

GUÍAS

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación

HOSPITALES Y CENTROS DE ATENCIÓN PRIMARIA



www.idae.es



www.ceisp.com





GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

HOSPITALES Y CENTROS DE ATENCIÓN PRIMARIA



GUIA IDAE 011: *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Hospitales y Centros de Atención Primaria*

Madrid, abril 2020

Publicación provisional pendiente de NIPO

Esta guía, que es una actualización de la publicada en el año 2001, tiene como objeto establecer una serie de pautas y recomendaciones en la selección de los sistemas de iluminación, luminarias, lámparas, equipos y sistemas de control, así como los criterios básicos de diseño y redacción de las especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación en hospitales y centros de atención primaria.

Esta publicación es fruto del convenio de colaboración firmado entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de la Iluminación (CEI) para la redacción de cuatro publicaciones, al objeto de contribuir a la difusión de técnicas y componentes para la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de iluminación, proponiendo para ello, a nuestro más justo criterio, soluciones avanzadas, de los mercados nacional e internacional, y mostrando aplicaciones relevantes a la actividad a la que cada publicación se dedica.

Esta publicación ha sido editada por el IDAE en formato digital. Se permite la reproducción, parcial o total, de la presente publicación, siempre y cuando se cite la fuente:

IDAE

Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía

Autores: IDAE y CEI

Coordinación y revisión: Departamento de Servicios y Agricultura del IDAE

Edita: IDAE

Diseño e ilustraciones: Departamento de Comunicación del IDAE

Maquetación: Composiciones RALI S.A.

ÍNDICE

1. Introducción.....	9
2. Objeto.....	11
3. Campo de aplicación.....	13
4. Clasificación de actividades	15
4.1. Actividad visual y espacios	15
4.2. Espacios de representación.	16
4.3. Actividades especiales	16
4.4. Valoración del tiempo anual de actividad	16
5. Criterios de calidad y diseño.....	19
5.1. Iluminancia y uniformidad	19
5.2. Control del deslumbramiento	21
5.3. Modelado.....	26
5.4. Color	27
5.5. Ergonomía del puesto de trabajo.....	32
5.6. El alumbrado en relación con el deslumbramiento, la seguridad y el confort	37
6. Fuentes de luz.....	41
6.1. Generación de luz artificial.....	41
6.1.1. Generación térmica o incandescencia.....	41
6.1.2. Generación mediante descarga en gas	43
6.1.3. Dispositivos en estado sólido como emisores de energía luminosa	43
6.2. Características de las fuentes de luz	44
6.2.1. La Apariencia de color.....	44
6.2.2. Índice de reproducción de color (Ra)	45
6.2.3. Vida de las fuentes de luz.....	46
6.2.4. Flujo luminoso	46
6.2.5. Intensidad luminosa	47

6.2.6. Eficacia luminosa	47
6.2.7. Etiquetado energético de las fuentes de luz	47
6.3. Familias de fuentes de luz	48
6.3.1. Fuentes de luz incandescentes	49
6.3.2. Fuentes de luz de descarga en gas. Parte I (sodio, mercurio y halogenuros metálicos) .	51
6.3.3. Fuentes de luz de descarga en gas. Parte II (fluorescencia e inducción)	56
6.3.4. Familias de dispositivos en estado sólido emisores de luz (LED y OLED)	60
6.4. Equipos eléctricos auxiliares	70
6.4.1. Equipos asociados a fuentes de luz incandescente halógena de bajo voltaje	70
6.4.2. Equipos auxiliares para lámparas de descarga	70
6.4.3. Equipos auxiliares electrónicos asociados a fuentes de luz en estado sólido (drivers) ...	80
7. Tipología de sistemas y elementos de iluminación	81
7.1. Sistemas de alumbrado	81
7.2. Tipos de fuentes luminosas recomendadas	83
7.3. Tipos de equipos auxiliares recomendados	85
7.3.1. Balastos ver capítulo «Fuentes de luz»	85
7.3.2. Arrancadores y 6.3.3 Condensadores «Fuentes de luz»	86
7.4. Tipos de luminarias recomendadas	86
7.4.1. Distribución de la fotométrica de la luminaria	87
7.4.2. Rendimiento de la luminaria	89
7.4.3. Sistemas de montaje	90
7.4.4. Grado de protección (IP XX)	91
7.4.5. Clase eléctrica	91
7.4.6. Cumplimiento de la normativa que se les aplica	91
7.4.7. Tipos de luminarias disponibles	91
7.5. Tipos de sistemas de regulación y control	91
7.6. Tratamiento de la iluminación decorativa	92
8. Parámetros de iluminación recomendados.	97
8.1. Iluminación de unidades de hospitalización o habitaciones de pacientes	97
8.2. Iluminación de salas de reconocimiento y tratamiento	105
8.3. Iluminación de quirófanos	110
8.4. Iluminación de unidades de cuidados intensivos, UVI/UCI	112
8.5. Iluminación de salas de rehabilitación y terapia	114
8.6. Iluminación de áreas de servicios	114
8.6.1. Iluminación de laboratorios y dispensarios	115
8.6.2. Iluminación de cocinas	116
8.6.3. Iluminación de almacenes	116
8.6.4. Iluminación de comedores y cafeterías	117
8.6.5. Iluminación de oficinas y despachos	117

8.6.6. Iluminación de áreas de espera y paso	118
8.7. Iluminación de servicios de urgencias.....	118
8.8. Iluminación de consultas externas	119
8.9. Iluminación de accesos exteriores	119
9. Eficiencia de los sistemas de iluminación	121
9.1. Eficacia de las fuentes de luz recomendada	121
9.2. Rendimiento de luminarias recomendado.....	121
9.3. Consumo propio de equipos recomendado	123
9.4. Factores de reflexión recomendados.....	123
9.5. Coeficiente de utilización mínimo	123
10. Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética.	125
10.1. Maniobra y selectividad de la instalación	126
10.2. Sistemas de regulación y control	126
10.2.1. Control de presencia	127
10.2.2. Luz natural	128
10.3. Mantenimiento	132
10.4. Gestor energético	138
11. Índice de eficiencia energética. CTE-HE3.....	141
11.1. Impacto de la iluminación en el consumo energético global.....	141
11.2. Importancia del ahorro energético en iluminación	143
11.3. Eficiencia energética de una instalación de iluminación	145
11.4. Ciclo de vida de una instalación de iluminación	147
11.5. CTE-HE3: exigencias energéticas en una instalación de iluminación	147
11.5.1. Ámbito de aplicación	147
11.6. Caracterización y cuantificación de las exigencias	148
11.6.1. Valor de la eficiencia energética de la instalación	148
11.6.2. Potencia instalada en el edificio	150
11.6.3. Sistemas de control y regulación	150
11.7. Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia	153
11.7.1. Procedimiento de verificación	153
11.7.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia	154
11.8. Cálculos	154
11.8.1. Datos previos.....	154
11.8.2. Método de cálculo	155
11.9. Mantenimiento y conservación.....	156

11.10. Caso práctico.....	157
11.10.1. Descripción general del edificio.....	157
11.10.2. Instalación de iluminación	158
12. Procedimiento para realización de un proyecto energéticamente eficiente.....	163
13. Casos prácticos de proyectos de iluminación.....	165
14. Normativas y recomendaciones	189
Anexo 1.....	193
15. Glosario de definiciones técnicas	197
16. Bibliografía y webs de interés.....	203

1 Introducción

La luz es una necesidad humana elemental y una buena luz, por tanto, es esencial para el bienestar y la salud.

La iluminación en hospitales, salas de consulta, etc., debe servir a dos objetivos fundamentales: garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a una atmósfera en la que el paciente se sienta cómodo. Todo esto garantizando la máxima eficiencia energética posible.

Los servicios relacionados con la salud están sufriendo cambios estructurales muy importantes. Por un lado, los centros hospitalarios son espacios para el servicio social con importantes requerimientos de confort y, sobre todo, de prestación de las últimas técnicas médicas. Sin embargo, por otro lado, un centro hospitalario es también un centro de servicios en el campo de la salud, que se debe regir por las reglas de la economía con respecto a la calidad y coste de sus servicios.

Como punto importante, cabe destacar que, además de la iluminación, es de especial interés el énfasis que se está dando a las «unidades de servicios médicos», las cuales son usadas en hospitales, centros de rehabilitación y geriátricos. Estas unidades son complejos técnicos proveedores de los servicios de potencia, comunicación, gases medicinales e iluminación. La integración de la iluminación con estos otros servicios confiere a los proyectos de iluminación unas características complejas de diseño, de prestaciones técnicas, y de cumplimientos de regulaciones y normativas muy específicas, que pocas veces se dan en otro tipo de instalaciones.

La adecuada iluminación puede influir en el estado de ánimo de las personas, y, por tanto, combinada con otros elementos, contribuir significativamente al proceso de recuperación del enfermo creando entornos más hogareños (ambientes cálidos, iluminación por zonas, control de la iluminación por el enfermo, y materiales más confortables), y conseguir reducir significativamente los tiempos de recuperación, contribuyendo de una forma efectiva al bienestar del paciente. Todo esto utilizando las tecnologías disponibles, y primando siempre la eficiencia de las instalaciones.

El ahorro de energía también es una prioridad, tanto por la necesidad de reducir costes en la explotación de los centros como por la aportación que esta reducción de la carga energética hace a la conservación del medio ambiente. Los centros hospitalarios son espacios de uso público, de difícil control de los hábitos de los usuarios, y de uso muy continuado. Estas características hacen que, en este tipo de edificios, la utilización de tecnologías destinadas a garantizar un control de las cargas energéticas, y por tanto de sus costes, independientemente del tipo de uso, sea más importante que en otro tipo de sectores.

Las nuevas técnicas y equipos de iluminación, mucho más eficaces, proveen al proyectista en iluminación la oportunidad de acometer con éxito el compromiso entre los requerimientos de

confort para el paciente y de prestación visual para el profesional, y el necesario control sobre el incremento de los costes energéticos.

La sociedad europea requiere, cada vez más, asistencia sanitaria de mayor calidad y más amplia. Además, se alarga su esperanza de vida, motivo por el que hay una demanda superior de servicios geriátricos y hospitalarios. Esto supone un mayor peso específico de los centros relacionados con la salud en el reparto de los consumos de energía en iluminación, y, por tanto, un potencial de ahorro importante.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, podemos destacar que, aunque el peso específico de la iluminación respecto al consumo total de energía de un hospital o centro de asistencia primaria varía, está entre un 20% y un 30%.

Pero lo más destacado del sector de la iluminación en los hospitales y centros de asistencia primaria, es que se estima que tiene un potencial de ahorro del 30%, lo que supondría reducir sustancialmente las emisiones de CO₂.

Por tanto, es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y fuente de luz de alta relación lumen/vatio, unida al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética.



2 Objeto

El objeto de esta guía técnica es establecer una serie de pautas y recomendaciones para ayudar a los técnicos responsables de proyectar o redactar especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación de hospitales y otros centros relacionados con la salud en su tarea de establecer los criterios de calidad a satisfacer en las mismas, seleccionando los sistemas de iluminación, luminarias, fuente de luz, equipos auxiliares de encendido y sistemas de regulación y control, así como los criterios básicos de diseño de dichas instalaciones, con la finalidad de:

- ✓ Cumplir con las recomendaciones de calidad y confort visual.
- ✓ Crear ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones.
- ✓ Racionalizar el uso de la energía con instalaciones de la mayor eficiencia energética posible.

Para ello se pretende establecer un procedimiento a seguir por el técnico, en las fases de diseño, cálculo, selección de equipos y estudio energético y económico de alternativas, así como para los aspectos de mantenimiento y explotación de la instalación, desde el punto de vista de la eficiencia y el ahorro energético.

3 Campo de aplicación

El ámbito de esta guía técnica lo constituyen todos aquellos locales, edificios o conjunto de edificios, de carácter multidisciplinario, donde se realizan variadas actividades de carácter médico o paramédico propias de la función asistencial y/o hospitalaria.

Estos edificios pueden ser:

- ✓ Hospitales generales, comarcales o universitarios.
- ✓ Hospitales de especialidades, geriátricos o terminales.
- ✓ Centros de salud y ambulatorios.
- ✓ Mutuas y centros de rehabilitación.
- ✓ Residencias de ancianos.
- ✓ Clínicas y policlínicas.
- ✓ Enfermerías y botiquines.
- ✓ Consultorios médicos.
- ✓ Farmacias.

El ámbito hospitalario se considera en toda su amplitud, comprendiendo tanto las áreas propias de las diferentes disciplinas médicas⁽¹⁾ como las de todas las actividades de hospitalización⁽²⁾ y auxiliares⁽³⁾ necesarias para el buen funcionamiento de estos centros.

⁽¹⁾ De diagnóstico: consultorios, radiología, laboratorios de análisis, electrocardiogramas, escáner, etc.; y de terapia: rehabilitación, radioterapia, fisioterapia, quirófanos, urgencias, salas de curas, hemodiálisis, etc.

⁽²⁾ Enfermería, hospitalización, oficinas, UCI, salas de espera, farmacia.

⁽³⁾ Oficinas de administración, cocinas, cafetería, comedor, salas de máquinas, capillas, gimnasios, sala de actos, lavandería, vestíbulos, accesos, aparcamientos, jardines, etc.

4 Clasificación de actividades

Al estudiar el diseño del alumbrado de un centro hospitalario, observamos la existencia de distintas tareas que requieren de un tratamiento específico. Trataremos los espacios uno por uno, no aislándolos, sino relacionándolos en un todo que forma el centro, ya que los usuarios los ocupan de una forma indiscriminada durante la jornada a especificar.

La luz natural exterior participará de una forma definitiva en la iluminación de los interiores, si bien no siempre de igual manera en las distintas salas, en función de la orientación de estas y de la superficie acristalada (ventanas, lucernarios, claraboyas) que dispongan.

4.1. Actividad visual y espacios

Contemplando la similitud de las tareas, en los centros hospitalarios se pueden distinguir, genéricamente, los siguientes grupos, clasificados según el nivel de percepción que se precisa para realizar la tarea o función específica.

1) Espacios con actividad visual elevada:

- ✓ Quirófanos.
- ✓ Laboratorios.
- ✓ Salas de rehabilitación y terapia.
- ✓ Salas de reconocimiento y tratamiento.
- ✓ UVI/UCI.
- ✓ Servicios de urgencias.
- ✓ Salas de rayos X.
- ✓ Salas de medicina nuclear.
- ✓ Salas de radioterapia.
- ✓ Salas de consultas externas.

2) Espacios con actividad visual normal:

- ✓ Unidades de hospitalización.
- ✓ Farmacia.
- ✓ Oficinas.
- ✓ Despachos.

3) Espacios con actividad visual baja:

- ✓ Vestíbulos.
- ✓ Pasillos y escaleras.
- ✓ Comedores y cafeterías.
- ✓ Servicios.
- ✓ Almacenes.
- ✓ Zonas de esperas y paso.

4.2. Espacios de representación

En los centros hospitalarios existen determinados locales o zonas especialmente significativas que requieren soluciones en las que no siempre deba ser predominante la exigencia de la eficiencia energética.

Estos pueden ser:

- ✓ Salas de actos.
- ✓ Zonas de dirección.
- ✓ Despachos de consulta.
- ✓ Accesos exteriores.

4.3. Actividades especiales

Pueden clasificarse dentro de este apartado las propias del alumbrado de hospitales y que requieren elevadas exigencias de realización visual: quirófanos, laboratorios, salas de curas, autopsias, etc.

Hay que tener presente que un hospital es un recinto donde se desarrollan determinadas actividades en situaciones normales y donde, además, se pueden presentar circunstancias fuera de cualquier previsión.

Por esta particularidad, se puede decir que dentro de las áreas consideradas específicamente hospitalarias, tanto de forma permanente como esporádica, todas pueden clasificarse de especiales.

4.4. Valoración del tiempo anual de la actividad

El tiempo anual de la actividad de cada local o espacio es muy importante a la hora de valorar el ahorro energético que supondría la implantación de un sistema de iluminación eficiente en cada tipo de espacio.

En general, un hospital tiene una gran utilización. Debido al carácter multidisciplinario y de servicios y a la variedad de las actividades que se desarrollan, hay zonas que se pueden considerar de máximo uso anual, como puede ser el caso de urgencias y hospitalización, y otras en que el uso es menor, decreciendo a medida que la actividad se aparta de la estrictamente hospitalaria.

1) Ejemplos de zonas de máximo uso anual, 24 horas al día los 365 días del año:

- ✓ Urgencias.
- ✓ Unidades de hospitalización.
- ✓ Salas de máquinas.
- ✓ Cocina (actividad casi constante).
- ✓ Ascensores.
- ✓ Vestíbulos, escaleras, accesos, pasillos, etc.
- ✓ Farmacia (*).
- ✓ UVI/UCI (*).

(*) Pueden cerrarse parcialmente

2) Ejemplos de zonas de un uso elevado:

- ✓ Quirófanos (+).
- ✓ Laboratorios (+).
- ✓ Esterilización (+).
- ✓ Rayos X (+).
- ✓ Diálisis (+).

(+) En estas áreas, debe haber una unidad de urgencia siempre preparada.

3) Ejemplos de zonas de menor uso anual, laborables, de 8 a 12 horas al día:

- ✓ Consultas externas.
- ✓ Oficinas.
- ✓ Medicina nuclear.
- ✓ Radioterapia.
- ✓ Almacenes.
- ✓ Archivos.

El alumbrado de cada área requiere un tratamiento específico

Zona de espera



Zonas comunes



Quirófanos



Zonas especiales



5 Criterios de calidad y diseño

Son los criterios a aplicar en la definición, estudio, proyecto e instalación de un sistema de iluminación.

5.1. Iluminancia y uniformidad

Se entiende por iluminancia, o nivel de iluminancia, la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) emitido por una fuente de luz, que llega vertical u horizontalmente a una superficie, dividida por dicha superficie, siendo su unidad de medida el lux.

Unidad: lux = lm/m².

Símbolo: E.

Instrumento: luxómetro.

a) El nivel de iluminancia debe fijarse en función de:

- ✓ El tipo de tarea a realizar (necesidades de agudeza visual).
- ✓ Las condiciones ambientales.
- ✓ Duración de la actividad.

Según el tipo de actividad, las iluminancias a considerar serán:

- ✓ Horizontales.
- ✓ Verticales.

La iluminancia media (E_m) estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos de la rejilla de cálculo que nos permitan verificar los valores del área de trabajo, área circundante inmediata y área de fondo.

El número mínimo de puntos a considerar estará en función de las dimensiones del local, generando una rejilla de celdas cuadradas con una relación longitud/anchura comprendida entre 0,5 y 2, y los valores típicos de espaciado (según UNE-EN 12464-1) son:

Longitud del área (m)	Distancia máxima entre los puntos de rejilla (m)	Número mínimo de puntos de rejilla
0,4	0,15	3
0,6	0,2	3
1	0,2	5
2	0,3	6
5	0,6	8
10	1	10
25	2	12
50	3	17
100	5	20

Tabla 1. Número mínimo de puntos de cálculo

b) Uniformidad de iluminancias:

Las uniformidades horizontales y verticales serán en función de los valores de iluminancia media, mínima y máxima, obtenidos de cada matriz de puntos definidos en el plano horizontal o vertical.

La relación de uniformidades a utilizar para valorar cada plano de cálculo es:

Uniformidad media (U_o) = Iluminancia mínima ($E_{mín}$) / Iluminancia media (E_m); $U_o = E_{mín} / E_m$

Relaciones de luminancia

En principio, la cantidad de luz en el sentido de adaptación del ojo a la tarea debería especificarse en términos de luminancia. La luminancia de una superficie mate es proporcional a la iluminancia o nivel de iluminación sobre dicha superficie.

Cuando el ojo explora una tarea se adapta a la luminancia de la misma. Si el ojo abandona la tarea y mira a un área de diferente luminancia, deberá adaptarse a esta, y si retrocede a la tarea original, ha de volver a adaptarse. A fin de ser capaz de ver los detalles de la tarea visual con rapidez y exactitud bajo circunstancias prácticas, las diferencias de luminancia dentro del campo de visión no deberán ser excesivamente elevadas.

Al mismo tiempo, el entorno visual total en un hospital deberá ser tal que permita a los músculos del ojo el margen completo de enfoque y apertura. Por esta razón, y para evitar la creación de un entorno monótono, debe existir una variación en las luminancias del campo de visión del trabajador.

El confort visual queda afectado negativamente por un exceso de grandes diferencias de la luminancia en las zonas del campo de visión.

La necesidad de evitar un exceso de grandes diferencias de luminancia significa, en primer lugar, evitar el deslumbramiento directo e indirecto de las luminarias, ventanas, etc.

5.2. Control del deslumbramiento

En general, el deslumbramiento es un efecto no deseado en el diseño y práctica de la iluminación.

El deslumbramiento se puede producir de forma directa, por lámparas, luminarias y ventanas, o por reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillantes) que pueden estar en el campo de visión del observador.

El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador está en función del tipo de actividad que se realiza en el local.

El deslumbramiento directo de lámparas se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar.

