlagen zur DIN V 18599*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (2006).
- [26] de Boer, J.; Erhorn, H.: *Ein einfaches Modell zur Klassifizierung der Tageslichtversorgung von Innenräumen mit vertikalen Fassaden*. gi Gesundheitsingenieur 125, H. 6, S. 281-295.
- [27] de Boer, J.; Cornelius, W.; Wössner, S.: *Ein einfaches Modell zur Ermittlung des Endenergiebedarfs für Beleuchtungszwecke in Räumen mit Dachoberlichtern*. gi Gesundheitsingenieur 126, H. 3, S. 113-123.

---

---

# AENOR

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32