Para validar la idoneidad de las luminarias para la actividad a desarrollar, se utiliza el criterio CIE en su publicación 117 UGR (índice de deslumbramiento unificado); sirve para la valoración y limitación del deslumbramiento directo proveniente de luminarias en locales interiores.

Los sistemas de valoración anteriores analizaban la luminaria, con el UGR se analiza el deslumbramiento en una instalación para cada posición concreta del observado.

Para obtener un valor exacto se aplica la fórmula:

$$UGR = 8 \log_{10} ((0,25 / L_b) * \sum (L^2 * w / p^2))$$

donde:

L_b = luminancia de fondo (cd/m²);

L = luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo de observador (cd/m²);

w = ángulo sólido trazado por las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador (estereorradián), y

p = índice de posición para cada luminaria, que se relaciona con el desplazamiento de la zona de visión para cada luminaria.

El valor resultante está comprendido entre 10 y 30; cuanto más bajo, menor será el deslumbramiento.

Se puede obtener un valor de UGR no tan exacto utilizando las tablas de deslumbramiento UGR estándar. Estas tablas proporcionan el valor UGR calculado para diferentes situaciones estándar de la luminaria seleccionada.



Deslumbramiento directo

La norma UNE-EN 12464-1 establece el valor de referencia UGR para un local en función de su tipo de actividad. Los programas de planificación luminotécnica permiten un cálculo exacto del índice UGR para una posición definida del observador dentro de un local.

TAREA Y ACTIVIDAD	UGR
Salas para uso general	
Salas de espera	22
Pasillos: durante el día	22
Pasillos: limpieza	22
Pasillos: durante la noche	22
Pasillos: usos múltiples	22
Salas de día	22
Montacargas, ascensores para personal y visitantes	22
Salas de personal	
Oficinas de personal	19
Salas de personal	19
Salas de espera, salas de maternidad	
Alumbrado general	19
Alumbrado de lectura	19
Exámenes simples	19
Exámenes y tratamientos	19
Alumbrado nocturno, alumbrado de observación	—

TAREA Y ACTIVIDAD	UGR
Cuartos de baño y servicios para pacientes	22
Salas de examen (general)	
Alumbrado general	19
Examen y tratamiento	19
Salas de examen ocular	
Alumbrado general	19
Examen ocular externo	—
Pruebas de lectura y visión cromática con diagramas de visión	16
Salas de examen auditivo	
Alumbrado general	19
Examen auditivo	—
Salas de escáner	
Alumbrado general	19
Escáneres con mejoradores de imágenes y sistemas de TV	19
Salas de parto	
Alumbrado general	19
Examen y tratamiento	19
Salas de tratamiento (general)	
Diálisis	19
Dermatología	19
Salas de endoscopia	19
Salas de yesos	19
Baños médicos	19
Masajes y radioterapia	19
Áreas de operación	
Salas preoperatorias y de recuperación	19
Salas de operación	19
Quirófano	—
Unidades de cuidados intensivos	
Alumbrado general	19
Exámenes simples	19

TAREA Y ACTIVIDAD	UGR
Exámenes y tratamiento	19
Vigilancia nocturna	19
Dentistas	
Alumbrado general	19
En el paciente	—
Quirófano	—
Comparación del blanco dental	—
Laboratorios y farmacias	
Alumbrado general	19
Inspección de colores	19
Salas de descontaminación	
Salas de esterilización	22
Salas de desinfección	22
Salas de autopsia y depósitos mortuorios	
Alumbrado general	19
Mesa de autopsia y mesa de disección	—

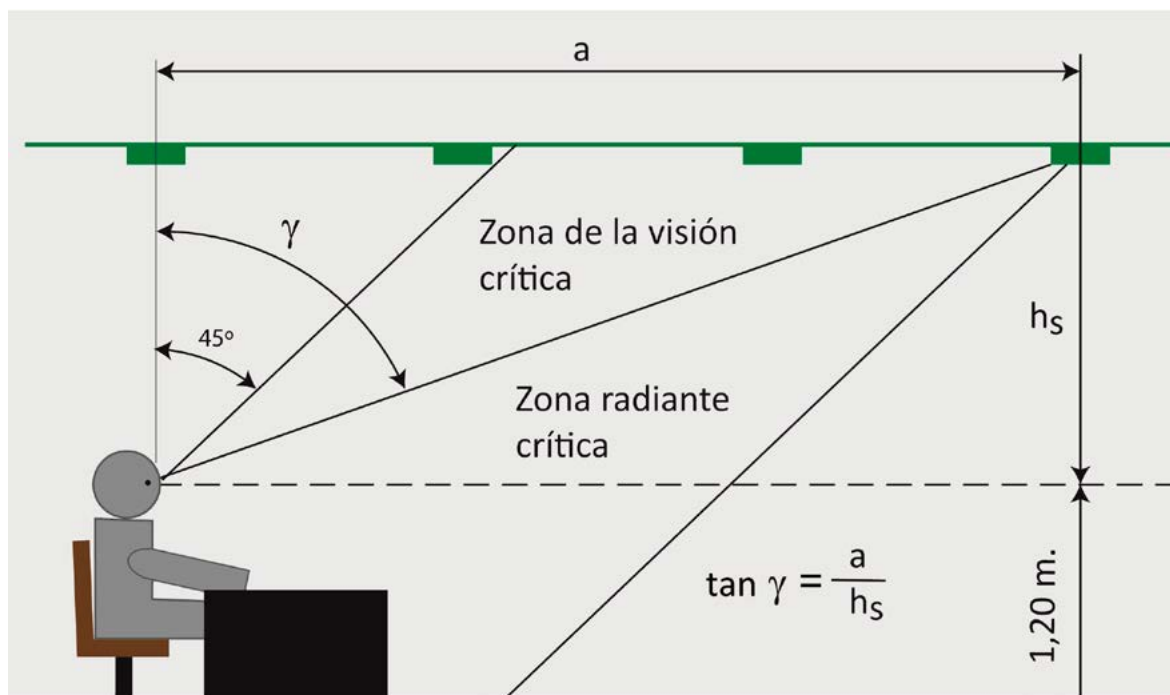
Tabla 2. Valores de UGR

El deslumbramiento debido a la luz natural (ventanas) no tiene que ser un inconveniente para intentar su máximo aprovechamiento, tanto por el ahorro energético que se puede obtener como por el beneficio psicológico que aporta el contacto con el entorno.

El control de este deslumbramiento se puede lograr mediante la distribución idónea de puestos de trabajo y utilización de sistemas de apantallamiento con regulación en ventanas y claraboyas (laminas, persianas, cortinas, etc.).

En la imagen siguiente se define la zona angular medida a partir de un eje vertical desde la luminaria hacia abajo dentro del cual es más probable que se produzca deslumbramiento.

Para condiciones normales de visión, los ángulos críticos abarcan la gama de 45° a 85° (excepto en el caso de que las dimensiones del local sean tales que la luminaria más lejana sea solo visible bajo un ángulo más pequeño).

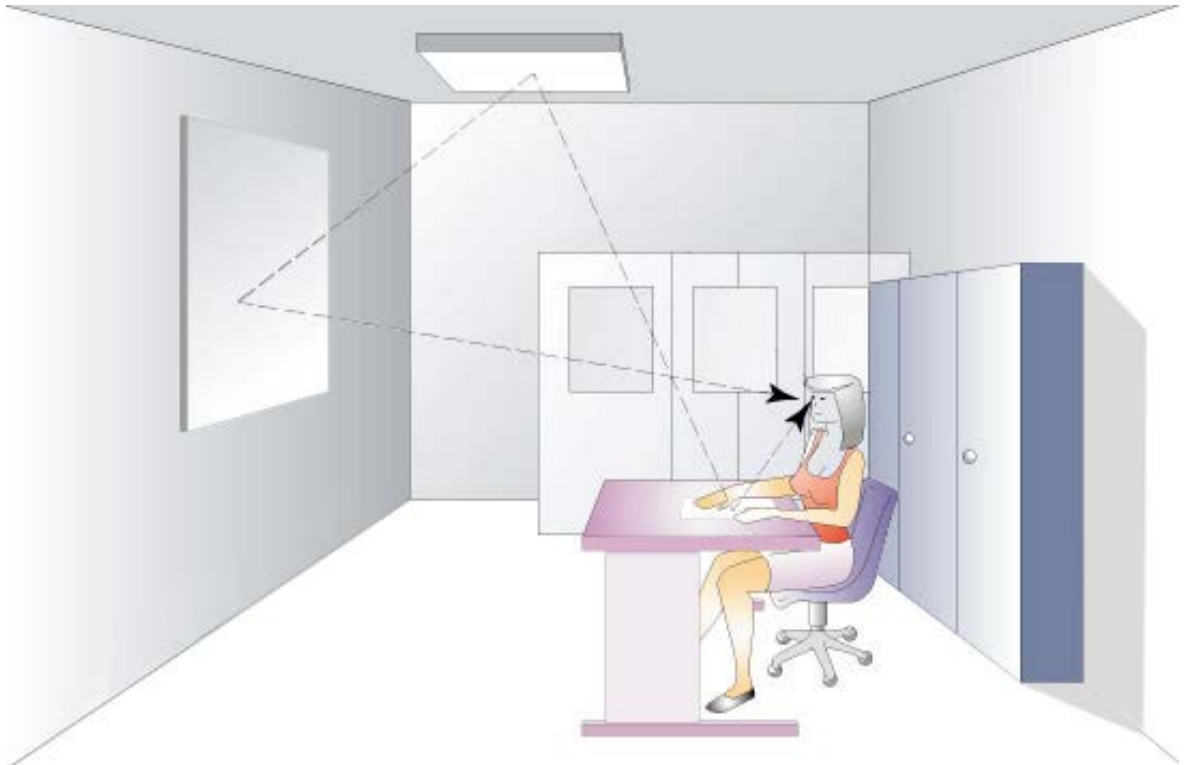


Zona en la que las luminarias tienen que cumplir lo establecido, en cuanto al límite de luminancia, para la reducción del deslumbramiento molesto

Deslumbramiento reflejado y reflexiones de velo

La luz de una fuente luminosa reflejada hacia los ojos de un observador, desde la tarea que contenga una superficie satinada o semimate (como, por ejemplo, escritura a mano con lápiz), puede disminuir la visibilidad de la tarea y producir una sensación de incomodidad. Esto es debido a que el deslumbramiento reflejado así creado ensombrece la tarea y reduce el contraste en la misma.

El deslumbramiento reflejado está influido, en gran manera, por el color y acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del observador, por lo que es recomendable que todas las superficies (del local y mobiliario) dispongan de un acabado mate que evite los reflejos molestos.



Deslumbramiento reflejado

5.3. Modelado

Los criterios de modelado son de gran importancia en la iluminación de las volumetrías, ya que la correcta percepción de las tres dimensiones o de la textura de un objeto permite un conocimiento real del mismo. Esto se consigue utilizando el efecto modelador del alumbrado direccional.

Según sea el usuario del hospital, la trascendencia de la influencia del modelado es diferente y en algunos casos puede ser fundamental:

- ✓ Para el enfermo, puede ayudar a crear una determinada sensación de clima o calidad ambiental, que le hará más llevadera la estancia en el centro.

Para los médicos y personal sanitario ayudará al desarrollo de su trabajo:

- ✓ En el diagnóstico de enfermedades.

En la reparación sanitaria:

- ✓ Curas.
- ✓ Traumatología.
- ✓ Cirugía.

El modelado ha de ser estudiado en cada caso, para conseguir el resultado necesario para cada función.

Modelado:



Capacidad del alumbrado para revelar forma y textura de un modo claro y agradable

Luz incidente sobre un objeto demasiado difusa → Modelado ligero y sensación de falta de relieve

Componente direccional muy fuerte → Modelado duro y las sombras deformarán los rasgos

Obtenemos un modelado aceptable cuando la relación entre iluminancia vertical y horizontal es superior a 0'25 en las principales direcciones visuales del observador

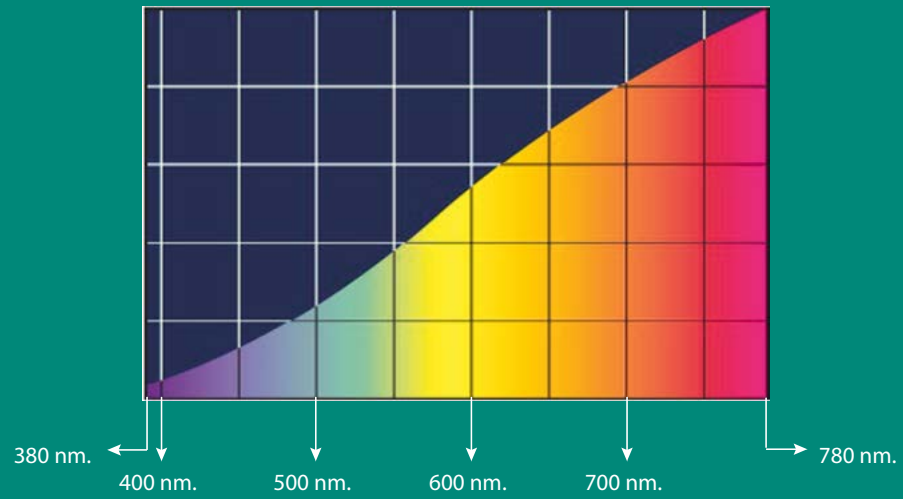
Modelado

5.4. Color

El color de un espacio o local iluminado artificialmente dependerá de la fuente de luz seleccionada y, concretamente, de dos parámetros de las fuentes luminosas:

- ✓ Índice de reproducción cromática (Ra).
- ✓ Temperatura de color (K).

Longitud de onda y color



Longitud de onda y color

Para seleccionar una fuente de luz según los criterios de reproducción cromática recomendados para un espacio o local, se utilizará la siguiente tabla:

TAREA Y ACTIVIDAD	Ra
Salas para uso general	80
Salas de personal	80
Salas de espera, salas de maternidad	
Alumbrado general	80
Alumbrado de lectura	80
Exámenes simples	80
Exámenes y tratamientos	90
Alumbrado nocturno, alumbrado observación	80
Cuartos de baño y servicios para pacientes	80
Salas de examen (general)	90
Salas de examen ocular	90
Salas examen auditivo	90
Salas de escáner	80
Salas de parto	80
Salas de tratamiento (general)	
Diálisis	80
Dermatología	90
Salas de endoscopia	80
Salas de yesos	80
Baños médicos	80
Masajes y radioterapia	80
Áreas de operación	90
Unidades de cuidados intensivos	90
Dentistas	90
Laboratorios y farmacias	
Alumbrado general	80
Inspección de colores	90
Salas de descontaminación	80
Salas de autopsia y depósitos mortuorios	90

Tabla 3. Valores de Ra

Aunque la percepción y las preferencias del color varían con el clima, la zona geográfica, la edad o la personalidad, hay un acuerdo universal en llamar «colores cálidos» a los amarillos, rojos y púrpuras, y «colores fríos» a los verdes y azules, denominando «colores neutros» a los grises.

Para crear un efecto psicológico positivo se puede jugar con los colores de la luz y de las superficies y crear un ambiente cálido o frío, dependiendo de las necesidades.

Si bien la tonalidad de las fuentes de luz que se utilizan en la iluminación de las estancias de los hospitales es esencial para crear el ambiente deseado.

Tarea y actividad - REQUISITOS ESPECÍFICOS	K
Salas de examen (general)	
Alumbrado general	$4.000\text{ K} \leq T_{cp} \leq 5.000\text{ K}$
Examen y tratamiento	
Salas de examen ocular	
Alumbrado general	$4.000\text{ K} \leq T_{cp} \leq 5.000\text{ K}$
Examen ocular externo	
Pruebas de lectura y visión cromática con diagramas de visión	
Laboratorios y farmacias	
Alumbrado general	
Inspección de colores	$6.000\text{ K} \leq T_{cp} \leq 6.500\text{ K}$

Tarea y actividad no definida, $3.000\text{ K} \leq T_{cp} \leq 4.000\text{ K}$ en función de los acabados superficiales.

Tabla 4. Temperatura de color (T_c)

En los hospitales se deben tener también en cuenta el color de paredes y mobiliario.

Si para las actividades cotidianas es importante una buena reproducción de los colores, en las áreas hospitalarias se incrementa significativamente, ya que puede ayudar a:

- ✓ Realizar diagnósticos más correctos.
- ✓ Determinar el estado de las heridas o partes enfermas.
- ✓ Predisponer positivamente al enfermo.

Ejemplos de la utilización del color en diagnósticos:

- ✓ Cianosis (coloración azulada de los niños).
- ✓ Bilirrubinemia (necesidad de luz en niños recién nacidos).
- ✓ Hepatitis (coloración amarilla de la piel).

Hay que tener una especial atención en la utilización del color en hospitales de tipo psiquiátrico o mental.

Tono de luz, temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos < 3.300 K	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso Salas de espera Zonas con usuarios de avanzada edad Áreas de esparcimiento Bajos niveles de iluminación
Tonos neutros 3.300 – 5.300 K	Lugares con importante aportación de luz natural Tarea visual de requisitos medios
Tonos fríos > 5.300 K	Entornos decorados con tonos fríos Altos niveles de iluminación Para enfatizar la impresión técnica Tareas visuales de alta concentración

Tc *versus* actividad

En áreas donde hay espejos, como los servicios, es importante que el paciente tenga un aspecto natural, la fuente de luz elegida tiene que reproducir correctamente los tonos de la piel. Un compromiso aceptable es utilizar fuentes de luz de temperatura de color neutra, e índice de reproducción cromática $Ra \geq 80$.

En aquellas dependencias del hospital en las que los trabajadores permanecen expuestos a un determinado ambiente durante largos períodos, el color de este puede influir en su rendimiento y es seguro que tiene algún efecto sobre el grado de satisfacción visual experimentado.



Temperatura de color *versus* tipo de luz

5.5. Ergonomía del puesto de trabajo

Desde el punto de vista ergonómico, la instalación de alumbrado debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar por el observador una tarea cómoda, es decir:

1. No debe crear problemas de adaptación visual.
2. Debe proveer la agudeza visual adecuada.
3. No debe obstruir la tarea visual y ha de permitir posturas cómodas.
4. Debe limitar la producción de ruido.
5. Debe eliminar el efecto estroboscópico.
6. Debe generar al recinto iluminado poca carga térmica.

La adaptación visual requerida se consigue mediante adecuadas relaciones de luminancia entre la tarea visual y el fondo contra el que se enfoca de modo ocasional.

Las características de las superficies pueden variar desde especulares (como espejos y escaparates, donde el brillo cambia con la dirección de observación, el tamaño, la posición y la intensidad de la fuente de luz, y el grado de especularidad de la superficie vista) a totalmente difusas, cuyo brillo es totalmente uniforme desde cualquier dirección de observación e independiente de la dirección de la iluminación.

Si las superficies pueden ser seleccionadas según su tipo, estas se deben elegir para evitar tener grandes diferencias de brillo entre distintas superficies. En la siguiente tabla se exponen los límites máximos recomendados de relaciones de valores de luminancias entre diferentes partes de una estancia.

Relación recomendada	
Tarea y alrededores inmediatos	5 a 1
Tarea y fondo general	10 a 1
Luminaria y entorno	20 a 1
Dos puntos cualesquiera	40 a 1

Relación de luminancias

Cuando las reflectancias de las superficies no pueden ser seleccionadas, el control se debe realizar optimizando la orientación, posición y luminancia de las luminarias, y la iluminancia sobre las distintas superficies.



Posicionamiento de luminarias

La reflexión de fuentes de luz en superficies transparentes o especulares, como ventanas y mostradores, puede causar deslumbramiento y la disminución de la visibilidad.

La agudeza visual está íntimamente ligada al nivel de iluminación media, y estos niveles deberán cumplir con las recomendaciones que se aportan en el capítulo 7.

La adecuada implantación de las luminarias y la selección de las mismas para cada tipo de recinto deben garantizar la ausencia de deslumbramiento directo y reflejado. Cabe destacar las necesidades luminosas en las zonas con pantallas de ordenador o televisión. En algunos casos, en los que las pantallas estén en posición horizontal, se precisa de iluminación indirecta para evitar estos reflejos, aún cuando se incremente el consumo energético.

La norma EN ISO 9421-307 proporciona los requisitos para las calidades visuales de las pantallas relativas a los reflejos no deseados.

Para garantizar que no se producirá ruido por vibración, el efecto estroboscópico (parpadeo de la luz), así como un incremento mínimo de temperatura en el local, es recomendable utilizar balastos electrónicos de alta frecuencia.

Es posible integrar el sistema de refrigeración con el sistema de iluminación, realizando la extracción de aire a través de las luminarias, con lo que se reduce la radiación térmica emitida por las luminarias, se incrementa la eficacia de las fuentes de luz fluorescentes, se alarga la vida de las fuentes de luz, y según la configuración de la luminaria, se contribuye a la limpieza de la misma, y por tanto, a su mayor eficacia, incrementando así, de forma global, la eficiencia de todo el sistema de iluminación.

Casos especiales

Son casos especiales todas las zonas «limpias» (que requieren una gran asepsia) de las áreas hospitalarias, clasificadas estas de mayor a menor riesgo:

- ✓ Quirófanos, salas de partos, salas de curas, salas de esterilización.
- ✓ UVI/UCI.
- ✓ Unidades de hospitalización.
- ✓ Salas de autopsias.

Las luminarias y accesorios instalados en estas zonas, además de proporcionar la iluminación en la cantidad y calidad requeridas para cada actividad, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Grado de estanqueidad elevado, que garantice la separación de ambientes entre el interior de la luminaria y la zona limpia, y entre esta y los falsos techos.
- ✓ La radiación infrarroja será lo más reducida posible, al objeto de no favorecer la incubación y multiplicación de gérmenes.
- ✓ Deben poderse limpiar fácilmente para asegurar la asepsia de la zona.
- ✓ Estarán exentas de aristas y cantos vivos, con lo que se evitarán heridas e infecciones.

Desde el punto de vista de la adaptación visual no debemos olvidar lo siguiente:

La dificultad de la tarea se incrementa cuando decrece el contraste entre el detalle y el fondo

Una tarea puede exigir más visión que otra, dependiendo de la velocidad o precisión requeridas para su ejecución. El ojo asimila detalles uno a uno, es decir, el ojo enfoca un detalle, lo asimila y se mueve hacia el siguiente detalle. Si la visibilidad es escasa, debido al reducido tamaño del detalle o por su bajo contraste de luminancia, disminuye la velocidad de asimilación y la tarea requerirá más tiempo de ejecución.

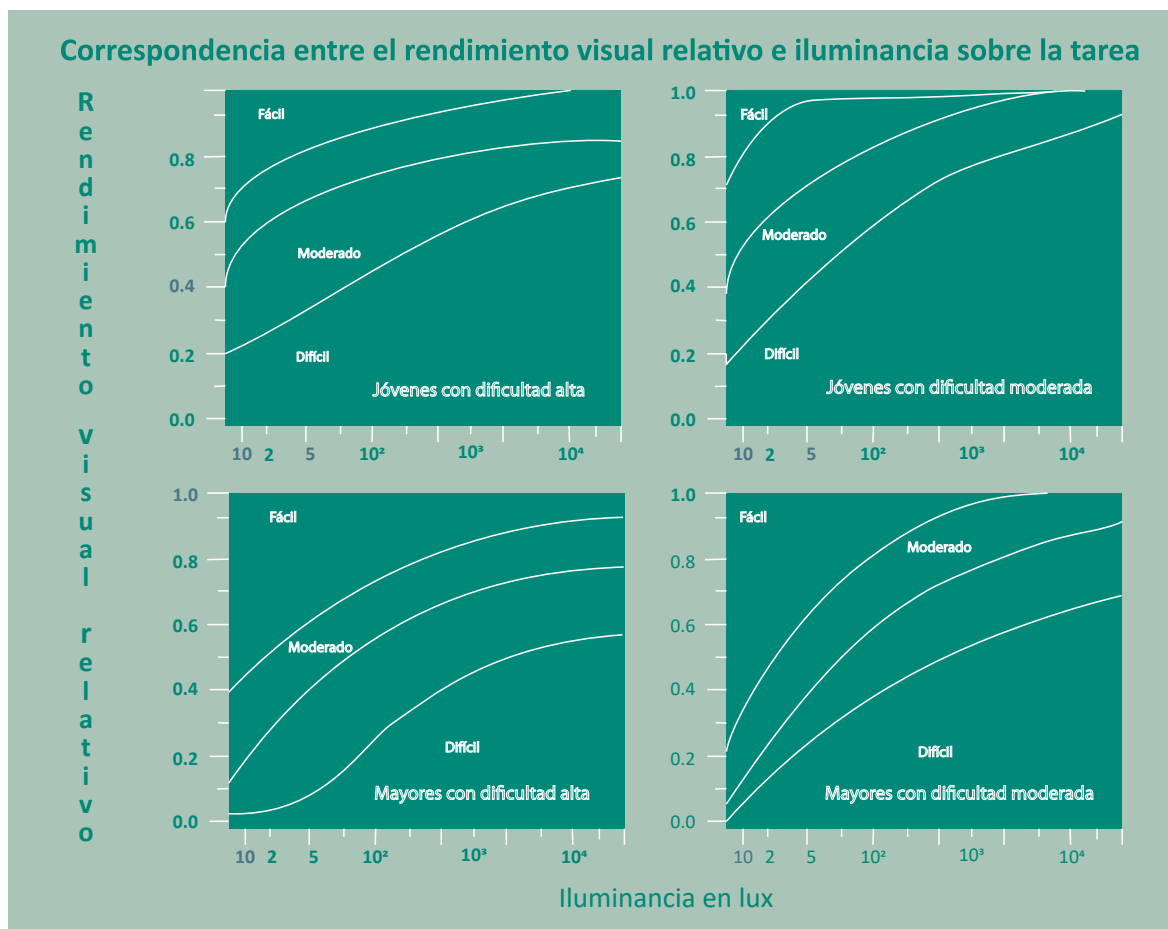
Cuanto más pequeño sea el detalle, mayor nivel de iluminación se necesita

La precisión o exactitud es más importante en unas tareas que en otras; por ejemplo, en la lectura, no es necesario asimilar cada letra por separado para comprender el significado de la palabra, mientras que cuando trabajamos con números, confundir un 3 con un 8 puede ser crucial.

La vista de la persona que realiza la tarea

La visión de una persona tiende a empeorar conforme pasan los años, por ello su visibilidad para una tarea determinada decrecerá.

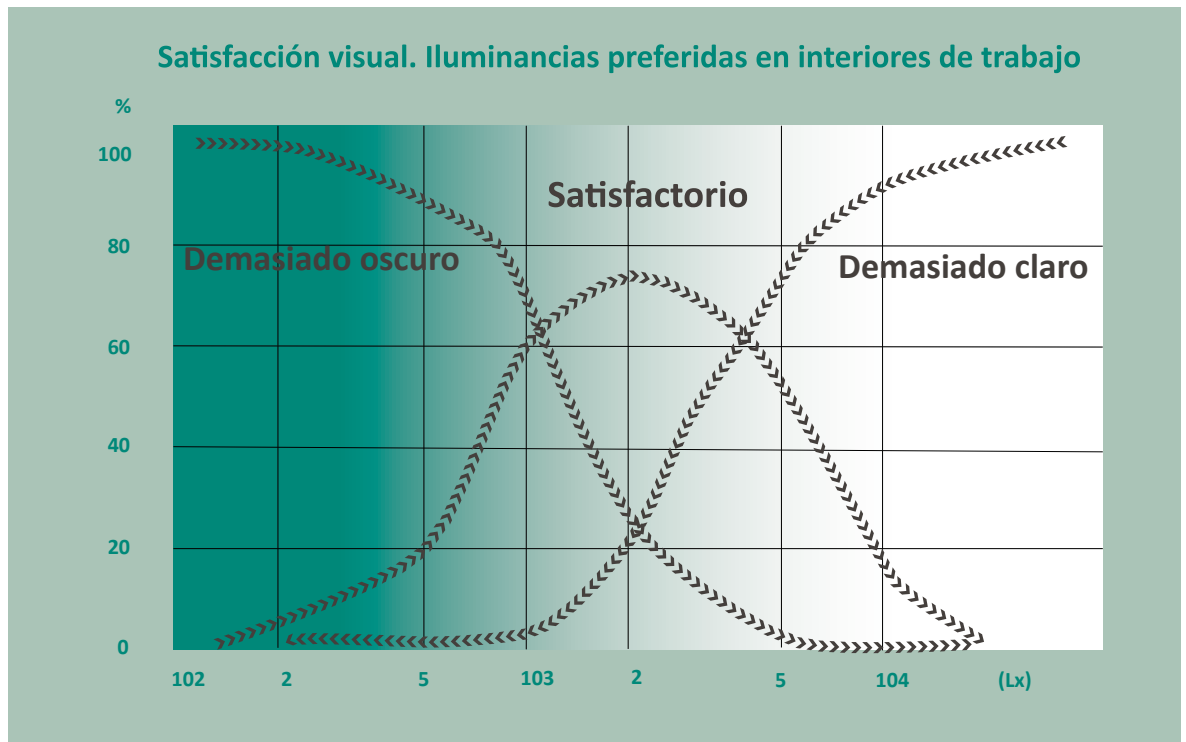
En general, se deduce que cuanto más difícil sea una tarea visual, mayor sea la velocidad y precisión requerida para realizarla, y cuanta más edad tenga el trabajador, mayor deberá ser la iluminancia de la tarea.



Correspondencia entre el rendimiento visual relativo e iluminancia sobre la tarea, con parámetros de dificultad de la tarea para grupos de varias edades y dificultad diversa (jóvenes con dificultad alta; jóvenes con dificultad moderada; mayores con dificultad alta; mayores con dificultad moderada)

Satisfacción visual

Se han realizado muchas investigaciones con el objeto de determinar una gama de iluminancias horizontales adecuadas para su aplicación en lugares de trabajo de interiores. De los resultados en las realizadas en Europa, efectuadas bajo condiciones de alumbrado con ausencia de deslumbramiento, se ha obtenido una curva promedio que indica el porcentaje de observadores que consideran «satisfactoria» una determinada iluminancia. Dicha curva se muestra en las siguientes imágenes, junto con las de las estimaciones «demasiado oscura» y «demasiado brillante».



Iluminancias preferidas en interiores de trabajo; combinación de contestaciones: demasiada oscuridad, satisfactorio, demasiado brillante. En el eje vertical, tanto por ciento de respuesta

Como puede deducirse de la imagen, no existe ninguna iluminancia que satisfaga a todos; incluso en el punto de satisfacción óptima estarán los que preferirían un incremento de iluminancia y aquellos que desearían reducir su valor.

La experiencia práctica ha demostrado que, en la iluminación de hospitales, una iluminancia para el alumbrado general de unos 1.000 lux es la que probablemente originará menos quejas, siempre y cuando se preste cuidadosa atención a la ausencia de deslumbramiento y a la obtención de un adecuado equilibrio de luminancias para la superficie del local.

Cuando las reflectancias de las superficies no pueden ser seleccionadas, el control se debe realizar optimizando la orientación, posición y luminancia de las luminarias y la iluminancia sobre las distintas superficies.

La luminancia del techo debe ser lo bastante elevada como para conseguir una impresión global confortable de las dependencias de los hospitales y con el fin de reducir el contraste entre dicha luminancia y la de las luminarias. Para prevenir que el techo por sí mismo cause deslumbramiento su luminancia no debe superar las 500 cd/m^2 (aunque desde el punto de vista de satisfacción visual deben preferirse valores comprendidos entre 100 y 300 cd/m^2).

Para la mayoría de las instalaciones de alumbrado de hospitales, las recomendaciones dadas más arriba respecto a la relación de luminancia pueden transformarse en una recomendación de reflectancias para las superficies del local y muebles, según la siguiente tabla.

Recomendación de reflectancias	
Superficie	Valores reflectancia
Techos	0,7
Paredes	0,5-0,7
Mamparas	0,5-0,7
Suelos	0,2-0,4
Muebles	0,4-0,6
Cortinas/persianas	0,5-0,6

Tabla 5. Recomendaciones de reflectancia para las superficies del local y muebles

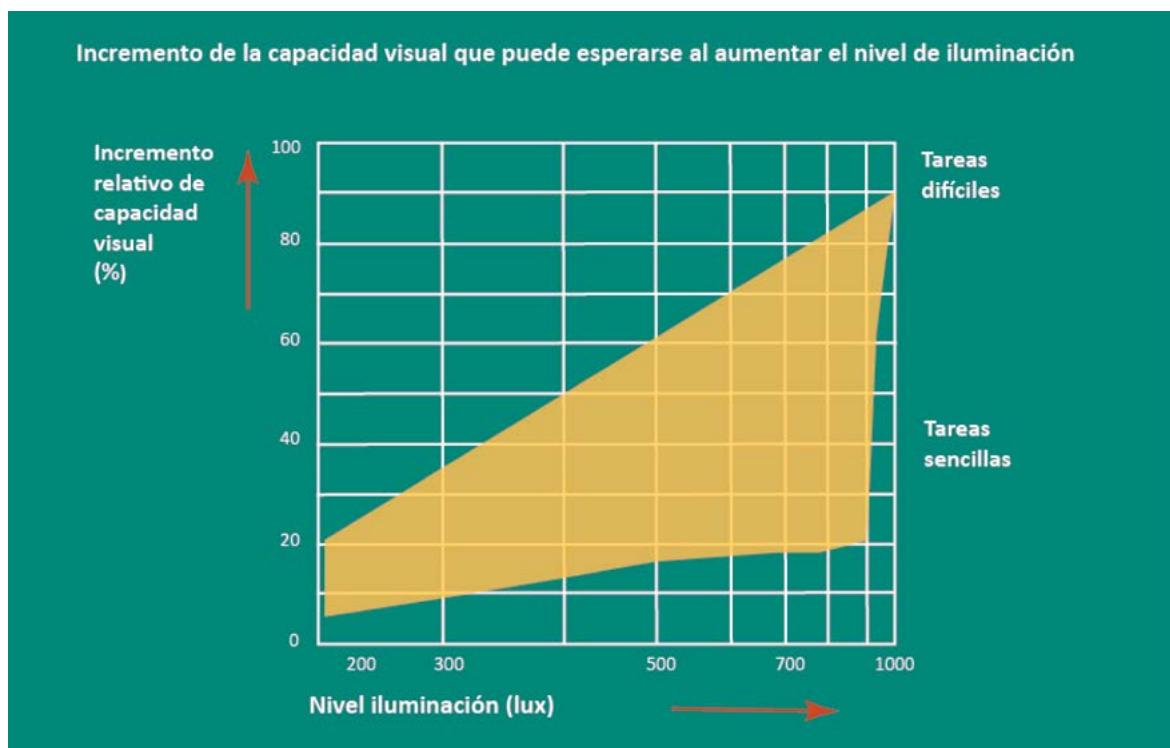
5.6. El alumbrado en relación con el deslumbramiento, la seguridad y el confort

Se han llevado a cabo muchas investigaciones respecto a los beneficios que pueden esperarse de un alumbrado de hospitales de buena calidad. Aunque el nivel de iluminancia se ha tomado normalmente como unidad de medida de la calidad, debe ponerse de relieve que en dichas investigaciones otros aspectos cualitativos, tales como la limitación del deslumbramiento, el color, las relaciones de luminancias, etc., fueron también de calidad apropiada.

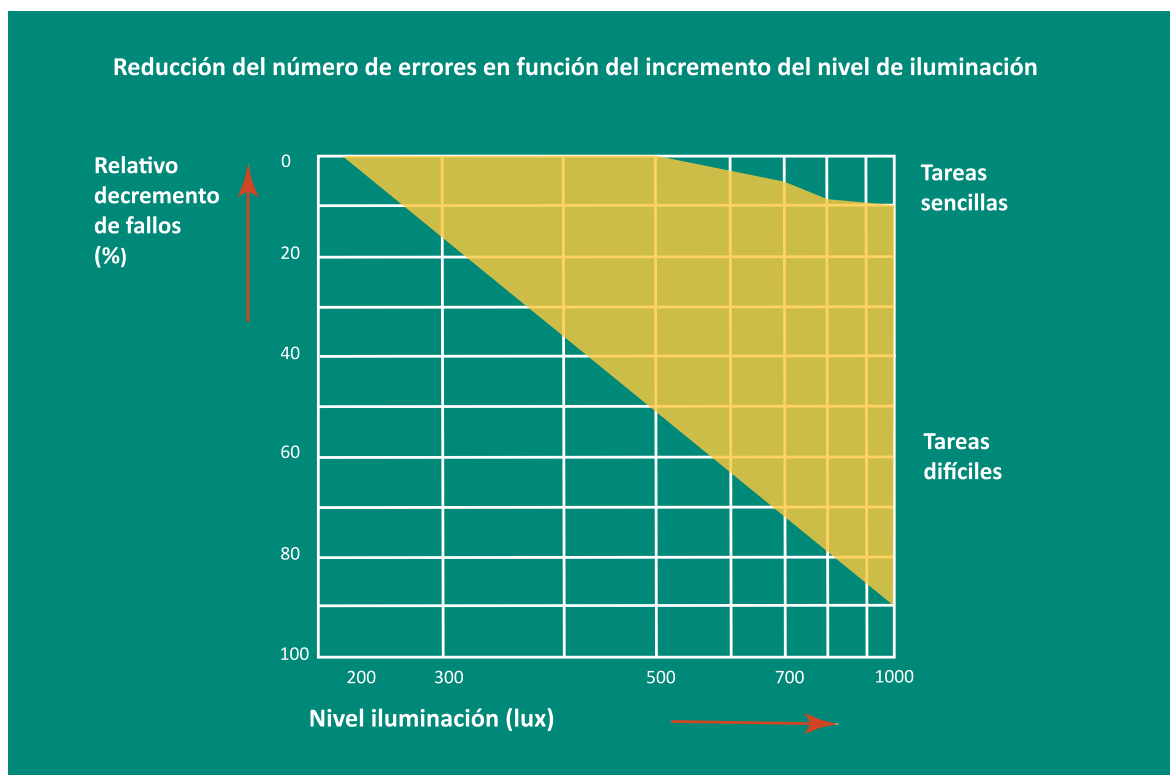
La mayoría de los beneficios registrados en dichas investigaciones se enumeran a continuación:

- ✓ Productividad.
- ✓ Menos errores.
- ✓ Menor fatiga.
- ✓ Aumento de la calidad en la estabilidad.
- ✓ Absentismo reducido.
- ✓ Reducción de la tensión ocular.
- ✓ Bienestar mejorado.

Las imágenes siguientes indican las tendencias generales en función de la iluminancia para algunos de estos beneficios.

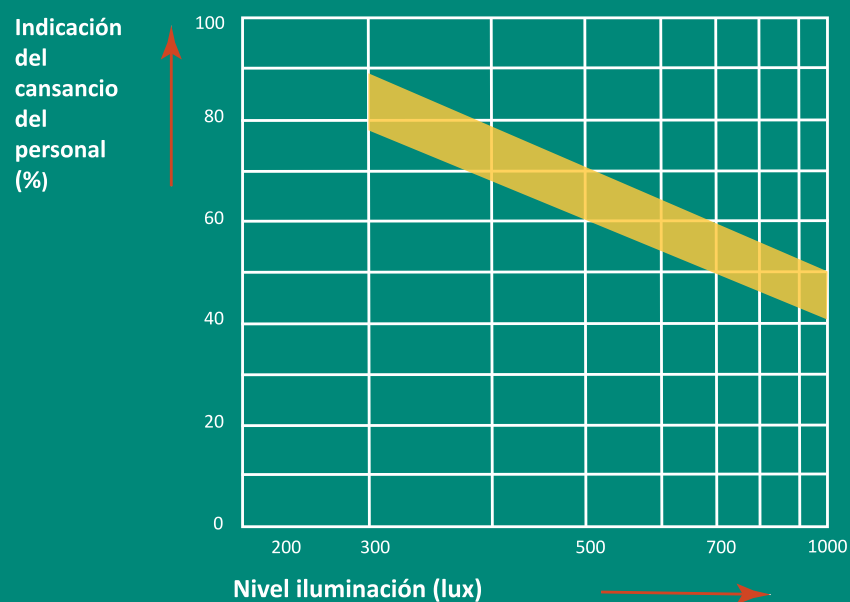


Incremento de la capacidad visual que puede esperarse al aumentar el nivel de iluminación



Reducción del número de errores en función del incremento del nivel de iluminación

Indica cómo varía la fatiga en función de la disminución del nivel de iluminación



Indica cómo varía la fatiga en función de la disminución del nivel de iluminación

6 Fuentes de luz

La luz es un elemento esencial en la vida humana y, como tal, los elementos generadores de esa energía luminosa han tenido y tienen, en la actualidad, una gran importancia en el desarrollo y en el bienestar de la humanidad.

La generación de la luz artificial, que hoy en día nos parece un acto sencillo, como es pulsar un interruptor que active una de tantas fuentes de luz existentes a nuestro alcance, ha pasado por varias etapas: desde el control de la llama hasta la emisión de luz usando un diodo de material inorgánico u orgánico, con fases intermedias, utilizando como combustible el aceite y el gas, y tras el descubrimiento de la electricidad, su aplicación a las lámparas incandescentes y de descarga, cuyo desarrollo sigue activo en la actualidad, hasta culminar con la revolución que supone la generación de luz mediante dispositivos en estado sólido.

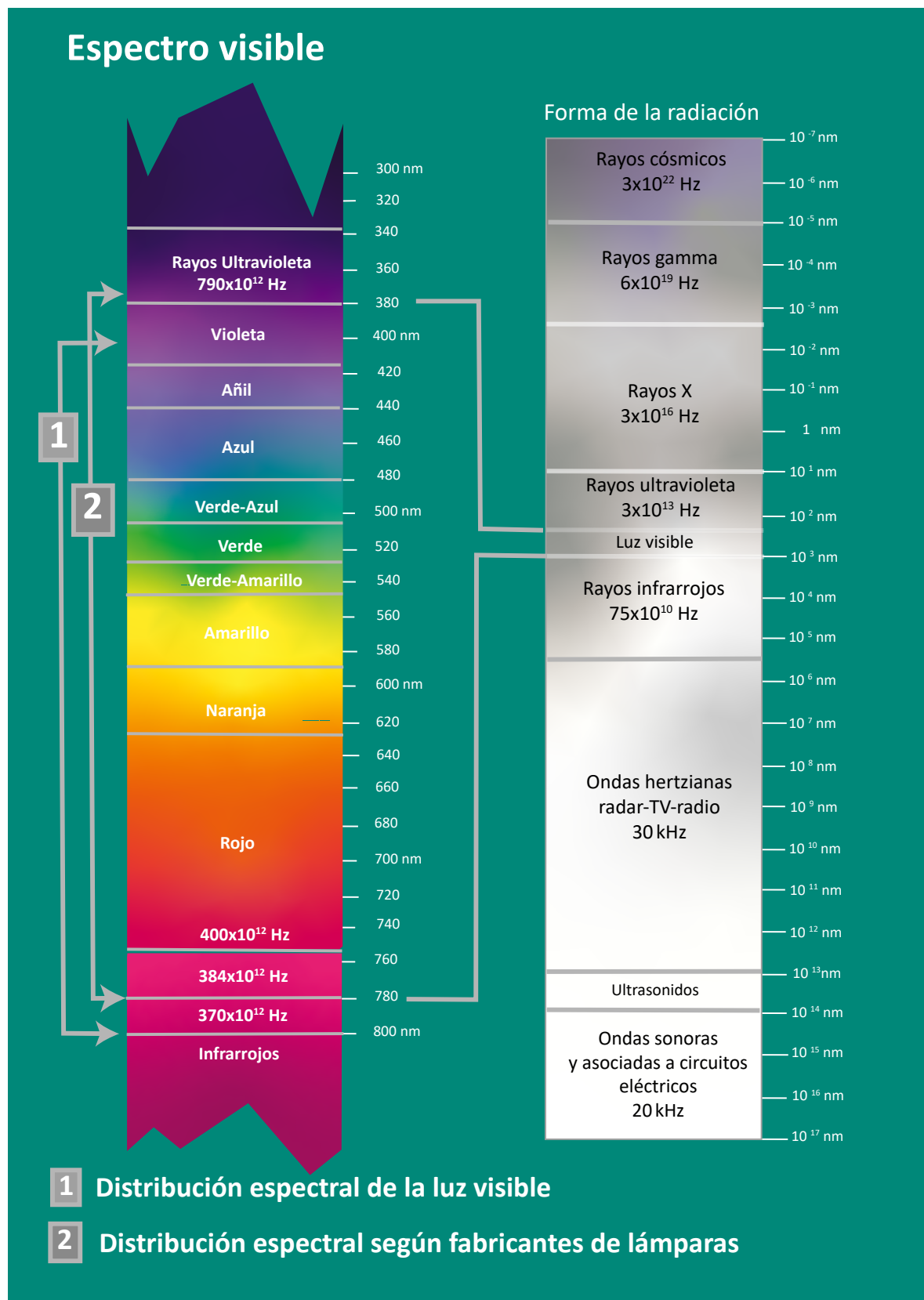
6.1. Generación de luz artificial

Las distintas tecnologías de generación de luz artificial utilizando la energía eléctrica las clasificamos en incandescencia, descarga y dispositivos en estado sólido emisores de luz.

6.1.1. Generación térmica o incandescencia

Cuando un cuerpo se somete a calentamiento, comienza a emitir energía de forma continua en función de la temperatura a la que se encuentre en cada momento. La energía emitida en longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm (*) y los 780 nm (denominado espectro visible) es la parte del espectro electromagnético capaz de activar la retina del ojo humano y enviar información de la visión al cerebro.

La energía luminosa emitida en longitudes de onda de 380 nm corresponde al color azul, y la emitida a 780 nm, corresponde al color rojo.



Espectro visible

Existe una relación entre la temperatura que adquiere un cuerpo y la longitud de onda donde se emite la mayor energía. Cuanto más elevada es la temperatura del cuerpo emisor, más se desplaza la longitud de onda máxima a colores más fríos (ley de desplazamiento de Wien).

La energía luminosa en una lámpara incandescente o halógena se produce por este tipo de emisión de energía. El calentamiento de un filamento de tungsteno por el que se hace pasar una corriente eléctrica genera calor y emisión luminosa. En función de la temperatura que alcance el filamento, el color de la luz emitida pasa de un amarillo rojizo a un blanco dorado. A mayor temperatura se obtiene más cantidad de luz, por lo tanto, la eficacia será mejor y la luz, más blanca. Pero para conseguir una adecuada vida útil (más elevada en las halógenas por el ciclo regenerativo del halógeno), la temperatura de funcionamiento está limitada en 2.800 K (**) para las lámparas incandescentes y entre 3.000 y 3.100 K para las halógenas.

(*) 1 nm = 0,000000001 m.

(**) K = Kelvin a $\emptyset$ absoluto, equivalente a $-273,16^{\circ}\text{C}$

6.1.2. Generación mediante descarga en gas

La generación de energía luminosa por descarga en gas se produce mediante la excitación de los electrones de los átomos de un gas contenido en un tubo de descarga. Normalmente el gas suele ser mercurio o sodio. En ocasiones al mercurio se le añade otro tipo de sales, como es el caso de los halogenuros metálicos.

Al aplicar una diferencia de potencial entre los extremos del tubo de descarga en el que está contenido el gas, se establece una corriente eléctrica y alguno de los electrones de esta, al chocar con los átomos del gas, puede ocasionar movimientos de electrones entre las distintas bandas energéticas del átomo. Si un electrón de un átomo del gas ha subido a una banda energética superior, tendrá que volver a su banda para restablecer el equilibrio energético del átomo, y en este retorno perderá parte de la energía adquirida en el choque. Estos saltos energéticos difieren en cada tipo de lámpara, y en función del tipo de gas y de la presión en que se encuentren en el tubo de descarga, emitirán energía en distintas longitudes de onda, lo que determinará la distribución espectral de la luz emitida.

6.1.3. Dispositivos en estado sólido como emisores de energía luminosa

Cuando la excitación electrónica y los saltos energéticos relatados en el apartado anterior tienen lugar en el seno de un elemento sólido, excitando un semiconductor, se genera emisión de luz.

En función de los materiales que forman el semiconductor, se dividen en LED (Lighting Emitting diode/diodo emisor de luz) y OLED (organic light emitting diode/diodo orgánico emisor de luz).

Un LED es un diodo que, al ser atravesado por una corriente eléctrica en unas determinadas condiciones, emite luz. La composición química del material semiconductor utilizado para su fabricación definirá la longitud de onda emitida y, por lo tanto, su color.

Un OLED es un diodo orgánico que se basa en una capa electroluminiscente formada por una película de componentes orgánicos que generan luz al aplicarles una estimulación eléctrica.

6.2. Características de las fuentes de luz

Independientemente del tipo de generación luminosa, existe una serie de características básicas comunes a todas las fuentes de luz destinadas al alumbrado.

6.2.1. Apariencia de color

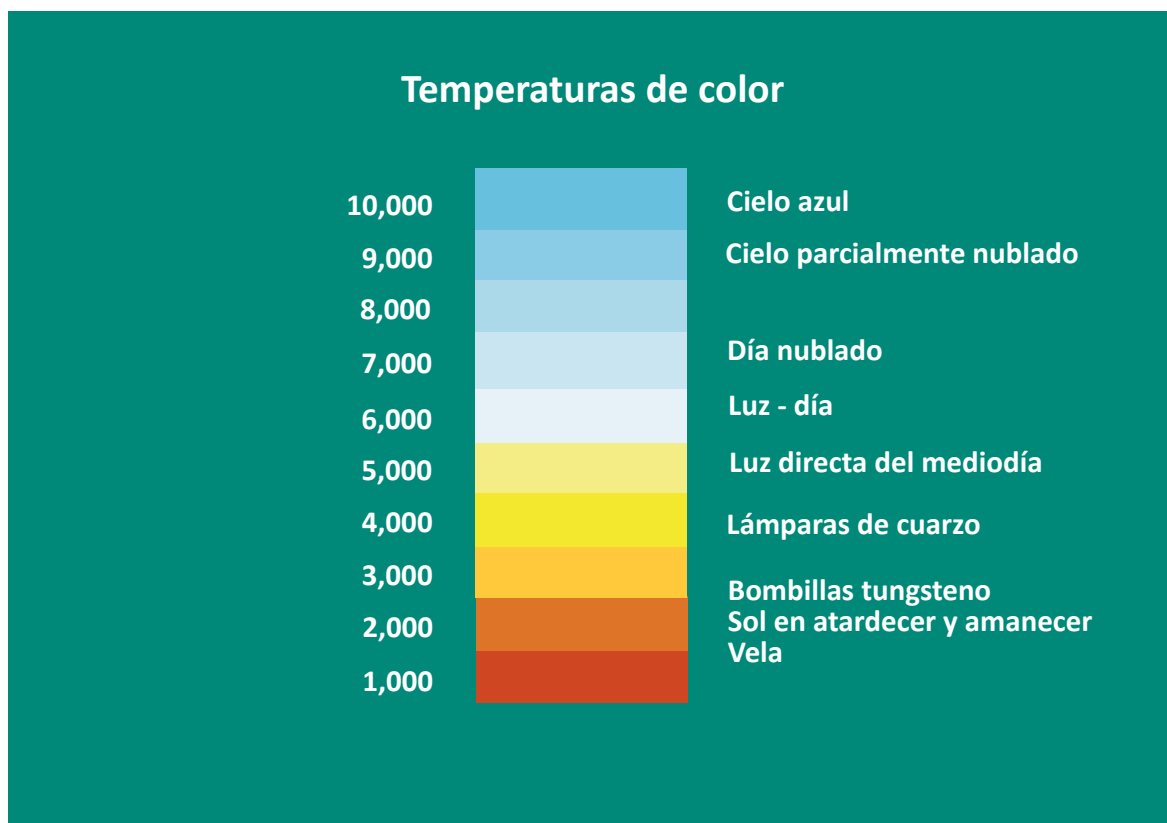
Esta característica de las fuentes de luz hace referencia al color de la luz emitida. Así, la luz blanca emitida por una fuente de luz puede variar desde tonalidades *cálidas* (*anaranjadas*) a *frías* (*azuladas*).

En las lámparas incandescentes, tal como se ha mencionado en apartado 1.1, el color de la luz emitida está estrechamente relacionado con la temperatura del filamento medida en Kelvin (K). Al variar la temperatura del filamento, varía la apariencia de la luz emitida, siendo más cálida o dorada cuanto más baja es la temperatura del filamento y más fría o azulada cuando aumentamos la temperatura del mismo.

En otros tipos de fuentes luminosas, la temperatura de color de la luz emitida viene establecida por la temperatura de color correlacionada, que se obtiene por comparación con la emitida por una fuente de luz incandescente que tenga la misma apariencia de color que la analizada.

Según su temperatura de color, las fuentes de luz blanca utilizadas en el alumbrado se dividen en:

- ✓ Blanco cálido ($T_c < 3.300\text{k}$).
- ✓ Blanco neutro ($3.300\text{K} < T_c < 5.000\text{K}$).
- ✓ Blanco frío ($T_c > 5.000\text{K}$).



Temperaturas de color

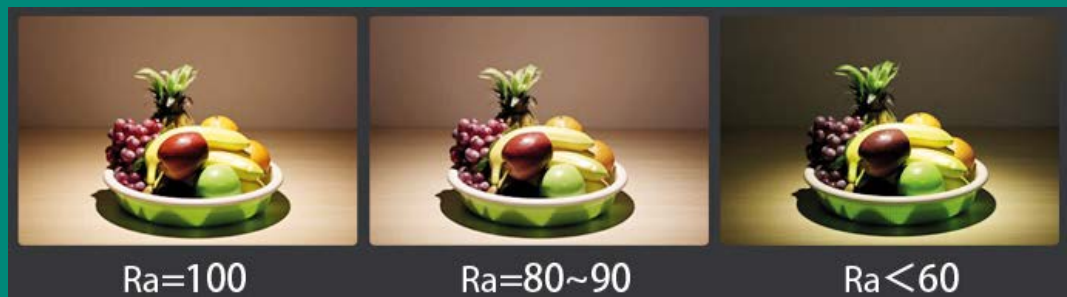
6.2.2. Índice de reproducción de color (Ra)

Se conoce como tal al efecto que una fuente luminosa produce sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina, en comparación con el aspecto de dichos objetos iluminados con una fuente de luz de referencia. Dicho de otro modo, la capacidad que tiene una fuente de luz de devolver los colores que ilumina, tomando como referencia el color obtenido con una fuente de luz patrón.

Se establece la siguiente tabla para la valoración del Ra de las fuentes luminosas.

- ✓ Ra < 60, pobre.
- ✓ 60 < Ra < 80, bueno.
- ✓ 80 < Ra < 90, muy bueno.
- ✓ 90 < Ra < 100, excelente.

Índice de reproducción cromática (Ra)



Valoración del Ra de las fuentes luminosas

Ra < 60	pobre
60 < Ra < 80	bueno
80 < Ra < 90	muy bueno
90 < Ra < 100	excelente

Índice de reproducción cromática (Ra)

Tanto en las lámparas fluorescentes como en las de descarga, ambas características (Tc y Ra) vienen indicadas por el código de tres dígitos que figura tras la potencia de la lámpara.

Por ejemplo: 840 significa un Ra superior a 80 y una Tc de 4.000 K, y 930 significa un Ra superior a 90 y una Tc de 3.000 K.

6.2.3. Vida de las fuentes de luz

Vida media: se define como el tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de las lámparas de un lote representativo trabajando en unas condiciones especificadas (ciclos de conmutación de 3 horas, con 2 h y 45 minutos encendidas y 15 minutos apagadas, para fluorescentes, y ciclos de 12 horas, con 11 h encendidas y 1 h apagadas para descarga).

Vida útil: período de tiempo transcurrido hasta que el flujo luminoso de la lámpara alcance un 70% del inicial.

6.2.4. Flujo luminoso

Expresa la cantidad de energía emitida por segundo por una fuente de luz, ponderada respecto a la sensibilidad espectral del ojo humano.

Su unidad es el lumen (lm).

6.2.5. Intensidad luminosa

Se define como el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección determinada.

La intensidad luminosa se expresa en candelas (cd).

6.2.6. Eficacia luminosa

Determina la capacidad de una fuente de luz en convertir en energía luminosa emitida en el intervalo de longitudes de onda del espectro visible (308-780 nm) la energía eléctrica utilizada.

El vocabulario internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional (CIE) define la eficacia luminosa de una fuente de luz como el cociente entre el flujo luminoso emitido y la potencia eléctrica consumida por dicha fuente de luz.

Se expresa en lúmenes por vatio (lm/W).

6.2.7. Etiquetado energético de las fuentes de luz

El Reglamento Delegado de la UE nº 874/2012 establece requisitos relativos al etiquetado y a la información suplementaria que acompañará a las lámparas eléctricas, tales como:

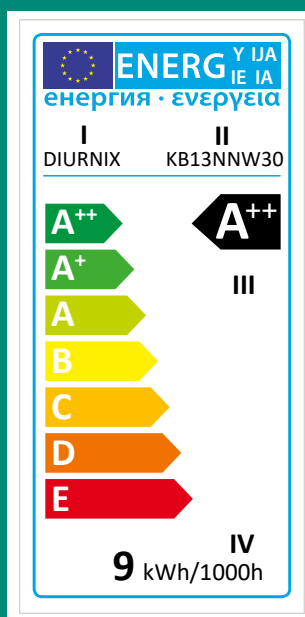
- a. Lámparas de filamento
- b. Lámparas fluorescentes
- c. Lámparas de descarga de alta intensidad
- d. Lámparas LED y módulos LED

Esta información queda reflejada en la etiqueta energética, la cual muestra una clasificación de siete categorías de eficiencia energética, desde la A a la G, siendo la A la de mayor rango y la G la de menor rango.

Quedan excluidas de esta clasificación las lámparas con flujo inferior a 30 lúmenes, las que funcionan con pilas y todas aquellas cuyo fin principal no es la generación de luz para alumbrado.

A partir del 1 de septiembre de 2021, será de aplicación el REGLAMENTO DELEGADO (UE) 2019/2015 DE LA COMISIÓN EUROPEA de 11 de marzo de 2019, por el que se complementa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento y del Consejo Europeo en lo relativo al etiquetado energético de las fuentes luminosas y se deroga el Reglamento Delegado (UE) n.º 874/2012 de la Comisión.

Etiquetado energético de fuentes de luz



- I → Nombre/Marca comercial /Proveedor
- II → Modelo de la lámpara
(Código alfanumérico del Proveedor)
- III → Clase de eficiencia energética
(Colocada a la altura de la categoría correspondiente)
- IV → Consumo (en kW por 1000 horas) ponderado y redondeado al consumo entero más próximo

Etiquetado de fuentes de luz

6.3. Familias de fuentes de luz

Tal como se ha indicado en la introducción de este capítulo, la tecnología aplicada en la generación de la luz da lugar a tres grandes familias: incandescencia, descarga y en estado sólido emisores de luz.



Familias de fuentes de luz

6.3.1. Fuentes de luz incandescentes

En este tipo de lámparas, el principio físico de la generación de la luz es el de generación térmica o incandescencia.

Lámpara incandescente estándar

En estas lámparas una corriente eléctrica pasa por un filamento fino de alta resistencia, calentándolo hasta la incandescencia. Para evitar que el filamento, generalmente de tungsteno, se oxide, se le encapsula en una ampolla de cristal que contiene un gas inerte o se genera el vacío en su interior.

La utilización de la lámpara hace que el filamento se vuelva más fino por la evaporación de los átomos del tungsteno, hasta que rompe por uno de los puntos del mismo, marcando el final de la vida de la lámpara.

Lámparas incandescentes estándar



La eficacia luminosa actual de estas lámparas es de 14 lm/W, aproximadamente, motivo por el que, desde 2012, han dejado de fabricarse y distribuirse en el mercado en aplicación de la Directiva Ecodesing 2009/125/CE del Parlamento Europeo

Lámparas incandescentes estándar

Características de estas lámparas:

- ✓ Cuando trabajan en condiciones nominales, la temperatura de color (T_c) puede oscilar entre los 2.700 y 2.800 K. Son regulables mediante el control de la intensidad de corriente que pasa a través de su filamento, variando su T_c y el flujo luminoso en función de dicha intensidad. A menor emisión de luz, menor T_c .
- ✓ Espectro continuo, con $R_a = 100$.
- ✓ Tanto el flujo luminoso como la eficacia luminosa y la vida de la lámpara están muy influenciados por las variaciones de tensión de la red a la que está conectada.

- ✓ La vida media se estima en unas 1.000 horas, si bien existen en el mercado lámparas incandescentes de mayor y menor duración, en función de la aplicación a la que van destinadas.
- ✓ La eficacia luminosa actual de estas lámparas es de 14 lm/W aproximadamente, motivo por el que, desde el pasado 2012, han dejado de fabricarse y distribuirse en el mercado, en aplicación de la Directiva Ecodesing 2009/125/CE del Parlamento Europeo.

Lámpara incandescente halógena

Es una lámpara incandescente en la que el filamento luminoso se encuentra dentro de una ampolla que contiene un gas inerte con una proporción de halógenos. Técnicamente se debe nombrar como «lámpara incandescente con halógenos».

El ciclo regenerativo del halógeno que se produce en el interior de la ampolla permite aumentar la temperatura del filamento hasta unos 3.000 K sin acortar la vida del mismo, proporcionando una mayor emisión luminosa y de Tc algo más elevada que la generada por una incandescente estándar («luz mas blanca»). Asimismo, se incrementan sensiblemente la vida y la eficacia respecto a dicha lámpara, con el inconveniente de una mayor emisión infrarroja (calor). La elevada temperatura del filamento exige la utilización de envoltente de cristal de cuarzo.

En el mercado existen lámparas de este tipo que pueden trabajar en conexión directa a la red de 230 V o a través de un transformador de salida 12/24 V.

Lámparas incandescentes halógenas

Par	Elipsoidal	Dicroica	Bipin
QR 111		Lineal	
Según la Directiva ErP (EC) 244/2009, a partir del 1 de septiembre de 2018 ya no se podrán fabricar ni vender lámparas halógenas que hayan sido fabricadas después del 31 de agosto de este año			

Lámparas incandescentes halógenas

Lámpara halógena con tecnología IRC (*infrared reflecting coating*)

Se trata de una lámpara incandescente halógena que incorpora un recubrimiento interno al cristal de cuarzo de la lámpara que tiene como característica reflejar las longitudes de onda infrarrojas a la vez que deja pasar la luz visible.

Gracias a esta tecnología que permite alcanzar la temperatura del filamento con menor consumo energético, se consiguen ahorros próximos al 40% para proporcionar la misma cantidad de luz y una muy importante disminución de calor emitido.

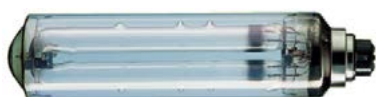


Lámparas incandescentes halógenas con tecnología IRC

6.3.2. Fuentes de luz de descarga en gas. Parte I (sodio, mercurio y halogenuros metálicos)

A continuación se describen los tipos de lámparas que utilizan la descarga en un gas para la producción de energía luminosa.

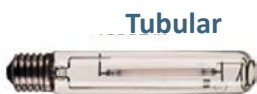
Lámparas de vapor de sodio



Lámpara de SBP
Sodio baja presión



Elipsoidal



Tubular

Lámparas de vapor
de sodio "Confort"



Lámpara de SAP
Sodio alta presión

Lámparas de vapor de sodio

Lámpara de vapor de sodio de baja presión

En este tipo de lámpara, la radiación visible es producida por la descarga eléctrica en el interior de un tubo de descarga que contiene una mezcla de gases y vapor de sodio a baja presión. En estas condiciones se genera emisión de energía luminosa en longitudes de onda próximas los 589 nm (luz amarilla anaranjada).

La eficacia de este tipo de lámparas oscila entre los 100 y los 198 lm/W, en función de la potencia de las mismas.

Aunque técnicamente no es correcto debido a su posición cromática, se definen como lámparas con una Tc de unos 1.800 K.

La vida útil puede superar las 12.000 horas siempre que se mantengan las especificaciones de funcionamiento facilitadas por el fabricante.

Necesitan un equipo auxiliar para su funcionamiento; el tiempo de encendido hasta alcanzar el régimen de funcionamiento nominal es de unos 12 minutos, y no se puede regular la emisión de luz.

Dado el color de la luz emitida por estas lámparas, su uso queda reducido a aquellas aplicaciones en las que no es importante la reproducción cromática de los objetos iluminados.

Lámpara de vapor de sodio de alta presión

El tubo de descarga que incorpora este tipo de lámparas está relleno xenón y una amalgama de sodio y mercurio a alta presión. La emisión de energía luminosa es mayoritaria en longitudes de onda entre los 550 y las 650 nm, pero varía en función del tipo y potencia.

La eficacia de este tipo de lámparas oscila entre los 68 y los 150 lm/W, en función de la potencia de las mismas.

La apariencia de color es variable en función del tipo, alcanzando o superando levemente una Tc de unos 2.000 K. El rendimiento de color es pobre ($R_a = 25$).

La vida útil varía entre las 10.000 y las 22.000 horas, siempre que se mantengan las especificaciones de funcionamiento facilitadas por el fabricante.

Necesitan un equipo auxiliar para su funcionamiento; el tiempo de encendido hasta alcanzar el régimen de funcionamiento nominal puede oscilar entre los 5 y 10 minutos, y se puede regular la emisión de luz utilizando para ello un sistema adecuado a tal fin.

Dada la elevada vida útil de esta lámpara, es idónea para su utilización en aquellas instalaciones con períodos de encendido diario de varias horas (iluminación pública e industrial) y donde la reproducción cromática no sea esencial.

Lámpara de vapor de sodio «confort»

Se trata de una lámpara de sodio de alta presión en la que se consigue un rendimiento de color más elevado, alcanzando valores de $R_a = 60$.

Permite la regulación del flujo luminoso emitido, pero perdiendo sus características de color.

Lámpara de sodio blanco

Es la que proporciona el mayor índice de reproducción cromática posible en lámparas de sodio. Gracias a la tecnología utilizada en esta lámpara se consigue una luz blanca dorada, con temperatura de color de 2.500 K y un índice de reproducción de color superior a 80 ($R_a > 80$). Todo ello a costa de perder mucha eficacia, alcanzando difícilmente los 50 lm/W.

No es recomendable su regulación porque tanto la T_c como el R_a se ven reducidos de forma muy notable.

Lámpara de vapor de mercurio de alta presión

Estas lámparas disponen de un tubo de descarga en el interior del cual existen mercurio y un gas de relleno inerte, normalmente argón. Como en todas las lámparas mencionadas hasta el momento, el citado tubo de descarga, o quemador, queda encapsulado en una ampolla de vidrio.

La eficacia de este tipo de lámparas oscila entre los 36 y los 59 lm/W, en función de la potencia de las mismas.

La apariencia de color es blanco azulado, con una temperatura de color correlacionada de 6.000 K. El rendimiento de color es pobre ($R_a = 15$), existiendo una variante denominada «vapor de mercurio con color corregido con recubrimientos especiales» que alcanza un $R_a = 52$ y una $T_c = 3.300$ K.

La vida útil varía entre las 12.000 y las 24.000 horas siempre que se mantengan las especificaciones de funcionamiento facilitadas por el fabricante.

Necesitan un equipo auxiliar para su funcionamiento; el tiempo de encendido hasta alcanzar el régimen de funcionamiento nominal es de aproximadamente 4 minutos, y no es recomendable su regulación.

El RD 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, prohíbe la utilización, en estas instalaciones, de lámparas con eficacias inferiores a 65 lm/W; por lo tanto, queda excluido este tipo de lámpara para tales aplicaciones.

Lámpara de mezcla

También conocida como «lámpara de luz mezcla» por disponer en la misma ampolla de vidrio una lámpara de vapor de mercurio y una lámpara de filamento incandescente conectadas en serie.

En el encendido, inmediato en la lámpara de incandescencia, es el filamento el que emite la luz, pero cuando la lámpara se estabiliza al cabo de unos 3 minutos, el flujo luminoso procedente del tubo de descarga es aproximadamente el doble del que produce el filamento.

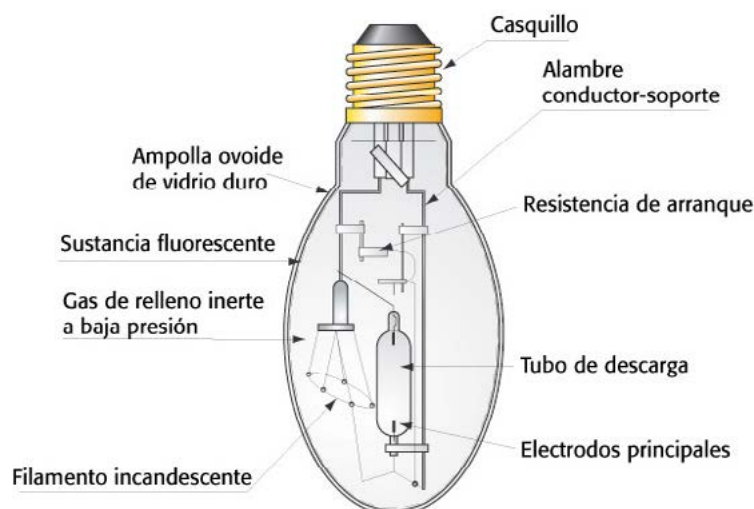
La denominación de esta lámpara es debida a que ambos tipos de luz se combinan o mezclan, dando lugar a unas características de lámpara completamente distintas a las de incandescencia o vapor de mercurio.

La Tc de estas lámparas varía de 34.500 K a 3.700 K, y los índices de reproducción cromática, de 50 a 65 ($50 < Ra < 65$).

Las eficacias son bastante pobres, con valores entre los 19 y los 26 lm/W.

La vida útil es muy variable, ya que estas lámparas son muy sensibles a las vibraciones y a las sobretensiones.

Al igual que la de vapor de mercurio, también queda excluida en su aplicación para alumbrado público.



Lámpara de mezcla



Lámpara de halogenuros metálicos con tubo de descarga de cuarzo

En el apartado 3.2.4 se ha citado la posibilidad de mejorar el rendimiento en color de la lámpara de vapor de mercurio de alta presión mediante el uso de diferentes polvos fluorescentes adheridos en el interior de la ampolla de vidrio, pero ha sido la adición a la descarga de otros metales distintos al mercurio lo que ha permitido la mejora del índice de reproducción de color de la luz emitida.

Con base en los elementos incorporados, las lámparas de este apartado se dividen en tres grupos:

- ✓ Radiadores de tres bandas que emplean ioduros de sodio, talio e indio.
- ✓ Radiadores multilínea, que emplean ioduros de tierras raras y metales asociados, tales como escandio, disprosio, tulio y holmio.
- ✓ Radiadores moleculares, que emplean ioduro de estaño y cloruro de estaño.

Por las distintas tecnologías empleadas en la fabricación de estas lámparas, es muy difícil conseguir dos lámparas exactamente iguales con respecto a las características de temperatura de color, índice de reproducción cromática, eficacia y vida útil, con variaciones importantes en los citados parámetros. Incluso los equipos auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento de las lámparas pueden ser incompatibles, por lo que antes de su aplicación se debe consultar a los fabricantes.

La depreciación del flujo luminoso de estas lámparas suele ser muy importante, debida principalmente a la migración de los componentes a través del tubo de descarga.

Ninguna de las lámparas de los tres grupos citados puede regularse manteniendo sus características de color y vida razonables, con el riesgo añadido de la extinción del arco y el consiguiente apagado de la lámpara.



Lámpara de HM con tubo de descarga de cuarzo

Lámpara de halogenuros metálicos con tubo de descarga cerámico

Este tipo de lámpara es el último desarrollo en lámparas de descarga en gas.

La utilización de la mezcla de ioduro metálico mezclado con tierras raras en un tubo de descarga cerámico permite la fabricación de lámparas de características de color superiores a sus equivalentes de halogenuros metálicos en tubo de descarga de cuarzo.

Como ejemplos, valgan los siguientes:

- ✓ La lámpara de cuarzo de $T_c = 3.000\text{ K}$ con un $R_a = 70$ pasa a tener un $R_a = 80$ con tecnología de cuarzo, y la de cuarzo de $T_c = 4.200\text{ K}$ con un $R_a = 80$ pasa a tener un $R_a > 90$ con la tecnología de cuarzo.

Las lámparas de este tipo que inicialmente se conocieron en el mercado no podían ser reguladas sin alterar gravemente sus características de color, pero posteriormente algún fabricante ha lanzado

este tipo de lámparas como regulables, admitiendo que al regular la lámpara al 50% de su flujo nominal, esta pase de un $R_a = 90$ a $R_a = 80$.

Es de destacar la aparición de lámparas de halogenuros metálicos con tubo de descarga de cuarzo para su aplicación en el alumbrado público, en sustitución de las lámparas de vapor de sodio de alta presión, consiguiendo importantes ahorros (reducción por punto de luz de 250 W a 150 W) y mejorando la percepción que tienen los ciudadanos con respecto al nivel de iluminación y el color gracias a la luz blanca generada.

Las características fundamentales de la última generación de lámparas de halogenuros metálicos con tubo de descarga de cuarzo son:

- ✓ Temperatura de color $T_c = 2.800$ K.
- ✓ Índice de reproducción cromática entre 65 y 70 ($65 < R_a < 70$).
- ✓ Eficacias entre 96 y 120 lm/W.
- ✓ Funcionan solamente con equipo auxiliar electrónico.
- ✓ Son regulables, con el hándicap ya mencionado anteriormente.



Lámpara de HM con tubo de descarga cerámico

6.3.3. Fuentes de luz de descarga en gas. Parte II (fluorescencia e inducción)

Técnicamente deberían ser denominadas como «lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión», pero coloquialmente son más conocidas como lámparas fluorescentes.

Independientemente de cómo se genere esta, el principio tecnológico de funcionamiento de una lámpara fluorescente se basa en la descarga en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, contenida en un tubo o ampolla de vidrio cubierto interiormente por una mezcla de polvos fluorescentes cuya función es convertir la radiación ultravioleta generada en la descarga en otras longitudes de onda comprendidas dentro del intervalo visible (380/780 nm) del espectro electromagnético.

Se dispone para este fin de una gran variedad de polvos fluorescentes (fósforos estándar, trifósforos, pentafósforos), que permiten producir luz de distintas temperaturas de color (T_c) y con las características de rendimiento de color (R_a) que se desee.

Lámparas fluorescentes tubulares

Son sin duda la familia más extendida en el mercado y se denominan en función del diámetro exterior del tubo expresado en octavos de pulgada.

- ✓ T12, con un diámetro de 38/40 mm, corresponde a 12/8 de pulgada.
- ✓ T8, con un diámetro de 26 mm, corresponde a 8/8 de pulgada.
- ✓ T5, con un diámetro de 16 mm, corresponde a 5/8 de pulgada.
- ✓ T2, con un diámetro de 6 mm, corresponde a 2/8 de pulgada.
- ✓ T1, con un diámetro de 2,8 mm, corresponde a 1/8 de pulgada.



Lámparas fluorescentes tubulares

Las primeras fluorescentes en aparecer en el mercado fueron las T12, hoy en día prácticamente en extinción, salvo en algunas aplicaciones especiales.

En la actualidad las más utilizadas son las T8, de las que existe una amplísima variedad en función de su potencia, flujo luminoso emitido, temperatura de color, rendimiento de color, ahorradoras, de larga vida, ambientes especiales, de colores, etc.

Pueden funcionar con equipo auxiliar electromagnético y electrónico.

Las T5 son de más reciente aparición en el mercado y están diseñadas para trabajar con equipo auxiliar electrónico. Tienen dimensiones y casquillos distintos a los de las T8, por lo que no son intercambiables con las anteriores. También existe una gran variedad en función de los parámetros ya indicados para las T8.

La vida media/útil, el flujo luminoso emitido, la Tc y el Ra de las lámparas fluorescentes varían en función del tamaño, la potencia, los polvos fluorescentes utilizados, el equipo auxiliar, la temperatura ambiente, etc., por lo que es necesario consultar al fabricante sobre las características más adecuadas para cada aplicación.

La temperatura ambiente óptima para el correcto funcionamiento de las lámparas fluorescentes T12 y T8 es de 25 °C, mientras que las T5 están optimizadas para una temperatura ambiente de 35 °C. En ambos casos, a temperaturas inferiores o superiores a las indicadas existen importantes pérdidas de flujo.

Lámparas fluorescentes circulares

Son una versión especial de las lámparas fluorescentes, desarrolladas fundamentalmente para aplicaciones de carácter más decorativo que las tubulares lineales. Existen en diámetros de tubo T12, T8 y T5.

Dada su forma, tienen una vida y una eficacia menores que las versiones lineales.

Lámparas fluorescentes compactas no integradas

Con el objeto de conseguir una lámpara de menor tamaño que las tubulares lineales o circulares, los fabricantes han variado la forma de las mismas, bien doblando el tubo en forma de U o reduciendo su longitud uniendo dos mitades en paralelo. Esta modificación del tubo de vidrio tiene como consecuencia la disminución de la eficacia de la lámpara y el acortamiento de su vida.

Los distintos tipos de casquillos utilizados en estas lámparas, de 2 o 4 patillas, hacen necesaria la utilización de equipos auxiliares electrónicos o electromagnéticos, respectivamente.

La gran mayoría de las lámparas compactas no integradas existentes en el mercado utilizan los trifósforos para el recubrimiento interior del tubo, lo que implica valores de rendimiento de color muy elevados ($R_a = 85$).

En función del equipo y del tipo de lámpara, la eficacia de estas lámparas oscila entre los 58 y los 88 lm/W, y se pueden alcanzar vidas útiles entre las 6.500 y las 15.000 horas, existiendo modelos especiales que puede alcanzar las 25.000 horas de vida útil.



Lámparas fluorescentes compactas no integradas

Lámparas fluorescentes compactas integradas

La diferencia fundamental con respecto a las anteriores es que llevan integrado el equipo de encendido (generalmente electrónico) y su acabado es en casquillo convencional, E14 o E27, lo que las hace directamente intercambiables con las lámparas incandescentes estándar.

En el mercado existe una gran variedad en forma, tamaño y potencia de estas lámparas, por lo que es difícil establecer un criterio común de vida y eficacia, debiendo analizar las especificaciones dadas por el fabricante. En general, estas lámparas se fabrican en temperaturas de color cálidas, pero también las hay de temperatura de color fría.

Si se utilizan en sustitución de las incandescentes estándar se deberán tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ La Tc deberá oscilar entre los 2.700 K y los 3.000 K.
- ✓ El número de encendidos afecta de modo muy importante a la vida de la lámpara.
- ✓ Como criterio general puede usarse la norma de dividir entre 5 la potencia de la lámpara incandescente estándar que se desea sustituir.
- ✓ Aunque el encendido es instantáneo, se necesitan varios segundos para alcanzar el flujo nominal.



Lámparas fluorescentes compactas integradas

Lámparas de inducción

El principio de generación de luz de estas lámparas es idéntico al referido para las lámparas fluorescentes analizadas en los apartados anteriores de este capítulo.

En dichas lámparas el flujo de electrones necesario para su funcionamiento precisaba de la existencia de unos cátodos en los extremos del tubo. En la lámpara de inducción, la excitación eléctrica de los átomos de mercurio del gas tiene lugar por la acción de un campo electromagnético producido por un generador de alta frecuencia que transmite una corriente mediante una antena u otro sistema, en función del modelo de lámpara.

Al no existir electrodos, la vida de la lámpara es muy superior a la de una lámpara fluorescente de las nombradas anteriormente, pudiendo alcanzar las 60.000 horas de vida útil, con eficacias entre los 65 y los 85 lm/W.

La tecnología de esta lámpara tiene sus orígenes en los trabajos de Nikola Tesla en la década de 1890-1990, quien posteriormente patentó un sistema de luz basado en los principios de transferencia de la energía a las lámparas incandescentes y fluorescentes sin electrodos. Estas lámparas se comenzaron a comercializar un siglo más tarde, en los noventa. En la actualidad, por su limitada eficacia, bajo factor de utilización (utilancia) en instalación y elevado coste, estas lámparas han desaparecido de los catálogos de los principales fabricantes.



Lámparas de inducción

6.3.4. Dispositivos en estado sólido emisores de luz (LED y OLED)

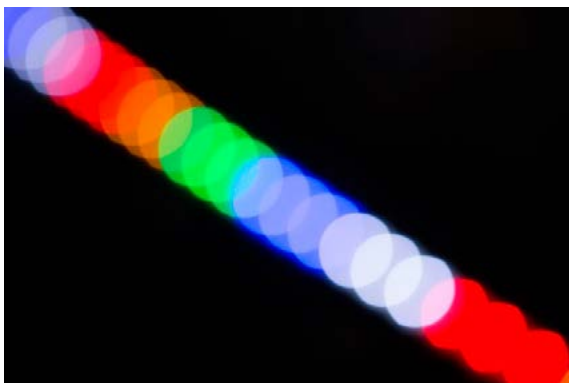
El principio físico de generación de energía luminosa en el que están basados estos dispositivos difiere de los analizados para las otras familias de fuentes de luz vistas anteriormente, al no existir ni un filamento metálico incandescente ni una descarga eléctrica en el seno de un determinado gas.

Como dispositivos en estado sólido emisores de luz analizaremos los LED y los OLED.

Los LED

El acrónimo LED proviene de las siglas en inglés de lighting emitting diode (diodo emisor de luz). Un LED es un diodo (componente electrónico semiconductor) que, al ser atravesado por una corriente eléctrica en unas determinadas condiciones, emite luz.

La energía luminosa emitida, en forma de fotones, puede ser visible, infrarroja o muy próxima al espectro ultravioleta. Su longitud de onda y, por tanto, su color, dependen básicamente de la composición química del material semiconductor utilizado. Los utilizados en alumbrado se denominan genéricamente como LED de alta potencia.

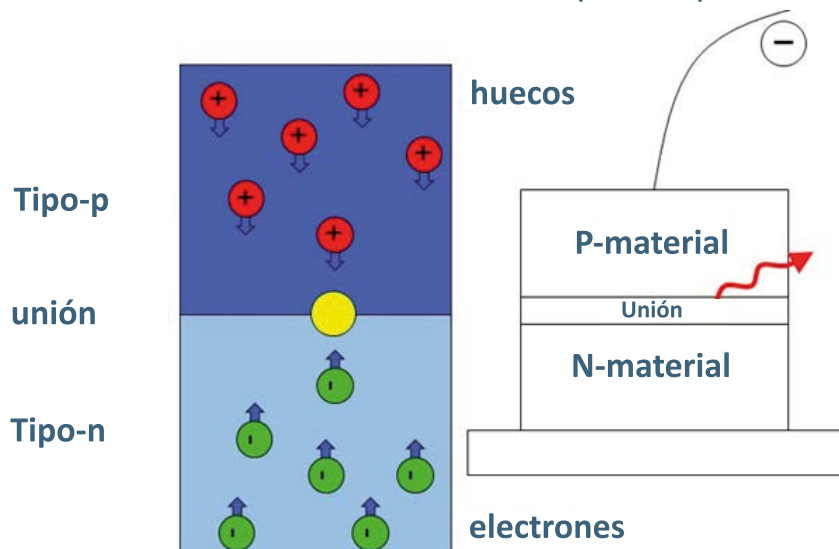
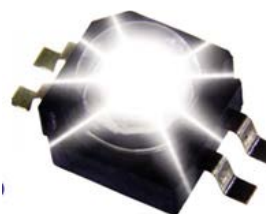
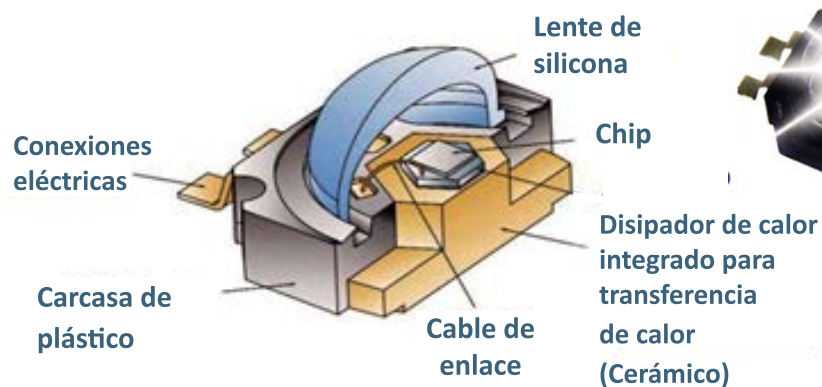
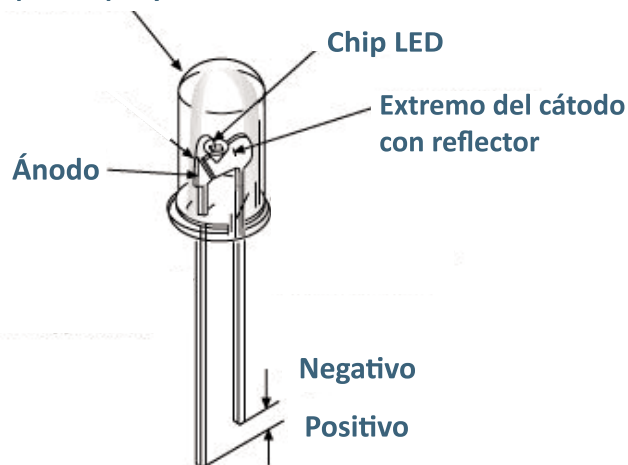


El LED

El LED, desde el punto de vista de emisión de energía luminosa, solamente funciona cuando es alimentado con una polarización correcta en sus bornes. No puede conectarse directamente a tensión de red, necesitando para su correcto funcionamiento la utilización de una fuente de alimentación, denominada comúnmente *driver*.

LED (Light Emitting Diode)

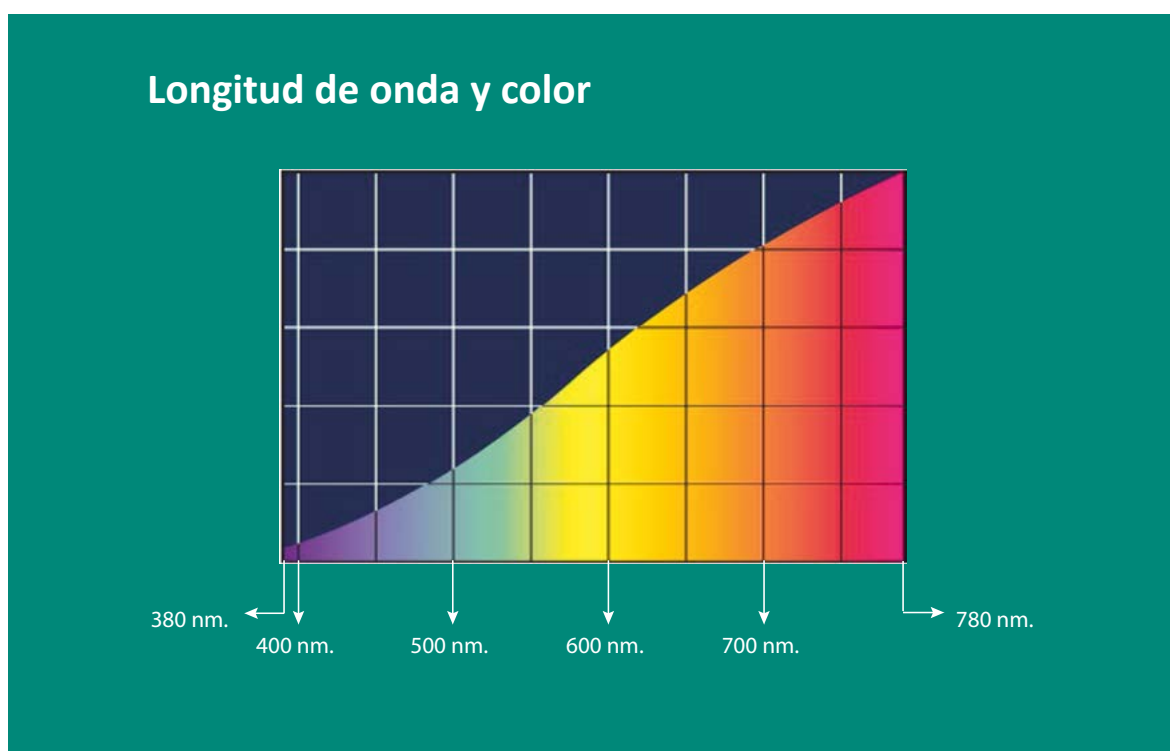
Cápsula epoxy con lente



En términos generales, la luz generada por los LED es monocromática, y los distintos colores son producto del material semiconductor utilizado en su fabricación.

Color	Longitud de onda (nm)
Azul royal	440 (pico)
Azul	470
Cian	505
Verde	530
Ambar	590
Rojo	625

Tabla 6. Relación color/longitud de onda



Color y longitud de onda luz del LED

LED emisores de luz blanca

Como aplicación del denominado LED de alta potencia como iluminante, es la generación de luz blanca y buena reproducción de color la que despierta el mayor interés. Esto se puede conseguir mediante dos métodos:

- ✓ Mediante la mezcla de luz emitida por tres chips monocromáticos: azul, verde y rojo.
- ✓ Mediante la combinación de un chip azul y capas de fósforo.

El primer método raramente se utiliza para producir un LED «blanco», aunque sí se utiliza para realizar juegos de colores, regulando independientemente la intensidad de corriente que circula por cada chip.

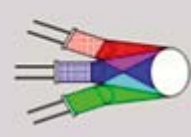
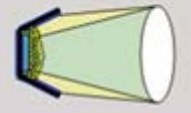
Mediante el segundo método se puede obtener luz blanca cálida o fría en función de los fósforos que se utilicen. Si se utilizan fósforos amarillos se tendrá un LED blanco frío y de un Ra en torno a 60. Si se utilizan fósforos rojos y verdes se puede obtener un LED blanco cálido de mejor reproducción cromática ($R_a < 80$) pero con algo menos de flujo luminoso.

A fecha de hoy, la tecnología utilizada en la fabricación de los LED no ha conseguido la unificación de las propiedades, incluso entre los LED obtenidos de la misma oblea. Con el objeto de obtener un cierto grado de homogeneidad para una aplicación determinada, se recurre al denominado «binning», que involucra la caracterización de los LED mediante sus características fundamentales: flujo, color y voltaje.

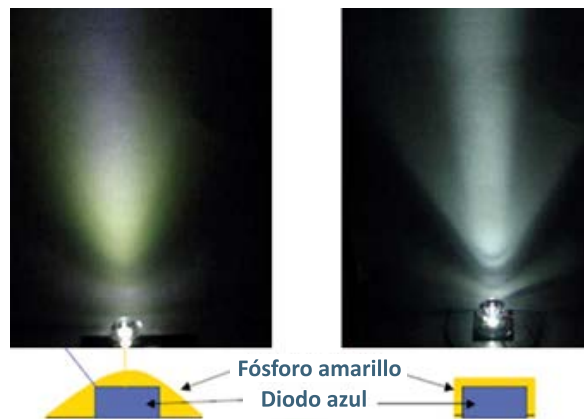
Este segundo método tiene una variante denominada de «fósforos remotos», consistente en montar una placa con varios LED azules en el interior de una cámara de alto grado de reflexión, denominada cámara de mezcla, donde las eventuales diferencias en color y flujo de los chips empleados se mezclan, dando lugar a una luz azul uniforme. La capa de fósforos y el difusor utilizado transforman esta luz azul en luz blanca de gran uniformidad.

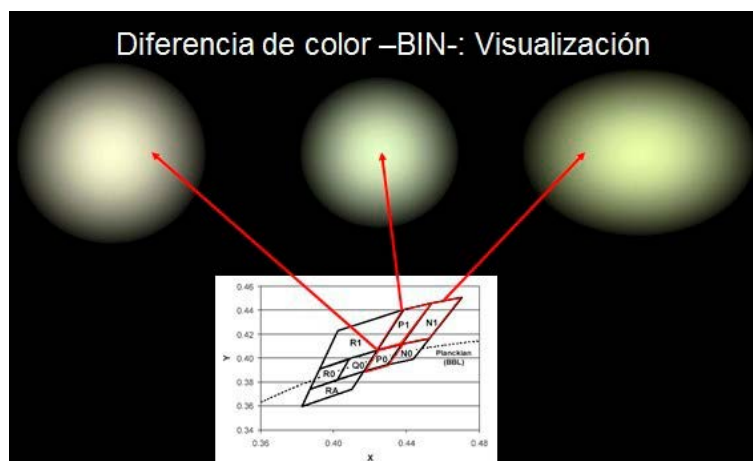
LED emisores de luz blanca

Mezcla de luz emitida por tres chips monocromáticos: azul, verde y rojo

	Técnica
	Mezcla de Rojo-Verde-Azul (RGB)
	LED Azul con un fósforo blanco/amarillo
	LED Azul con un fósforo RGB

Combinación de un chip azul y capas de fósforo





Mezcla de colores

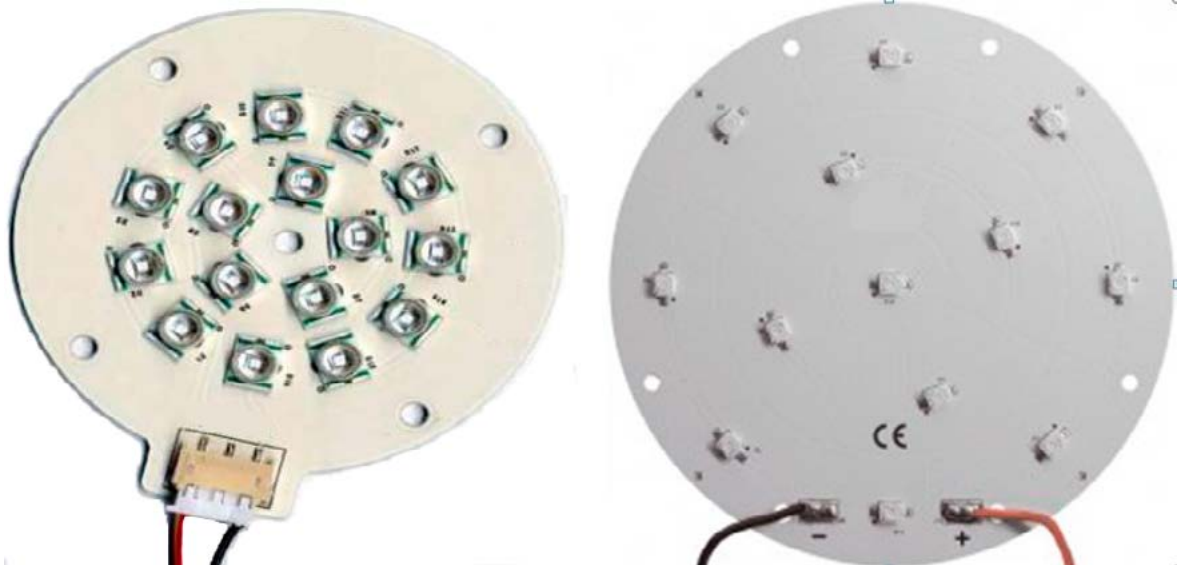
Con esta variante es posible incrementar la eficiencia del sistema en un 40%, asegurando la estabilidad del color. Al igual que el resto de las fuentes de luz anteriormente citadas, los LED empleados en el alumbrado deberán cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 62471 («Seguridad fotobiológica de las lámparas»), y sus correspondientes revisiones, en la que se hace referencia al posible daño para la retina al mirar directamente a dichas fuentes de luz.

La utilización de los LED en un alumbrado general, ya sea de interior o de exterior, al igual que sucede con las otras fuentes de luz descritas en este capítulo, está clasificada como exenta de riesgo o de riesgo muy bajo por la citada norma, siempre que se realice en las condiciones indicadas por los fabricantes.

Conjuntos multi-LED-PCB (printed circuit board)

Dado que el flujo luminoso unitario de los LED de alta potencia es aún relativamente bajo comparado con el de otras fuentes de luz anteriormente mencionadas, para su aplicación como iluminante se utilizan varios de ellos fijados a un circuito impreso, con dos funciones principales:

1. Establecer las conexiones eléctricas entre los LED y el «driver». Pueden ser fabricadas en fibra de vidrio o con un núcleo de metal (generalmente aluminio) con una ligera capa de fibra de vidrio, en cuyo caso se denominan MCPCB (metal core printed circuit board).
2. Transferir el calor generado por los LED al disipador térmico.



PCB

Características del LED

Frente a las otras fuentes de luz citadas en este capítulo, el LED aporta importantes ventajas (citaremos algunas a continuación) para su utilización en el alumbrado, tanto interior como exterior.

- ✓ Emisión de luz monocromática, ideal para iluminaciones arquitecturales y decorativas.
- ✓ Pequeñas dimensiones, que permiten gran flexibilidad y simplicidad de diseño de luminarias.
- ✓ Elevada eficacia lm/W en función de la intensidad de corriente con la que sea alimentado.

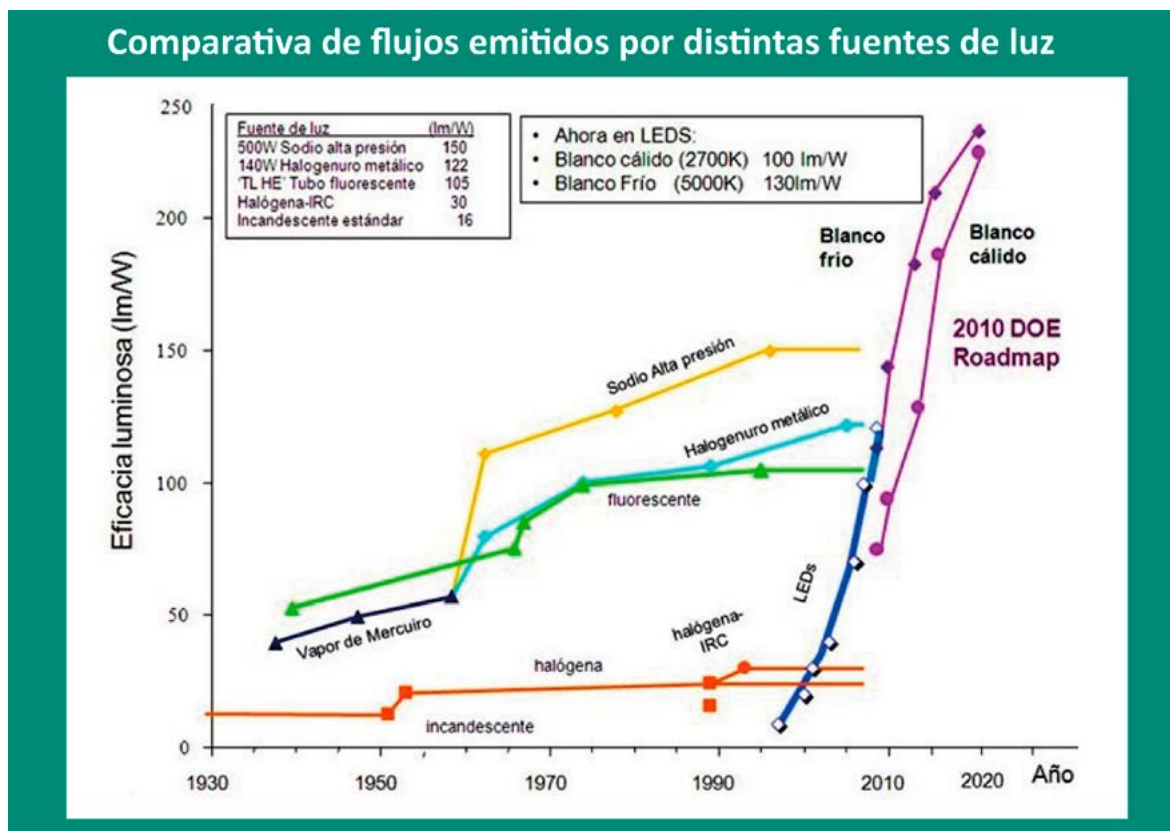
Con la elevación de la corriente que circula por el LED (750 mA, 1 A) se incrementa el flujo emitido al mismo tiempo que la potencia consumida. Habitualmente, con intensidades de corriente de 350 mA se consigue la mayor eficacia, alcanzando a día de hoy los 100 o 120 lm/W cuando varios LED trabajan de forma conjunta en una luminaria.

- ✓ Gran vida útil, de hasta 50.000 horas, dependiendo de la temperatura ambiente en la que trabaje el LED, de la corriente de alimentación y de la disipación térmica de la solución empleada.
- ✓ Sin radiación ultravioleta ni infrarroja.
- ✓ Emisión luminosa fácilmente direccionable mediante lentes o reflectores, pudiendo alcanzar utilidades mayores con luminarias que incorporen LED que las obtenidas en luminarias dotadas de otras fuentes de luz convencionales.
- ✓ Mayor resistencia a golpes y vibraciones que el resto de las fuentes de luz habitualmente utilizadas.
- ✓ Encendido instantáneo y fácilmente regulable.

Comparativa de fuente de luz LED con incandescencia, fluorescencia y descarga

El rápido desarrollo de la tecnología LED ha disparado las expectativas de crecimiento en el flujo de luz emitida por estos elementos, si bien la citada emisión puede quedar limitada por la posibilidad o no de la disipación térmica necesaria para su correcto funcionamiento, al incorporarlos en lámparas y/o luminarias.

En el gráfico siguiente se indica una comparativa de los flujos emitidos por las distintas tecnologías de fuentes de luz.



Comparativa de flujos emitidos por distintas fuentes de luz

Lámparas LED con conexión directa a red

En este tipo de lámparas, la fuente de alimentación va incluida en el formato de las mismas, por lo que se hace necesaria la existencia de disipadores térmicos que permitan el correcto funcionamiento de dicha fuente.

Lámparas LED con conexión directa a red o “retrofit”



La fuente de alimentación va incluida en el formato de estas lámparas y necesitan disipadores térmicos que permitan su correcto funcionamiento

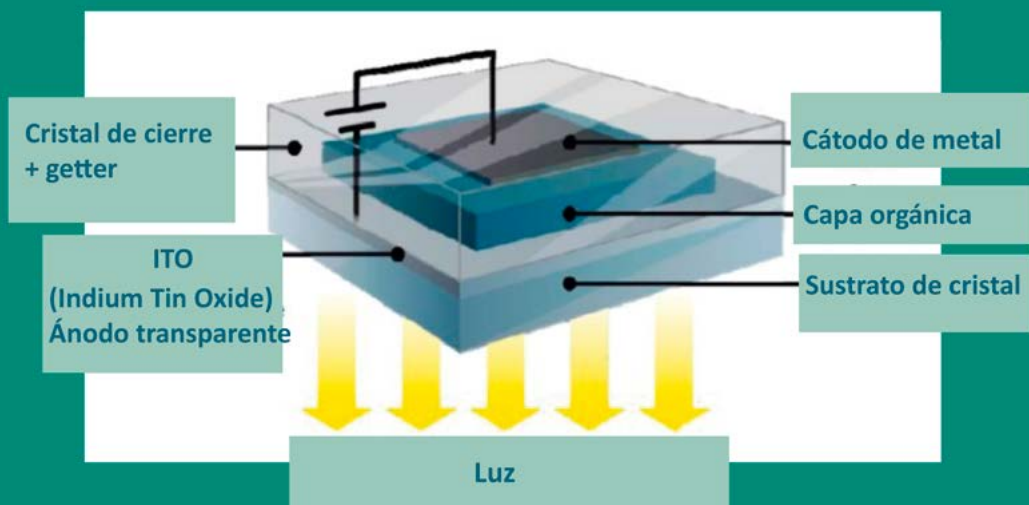
Lámparas LED de conexión directa a red o *retrofit*

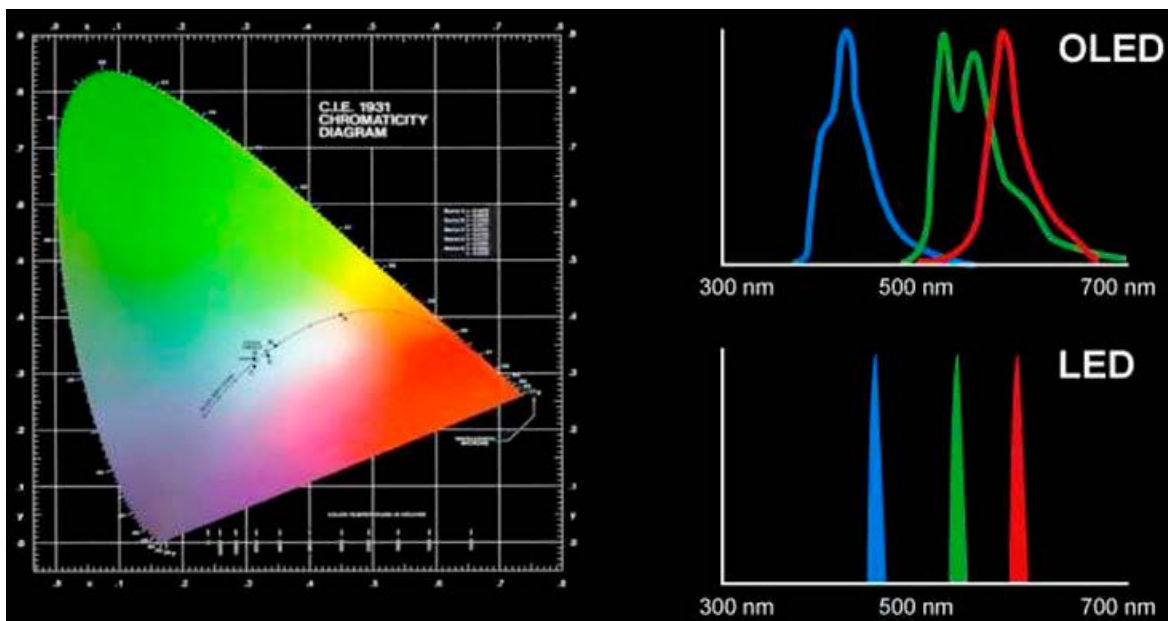
Los OLED (organic light emitting diode)

Son diodos orgánicos de emisión de luz, que están formados por dos finas capas orgánicas denominadas capa de emisión y capa de conducción, que se encuentran comprendidas a su vez entre dos finas películas que hacen de ánodo y cátodo, que, al aplicarles una estimulación eléctrica, reaccionan generando luz.

Los materiales utilizados y la estructura de las capas determinan las características de color de la luz emitida, vida útil y eficacia.

OLED (Organic Light Emitting Diode)





El OLED

Actualmente se pueden encontrar dos tipos de OLED, en función de la tecnología empleada para la generación de energía luminosa: de generación mediante moléculas, denominados SM-OLED (small Molecule-OLED), y de generación mediante polímeros, denominados PLED (polymer light emitting diodes).

Características del OLED

Para su aplicación al alumbrado destacan:

- ✓ Ligero y de muy poco espesor, permitiendo aplicaciones en las que el peso y el volumen sean determinantes.
- ✓ Elevada reproducción cromática de la luz emitida ($R_a > 80$).
- ✓ Larga vida útil (> 1.000 horas).
- ✓ Fuente de luz difusa.
- ✓ Bajo voltaje de funcionamiento.
- ✓ Sin sustancias peligrosas en su composición.

A día de hoy la utilización del OLED como fuente de luz se encuentra en su fase inicial de desarrollo, esperándose que a medio plazo se consigan eficacias superiores a 100 lm/W (actualmente unos 20 lm/W) y elevada vida útil a un costo competitivo para su utilización, especialmente en el alumbrado interior.

Del mismo modo, si la tecnología permite la fabricación del OLED totalmente transparente, tendrá una gran aplicación como elemento de construcción.

6.4. Equipos eléctricos auxiliares

La mayor parte de las fuentes de luz referidas en este capítulo necesitan de un equipo auxiliar para ser conexionadas a la red de alimentación eléctrica. Tanto las lámparas fluorescentes como el resto de las de descarga en gas y los dispositivos en estado sólido emisores de luz necesitan del citado equipo auxiliar para su correcto funcionamiento. Asimismo, algunas lámparas incandescentes halógenas de bajo voltaje necesitan de la presencia de un transformador en su circuito de conexión a la red eléctrica.

Tanto unos como otros pueden aparecer en sus versiones electrónicas o electromagnéticas.

6.4.1. Equipos asociados a fuentes de luz incandescente halógena de bajo voltaje

En el caso de las lámparas incandescentes halógenas de bajo voltaje (12/24 V), es necesaria la existencia de un transformador de tensión entre la lámpara y la red de alimentación (230 V).

Estos transformadores pueden ser electrónicos o electromagnéticos.

Algunas de las principales ventajas de los primeros son las siguientes: más ligeros y compactos; menores pérdidas por efecto Joule; más silenciosos; elevado factor de potencia; protección contra sobrecargas y cortocircuitos, y posibilidad de regulación según tipos.



Equipos para halógenas de bajo voltaje

6.4.2. Equipos auxiliares para lámparas de descarga

Como ya se ha comentado anteriormente, las lámparas de descarga requieren la presencia de un equipo auxiliar entre dichas lámparas y la red de alimentación. Estos equipos existen en versión electromagnética y electrónica.

Equipos auxiliares electromagnéticos para lámparas de descarga

Son equipos formados por varios elementos: **arrancador, balasto o reactancia y condensador**.

Arrancador. El arrancador es el componente que proporciona en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto, la tensión requerida para el cebado de la lámpara. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico.

En casi todas sus versiones, la lámpara de descarga necesita de un **arrancador** auxiliar para comenzar la descarga, venciendo la diferencia de potencial existente entre sus electrodos. Es un componente del equipo auxiliar cuyas características eléctricas tienen una importancia fundamental en la vida de la lámpara. La tensión de pico, la corriente máxima (independiente/en serie), la posición de fase, y la tensión de conexión e interrupción tienen que ser las idóneas para lo requerido por tipo y potencia.

Los más comúnmente empleados son: arrancadores en semiparalelo; arrancadores serie o de superposición y los arrancadores de montaje paralelo, existiendo versiones denominadas temporizados, que, tras un determinado período de tiempo sin que la lámpara arranque, se desconectan automáticamente.

También existe la versión de reencendido en caliente, especialmente utilizados en altas potencias de lámpara usadas generalmente en iluminación deportiva.

En el caso de las lámparas fluorescentes este dispositivo (arrancador) se denomina **cebador**.

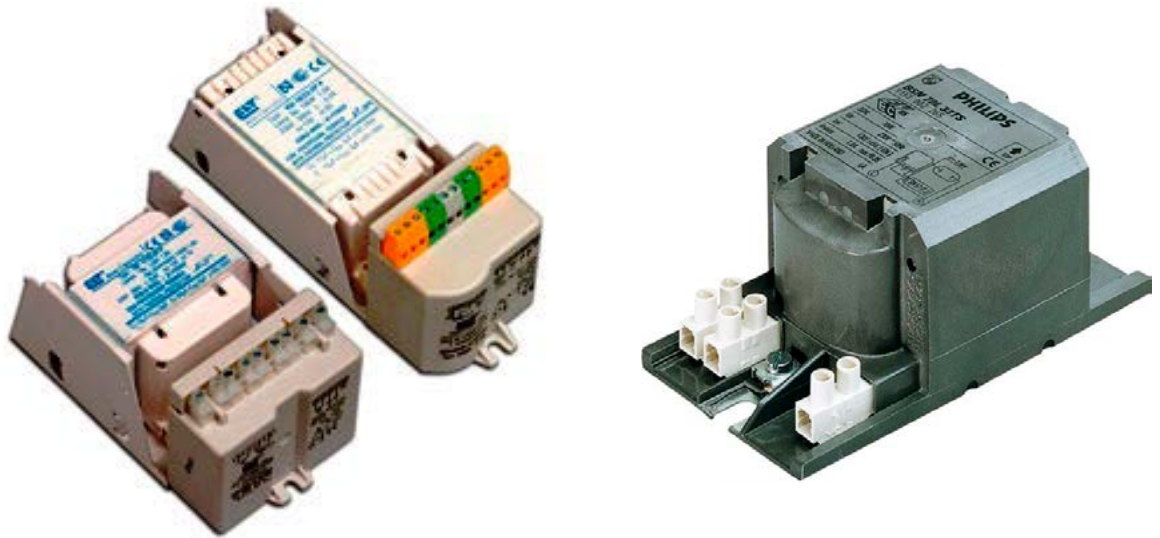


Arrancadores y cebadores

Balasto. Una característica común a todas las lámparas de descarga es que ofrecen una impedancia al paso de la corriente eléctrica, que disminuye a medida que esta aumenta, motivo por el que no pueden ser conectadas directamente a la red de alimentación sin un dispositivo, denominado **balasto o reactancia**, que controle la intensidad de corriente que circula por ellas.

Los más comúnmente utilizados son los de choque, que pueden considerarse puramente inductivos. Para su utilización con lámparas de descarga en alta presión, también los hay autotransformadores y autorreguladores.

Especialmente destinados a las lámparas de sodio de alta presión, existen en el mercado equipos electromagnéticos denominados de doble nivel, cuyo balasto dispone de dos bobinados en serie, capaces de alimentar a la lámpara con dos intensidades y modificando, por tanto, el flujo luminoso emitido por ella. En estos equipos, la conmutación entre los dos niveles de impedancia del balasto se realiza a través de un relé temporizado o mediante un hilo de mando.



Balastos electromagnéticos

El balasto electromagnético en funcionamiento con la lámpara posee un factor de potencia en torno a 0,5, lo que provoca un consumo de energía reactiva penalizado por las compañías eléctricas aplicando recargos en las facturas. Para corregir este problema se utiliza la carga capacitiva que genera el **condensador** intercalado en el circuito.

Equipos auxiliares electrónicos para lámparas de descarga

Como alternativa a los equipos electromagnéticos se han desarrollado los equipos auxiliares electrónicos, tanto para lámparas fluorescentes como de descarga en alta presión.

Estos equipos integran en un solo conjunto los sistemas de encendido, estabilización y compensación, y, en muchas ocasiones, de regulación del flujo luminoso emitido por la lámpara.

Fundamentalmente utilizados desde hace varios años como equipo de encendido (con y sin precaldeo) para las lámparas fluorescentes, también existen equipos electrónicos para lámparas de descarga (sodio a alta presión, halogenuros metálicos de quemador de cuarzo o cerámicos), si bien es cierto que no para todo tipo de potencia.

Las principales ventajas de los equipos electrónicos frente a los electromagnéticos son:

- ✓ Mayor eficacia del sistema por menor consumo propio.
- ✓ Menor peso y tamaño.
- ✓ Simplificación del cableado (un solo elemento).
- ✓ Fiabilidad de encendido.
- ✓ Incremento de la vida útil de las lámparas y estabilidad del flujo y la temperatura de color.
- ✓ Menor sensibilidad a las variaciones de tensión de la red de alimentación.
- ✓ Posibilidad de regulación en muchos de sus modelos y potencias.



Equipos electrónicos

Según la Directiva Europea 2000/55/CE, de 18 de septiembre de 2000, relativa a los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescente (exceptuando las lámparas compactas de bajo consumo), el conjunto lámpara-equipo no deberá sobrepasar los valores de la siguiente tabla.

Tabla para situar el tipo de balasto en su categoría	
Categoría	Descripción
1	Balastos para lámpara tubular
2	Balastos para lámpara compacta de 2 tubos
3	Balastos para lámpara compacta plana de 4 tubos
4	Balastos para lámpara compacta de 4 tubos
5	Balastos para lámpara compacta de 6 tubos
6	Balastos para lámpara compacta de tipo 2D

Tabla 7. Asignación de categoría a cada tipo de balasto

Una vez situado el balasto en su categoría, la siguiente tabla nos indica la potencia máxima de entrada permitida para el conjunto balasto-lámpara.

EU2000/55/EC - Categoría 1		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T	FD-15-E-G13-26/450	15	13,5	9	16	18	21	23	25	> 25
	FD-30-E-G13-26/900	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FD-18-E-G13-26/600	30	24	16,5	31	33	36	38	40	> 40
	FD-36-E-G13-26/1200	36	32	19	36	38	41	43	45	> 45
	FD-58-E-G13-26/1500	38	32	20	38	40	43	45	47	> 47
	FD-38-E-G13-26/1047	58	50	29,5	55	59	64	67	70	> 70
	FD-70-E-G13-26/1800	70	60	36	68	72	77	80	83	> 83

EU2000/55/EC - Categoría 2		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-L	FSD-18-E-2G11	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSD-36-E-2G11	24	22	13,5	25	27	30	32	34	> 34
	FSD-24-E-2G11	36	32	19	36	38	41	43	45	> 45

EU2000/55/EC - Categoría 3		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-F	FSS-18-E-2G10	18	16	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSS-24-E-2G10	24	22	13,5	25	27	30	32	34	> 34
	FSS-36-E-2G10	36	32	19	36	38	41	43	45	> 45

EU2000/55/EC - Categoría 4		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-D/TC-DE	FSQ-10-E-G24q=1	10	9,5	6,5	11	13	14	16	18	> 18
	FSQ-10-I-G24d=1									
	FSQ-13-E-G24q=1	13	12,5	8	14	16	17	19	21	> 21
	FSQ-13-I-G24d=1									
	FSQ-18-E-G24q=2	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSQ-18-I-G24d=2									
	FSQ-26-E-G24q=3	26	24	14,5	27	29	32	34	36	> 36
	FSQ-26-I-G24d=3									

EU2000/55/EC - Categoría 5		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-T/TC-TE	FSM-13-I - GX24d=1	13	12,5	8	14	16	17	19	21	> 21
	FSM-13-E-GX24q=1									
	FSM-18-I- GX24d=2	18	16,5	10,5	19	21	24	26	28	> 28
	FSM-18-E-GX24q=2									
	FSM-26-I - GX24d=3	26	24	14,5	27	29	32	34	36	> 36
	FSM-26-E-GX24q=3									

EU2000/55/EC - Categoría 6		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-DO / TC-DDE	FSS-10-E-GR10q	10	9	6,5	11	13	14	16	18	> 18
	FSS-10-L/P/H-GR10q									
	FSS-16-I -GR8	16	14	8,5	17	19	21	23	25	> 25
	FSS-16-E-GR10q									
	FSS-16-L/P/H-GR10q									
	FSS-21-E-GR10q	21	19	12	22	24	27	29	31	> 31
	FSS-21-L/P/H-GR10q									
	FSS-28-I-GR8	28	25	15,5	29	31	34	36	38	> 38
	FSS-28-E-GR10q									
	FSS-28-L/P/L-GR10q									
	FSS-38-E-GR10q	38	34	20	38	40	43	45	47	> 47
	FSS-38-L/P/L-GR10q									

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC	FSD-5-I-G23	5	4,5	4	7	8	10	12	14	> 14
	FSD-5-E-2G7									
	FSD-7-I-G23	7	6,5	5	9	10	12	14	16	> 16
	FSD-7-E-2G7									
	FSD-9-I-G23	9	8	6	11	12	14	16	18	> 18
	FSD-9-E-2G7									
	FSD-11-I-G23	11	11	7,5	14	15	16	18	20	> 20
	FSD-11-E-2G7									

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T	FD-4-E-G5-16/150	4	3,4	3,5	6	7	9	11	13	> 13
	FD-6-E-G5-16/225	6	5,1	4	8	9	11	13	15	> 15
	FD-8-E-G5-16/300	8	6,7	5	11	12	13	15	17	> 17
	FD-13-E-G5-16/525	13	11,8	8	15	16	17	19	21	> 21

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T9-C	FC-22-E-G10q-29	22	19	12	22	24	28	30	32	32
	FC-32-E-G10q-29	32	30	18,5	35	37	38	40	42	42
	FC-40-E-G10q-29	40	32	19,5	37	39	46	48	50	50

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T5-E	FDH-14-G5-L/P-16/550		14	9,5	17	19				
	FDH-24-G5-L/P-16/550		21	13	24	26				
	FDH-21-G5-L/P-16/850		24	14	26	28				
	FDH-28-G5-L/P-16/1150		28	17	32	34				
	FDH-39-G5-L/P-16/850		35	21	39	42				
	FDH-35-G5-L/P-16/1450		39	23	43	46				
	FDH-49-G5-L/P-16/1450		49	29	55	58				
	FDH-54-G5-L/P-16/1150		54	31,5	60	63				
	FDH-80-G5-L/P-16/1150		80	47,5	88	92				
	FDH-95-GX5-L/P-16/1150		95	56,5	105	113				
	FDH-120-GX5-L/P-16-1450		120	71	133	142				

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
T5-C	FCH-22-L/P-2GX13-16		22	14	26	28				
	FCH-40-L/P-2GX13-16		40	24	45	48				
	FCH-55-L/P-2GX13-16		55	32,5	61	65				
	FCH-60-L/P-2GX13-16		60	35	66	70				

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-LE	FSDH-40-L/P-2G11		40	24	45	48				
	FSDH-55-L/P-2G11		55	32,5	61	65				
	FSDH-80-L/P-2G11		80	47,5	88	92				

EU2000/55/EC		Potencia	Lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50 Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-TE	FSMH-32-L/P-2GX24q=3		32	19,5	36	39				
	FSM6H-57-L/P-2GX24q=5		42	25	47	50				
	FSM8H-57-L/P-2GX24q=5									
	FSMH-42-L/P-2GX24q=4		57	33,5	63	67				
	FSM6H-70-L/P-2GX24q=6									
	FSM8H-70-L/P-2GX24q=6		70	41	77	82				
	FSM6H-60-L/P-2G8=1		63	37,5	70	75				
	FSM6H-85-L/P-2G8=1		87	51,5	96	103				
	FSM6H-120-L/P-2G8=1									
	FSM8H-120-L/P-2G8=1		122	72	135	144				

EU2000/55/EC		Potencia	lámpara	Clase						
Lámpara	Código	50Hz	HF	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
Tipo	ILCOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W
TC-DO	FSSH-55-L/P-GR10		55	32,5	61	65				
PROHIBIDO DESDE 21-11-2005 (clase C)										
PROHIBIDO DESDE 21-5-2002 (clase D)										

Tabla 8. Potencia máxima balasto-lámpara

Todo balasto debe tener marcados, además de las características eléctricas, el nombre del fabricante y país de origen; los símbolos CE, ENEC o similar, que acreditan el cumplimiento de las normas relativas a su seguridad y funcionamiento; el índice de eficiencia energética EEI; la t_w (temperatura máxima de funcionamiento); el incremento de temperatura (Δt); la temperatura máxima de ambiente de funcionamiento (t_a), y el factor de potencia.

Además, puede llevar impresas las marcas de conformidad de diferentes organismos de homologación.



Marcas de homologación

En la elección de estos elementos, tanto electromagnéticos como electrónicos, se debe considerar la utilización de aquellos fabricados que cumplan con las normas y recomendaciones referentes a estos productos, establecidas por los distintos organismos nacionales e internacionales.

Asimismo, el equipo auxiliar en su conjunto o cada componente debe cumplir de forma obligatoria:

- ✓ El marcado «CE» (Conformidad Europea), que representa el cumplimiento de Directiva de Baja Tensión (LV) 73/23/EEC (obligatoria desde 1-1-97), aplicable a todos los aparatos eléctricos de tensión nominal de 50 a 1.000 V en corriente alterna y de 75 a 1.500 V en corriente continua.
- ✓ Directiva de Compatibilidad Electromagnética (EMC) 89/366/EEC (obligatoria desde 1-1-96), aplicable a todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pueden generar radio interferencias o verse afectados por perturbaciones generadas por otros aparatos de su entorno.

6.4.3. Equipos auxiliares electrónicos asociados a fuentes de luz en estado sólido (*drivers*)

Son fuentes de alimentación que suministran la tensión necesaria para que se produzca la emisión luminosa de estos elementos (diodos) y garantizan la correcta polarización de los mismos, el funcionamiento permanente dentro del rango nominal de trabajo y la correcta estabilidad de sus parámetros de funcionamiento.

Los más comúnmente usados en la tecnología LED de alta potencia (los habitualmente utilizados en iluminación interior y exterior), son los denominados “drivers” de corriente constante, que varían el voltaje para mantener un valor de intensidad constante a través del diodo.

Para los LED o módulos LED de baja potencia suelen utilizarse las fuentes de alimentación a tensión constante.

Además de lo definido para los equipos auxiliares respecto al cumplimiento del marcado CE y directivas relacionadas, los equipos auxiliares electrónicos asociados a las fuentes de luz LED se regirán por la siguiente normativa:

- ✓ UNE-EN 61347-2-13. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- ✓ UNE-EN 62384. Dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.

Como en todo equipo electrónico, es vital la temperatura máxima de trabajo de los mismos, que debe ir marcada en un punto de su envoltente.



Equipos auxiliares para LED

7 Tipología de sistemas y elementos de iluminación

En este capítulo se enumeran las principales tipologías de iluminación y los principales tipos de lámparas, luminarias, equipos y sistemas de control disponibles, así como los criterios básicos para su elección, siempre desde el punto de vista de la eficiencia energética.

7.1. Sistemas de alumbrado

Los sistemas de alumbrado que se emplean en hospitales y centros de asistencia primaria son las siguientes:

Alumbrado general

Se denomina así al alumbrado de un espacio en el que no se tienen en cuenta las necesidades particulares de ciertos puntos determinados. Se utilizará en locales como:

- ✓ Unidades de hospitalización.
- ✓ Quirófanos y salas de reconocimiento.
- ✓ Salas de partos y de autopsia.
- ✓ Oficinas y zonas administrativas.
- ✓ Áreas de descanso y espera. Sala de visitas.
- ✓ Salas de terapia y rehabilitación.
- ✓ Pasillos, vestíbulos.

Alumbrado localizado

Es el utilizado para una tarea específica, adicional al alumbrado general y controlado independientemente.

Se utilizará en locales como:

- ✓ Quirófanos y urgencias.
- ✓ Salas de curas y salas de partos.

- ✓ Zonas de diagnóstico e inspección visual.
- ✓ Unidades de hospitalización.
- ✓ Espacios con luz de reconocimiento, de inspección o de vigilia.

Alumbrado general + localizado

Es el alumbrado resultante de añadir el alumbrado localizado al alumbrado general.

Alumbrado directo

Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que al menos el 90% del flujo luminoso emitido alcanza directamente el plano de trabajo, suponiendo dicho plano ilimitado.

Alumbrado indirecto:

Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que como máximo el 10% del flujo luminoso emitido alcanza directamente el plano de trabajo, suponiendo dicho plano ilimitado.

En instalaciones específicas se requieren sistemas de iluminación indirecta que garantice una mejora en el confort visual; esta mejora nos viene proporcionada por la reducción de posibilidades de deslumbramiento directo. Hay que recalcar que este sistema de alumbrado es el de menor eficiencia energética.

Alumbrado decorativo

Iluminación prevista para proveer entornos más agradables visualmente.

Alumbrado de emergencia

Independientemente de los sistemas de alumbrado mencionados, tanto en lo referente al alumbrado normal como al de emergencia, se deberá cumplir lo reflejado en la Sección SUA 4 del Documento Básico de Seguridad y Utilización, referente a la seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada.

Como en cualquier instalación de locales públicos, en el caso de fallo del alumbrado normal se dispondrá de un sistema de alumbrado de emergencia fijo con fuente de alimentación propia, que entre en funcionamiento al producirse dicho fallo, que suministre el nivel de iluminación necesario para facilitar la visibilidad de los usuarios de manera que pueda producirse el abandono de las distintas zonas, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas, así como la situación de los equipos y medios de protección y primeros auxilios existentes.

En el caso específico de los centros hospitalarios, dadas las especiales características que concurren en ellos, se hace precisa la existencia de una adecuada instalación de emergencia, adaptada a los distintos niveles de necesidades que se presenten en ellos.

Atendiendo a ello, el alumbrado de emergencia deberá permitir dos tipos de actuaciones: la evacuación en condiciones adversas, y la cantidad y calidad suficientes para atender a los pacientes que **no pueden ser evacuados**.

Por ello, deben plantearse dos tipos de iluminaciones de emergencia:

- ✓ **Iluminación de emergencia de circulación**, de bajo nivel, suficiente para la movilidad del personal, que debe permitir el reconocimiento de los obstáculos y facilitar la salida para la evacuación. Se aplicará a habitaciones, pasillos, escaleras, salas de estar y, en general, en aquellos locales en los que no se precise alumbrado local para realizar tareas difíciles.
- ✓ **Iluminación de emergencia sustitutoria**, de elevado nivel, coincidente en muchos casos al mismo nivel del alumbrado regular, que permita la realización de trabajos delicados. Proporcionada por una alimentación eléctrica paralela (distintas empresas suministradoras, grupo electrógeno o baterías de acumuladores), deberá actuar instantánea y automáticamente. Se aplicará a quirófanos, UVI/UCI, urgencias, salas de cura, habitaciones especiales, etc.

El alumbrado de emergencia deberá ajustarse a la legislación vigente:

- ✓ Directiva Comunitaria de Baja Tensión CEE 73/23 (RD 7/1988 y RD 154/1995).
- ✓ Norma Básica de Edificación, Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios (NBE-CPI/91 y NBE-CPI/96).
- ✓ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT), Instrucción MI BT 025 (Hoja de interpretación n.º 25).
- ✓ Cualquier norma o directiva que posteriormente se apruebe y le sea de aplicación.

7.2. Tipos de fuentes luminosas recomendadas*

Los tipos de fuentes de luz recomendados para la iluminación de hospitales y centros de asistencia primaria son:

1. Fluorescentes tubulares lineales de Ø 26/16 mm.
2. Fluorescentes compactas integradas.
3. Fluorescentes compactas no integradas.
4. Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).
5. Lámparas de descarga de sodio de alta presión (SAP) (solo para exteriores).
6. Incandescente halógena.
7. Lámparas LED.

* Ver capítulo «Fuentes de luz»



Tipos de fuentes luminosas

Seleccionar la iluminación más apropiada depende de muchos factores, como son la eficacia de la fuente de luz, las cualidades cromáticas, el flujo luminoso, la vida media, el equipo necesario, y aspectos medio ambientales, entre otros. En la tabla siguiente se pueden ver las características de las fuentes de luz más idóneas para iluminación general, localizada y decorativa. Los pasos a seguir para seleccionar la fuente de luz más adecuada para cada dependencia serán:

1. Seleccionar aquella lámpara que cumpla los parámetros, tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra), recomendados para el local.
2. De aquellos tipos de lámpara que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficiencia energética, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lúmenes/vatio.
3. Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas.

Tipo de lámpara	Rango de potencias (W)	Tono de luz	Ra	lm/W	Vida media, horas	Aplicación
Fluorescencia lineal Ø 26 mm	15-70	Cálido Neutro Frío	> 85	67-90	15.000	General
Fluorescencia lineal Ø 16 mm	13-80	Cálido Neutro Frío	> 85	80-97	24.000	General
Fluorescencia compacta	57-88	Cálido Neutro Frío	> 85	57-88	15.000	General Localizada Decorativa
Halogenuros metálicos	20-2.000	Cálido Neutro Frío	> 65	72-120	5.000-20.000	General Localizada Decorativa
Tubos LED Ø 26 mm	10-25	Cálido Neutro Frío	> 85	80	30.000	General
Bombillas LED	2,5-13	Cálido Neutro	> 80	50-80	15.000-40.000	Localizada Decorativa
Fuentes de luz LED	—	Cálido Neutro Frío	Según luminaria			General Localizada Decorativa

Tabla 9. Parámetros luminosos de fuentes de luz

7.3. Tipos de equipos auxiliares recomendados

Son los equipos eléctricos asociados a la fuente de luz que deben proporcionar a esta los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posible.

Hay que recalcar que tanto el condensador como el arrancador únicamente se utilizan con balastos electromagnéticos y no con los electrónicos, ya que estos llevan incorporados unos componentes que desempeñan las funciones de ambos equipos.

Las características técnicas de los equipos auxiliares van en función de los parámetros eléctricos de la red y del tipo y potencia de la fuente de luz.

7.3.1. Balastos

El balasto es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos; cuando el balasto es electromagnético comúnmente se le conoce como reactancia, ya que es frecuente el uso de inductancias como dispositivos de estabilización.

El balasto asociado a la lámpara o lámparas debe proporcionar a estas los parámetros de trabajo dentro de los límites de funcionamiento establecidos en las normas y con las menores pérdidas de energía posibles.

Debido a que la fluorescencia ocupa un lugar predominante en el alumbrado hospitalario, siempre que sea posible, se utilizarán balastos electrónicos por las ventajas que aportan a la instalación de alumbrado.

En las instalaciones hospitalarias de interior, dadas las necesidades de iluminación habitualmente requeridas, y en cumplimiento del CTE, se utilizarán balastos electrónicos con regulación en las dependencias que lo requieran, por contar con las siguientes ventajas adicionales a las referidas en el capítulo «Fuentes de luz» para los electrónicos sin regulación:

- ✓ Mayor confort, permitiendo ajustar el nivel de luz según las necesidades.
- ✓ Posibilidad de conectarse a sensores de luz y ajustar en automático la intensidad de luz de la fuente de luz, y mantener un nivel de luz constante.
- ✓ Reducción adicional del consumo eléctrico, cuando el sistema está en regulación hasta el 70% en el caso de los sistemas de regulación con la señal de 1-10 v, o del 100% en el caso de los sistemas digitales cuando el nivel de flujo de las lámparas llega al 1% y se desconectan automáticamente.

7.3.2. Arrancadores y 6.3.3 Condensadores *(ver capítulo «Fuentes de luz»)*

Solamente recordar que tanto el condensador como el arrancador únicamente se utilizan con balastos electromagnéticos y no con los electrónicos, ya que estos llevan incorporados unos componentes que desempeñan las funciones de ambos equipos.

Para equipos auxiliares de otros tipos de fuentes de luz (halógenas de bajo voltaje, etc.), se utilizarán de bajas pérdidas homologados, asegurando el cumplimiento de la legislación vigente.

7.4. Tipos de luminarias recomendadas

Las luminarias a utilizar en los hospitales y centros de asistencia primaria se pueden analizar por características de montaje, eléctricas o por condiciones operativas, pero siempre cumpliendo lo establecido en la Norma EN 60598, que define como luminaria al aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias fuentes de luz (lámpara) y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de la fuente de luz (excluyendo las fuentes de luz), y en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Para las luminarias a instalar en cada zona se considerarán los aspectos siguientes:

1. Distribución fotométrica de la luminaria.
2. Rendimiento de la luminaria.
3. Sistema de montaje al techo, pared, etc.

4. Grado de protección (IP XX) según EN 60598:
 - 1.ª cifra: grado de estanqueidad al polvo o partículas sólidas.
 - 2.ª cifra: grado de estanqueidad a los líquidos.
5. Grado de protección (IK) contra impactos mecánicos según EN 50102.
6. Clase eléctrica.
7. Cumplimiento de la normativa que se les aplica.

7.4.1. Distribución fotométrica de la luminaria

La forma de la distribución de luz de una luminaria depende del tipo de fuente de luz y del componente óptico que incorpore: celosía, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc. En la siguiente tabla se da una recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución.

Tipo de distribución		Aplicación
Difusa		Iluminación general y decorativa
Extensiva		Iluminación general
Intensiva		Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica		Iluminación perimetral y pizarras
Iluminación orientable		Intensiva de acento y decorativa

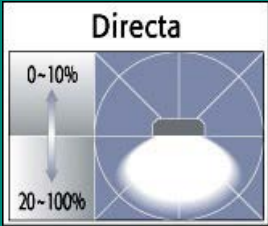
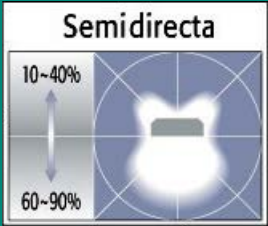
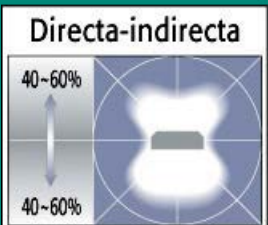
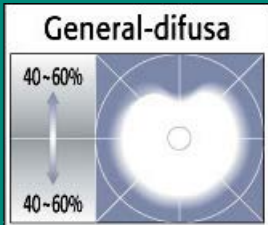
Tabla 10. Recomendación del tipo de aplicación para cada tipo de distribución fotométrica de la luminaria

En coordinación con el tipo de distribución de luz, se tienen que analizar las características de deslumbramiento de la luminaria, según los diagramas de curvas límites de luminancias y las clases de deslumbramiento (ver punto 5.2).

Dependiendo de con qué tipo de distribución de haz se ilumine un objeto, se obtienen resultados drásticamente distintos. En un objeto con textura, la luz dirigida resaltará sus formas, y la luz difusa las disimulará. En algunos casos es recomendable que las sombras no sean demasiado marcadas, ya que endurecen las formas.

Desde el punto de vista fotométrico, la luminaria será la adecuada para el tipo de actividad a desarrollar. De acuerdo a la clasificación CIE de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal, tenemos las siguientes clases de luminarias:

- ✓ Directa: hemisferio superior del 0 ÷ 10%, hemisferio inferior del 90 ÷ 100%.
- ✓ Semidirecta: hemisferio superior del 10 ÷ 40%, hemisferio inferior del 60 ÷ 90%.
- ✓ Directa-indirecta/general difusa: hemisferio superior del 40 ÷ 60%, hemisferio inferior del 40 ÷ 60%.
- ✓ Semiindirecta: hemisferio superior del 60 ÷ 90%, hemisferio inferior del 10 ÷ 40%.
- ✓ Indirecta: hemisferio superior del 90 ÷ 100%, hemisferio inferior del 0 ÷ 10%.

Clases de luminarias	Hemisferio superior	Hemisferio inferior
Directa 	0 ~ 10%	90 ~ 100%
Semidirecta 	10 ~ 40%	60 ~ 90%
Directa-indirecta 	40 ~ 60%	40 ~ 60%
General-difusa 		

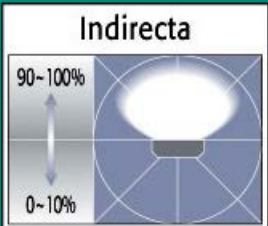
Clases de luminarias	Hemisferio superior	Hemisferio inferior
Semiindirecta 	60 ~ 90%	10 ~ 40%
Indirecta 	90 ~ 100%	0 ~ 10%

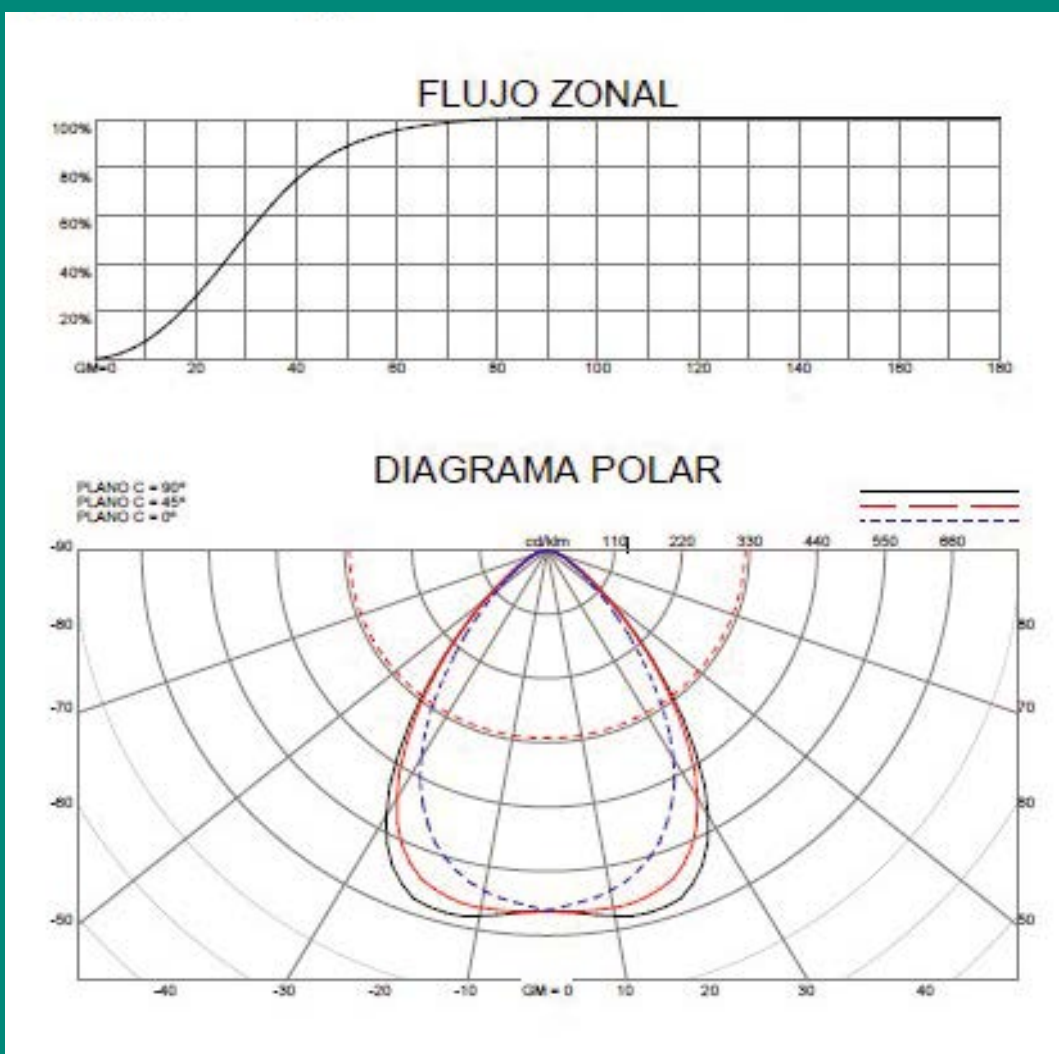
Tabla 11. Clases de luminarias de acuerdo con la clasificación CIE de porcentaje de flujo

7.4.2. Rendimiento de la luminaria

El criterio fundamental será seleccionar aquel modelo de luminaria que tenga el mayor rendimiento para la distribución fotométrica deseada. Esta información se obtiene de los diagramas polares de distribución de intensidades luminosas que aportan los fabricantes.

Luminaria modelo	RC120B W60L60 VAR-PC LED34S/-No									
Tipo de lámpara	1 x LED34S/840/-0.00-									
Código fotométrico	REC120B 1XLED34S_840 W60L60 VAR-PC.Itd									
Rendimiento total hemisferio inferior	100%									
Rendimiento total hemisferio superior										

Flujo C.I.E.	74,5	94,4	95,9	100	100					
Índice del local	0,80	0,80	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
Valores CRR	0,52	0,59	0,66	0,72	0,78	0,82	0,87	0,89	0,92	0,94
Clase C.I.E.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clase UTE C 71-121										



Datos fotométricos de una luminaria. Representación fotométrica

7.4.3. Sistemas de montaje

Por las características de montaje que se presentan en los edificios de hospitales y centros de asistencia primaria, se pueden utilizar las siguientes luminarias:

- ✓ Empotradas.
- ✓ Suspendidas.
- ✓ Adosadas a techo.
- ✓ Adosadas a pared.
- ✓ De carril.
- ✓ De pie.
- ✓ De sobremesa.

En las zonas exteriores destinadas a accesos se utilizarán luminarias de tipo viario, decorativo o de proyección.

7.4.4. Grado de protección (IP XX)

Las luminarias de alumbrado general en habitaciones, salas de espera, pasillos, vestíbulos, etc., no necesitan de un grado de estanqueidad elevado, al tratarse de luminarias abiertas. Solamente las luminarias destinadas a instalaciones específicas, tales como quirófanos, laboratorios, UVI/UCI, dispensarios de farmacias y cocinas, exigirán un grado de estanqueidad determinado, por ejemplo, IP 54.

7.4.5. Clase eléctrica

Se utilizarán luminarias, como mínimo, de clase I, según UNE-EN 60598.

7.4.6. Cumplimiento de la normativa que se les aplica

Por las condiciones operativas, las luminarias cumplirán lo demandado por la legislación vigente para cada dependencia.

7.4.7. Tipos de luminarias disponibles

Para cumplir con los tan variados requerimientos técnicos y estéticos de la iluminación de los recintos hospitalarios, existe hoy en día un amplio espectro de tipos de luminarias disponibles. Se van a reseñar los tipos más interesantes para las áreas más comunes. Las luminarias más especializadas, como pueden ser las de iluminación de la mesa de operaciones, proyectores de sumergibles y otras, no serán mostradas en esta sección.

7.5. Tipos de sistemas de regulación y control

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- ✓ Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- ✓ Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
- ✓ Regulación y control bajo demanda del usuario por pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- ✓ Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

En el capítulo 10 se detallan las ventajas y aplicaciones recomendadas de los sistemas de regulación y control.

7.6. Tratamiento de iluminación decorativa

Los espacios que son susceptibles de una iluminación de este tipo, normalmente quedarán limitados a:

- ✓ Vestíbulo
- ✓ Cafeterías
- ✓ Salones de actos
- ✓ Despachos
- ✓ Áreas de información
- ✓ Habitaciones donde se requiera crear un ambiente más agradable

Tipos de luminarias disponibles

1. Luminarias suspendidas directas e indirectas con $UGR \leq 19$. Iluminación general de salas con pantallas de ordenador o televisión.

Luminaria adosada



2. Unidades de cabecero de cama con luz directa o indirecta. Incorporan otro tipo de servicios para las unidades de hospitalización.

Luminaria cabecero de cama



3. Luminarias de empotrar con $UGR \leq 19$. Iluminación de salas con pantallas de ordenador o televisión, como salas de tratamientos y reconocimientos, y áreas administrativas o de admisión.

Luminaria empotrada



4. Sistemas tubulares $UGR \leq 22$, para la iluminación de zonas de entrada, (pasillos, etc.) y salas de espera.

Luminaria tubular



Tipos de luminarias disponibles

5. Bañadores empotrados de pared. Iluminación de paneles informativos, oficinas y pasillos.

Luminaria asimétrica



6. Regletas adosadas o suspendidas, o en carril con sistema óptico para evitar el deslumbramiento. Almacenes, salas de máquinas, áreas de servicios técnicos y lavanderías.

Regletas



7. Luminarias estancas con alto grado de protección. Iluminación de almacenes, cocinas y lavanderías.

Luminarias estancas



8. Luminarias de empotrar con grado de protección. Iluminación de laboratorios farmacéuticos, dispensarios, etc.

Luminarias para salas limpias



Tipos de luminarias disponibles

9. Luminarias de emergencia y señalización autónoma.

Luminaria de emergencia y señalización autónoma



10. Luminaria para ambientes estériles con alto grado de protección. IP 65 resistentes a los ataques químicos. Para laboratorios y quirófanos.

Luminaria para ambientes estériles



11. *Downlights* de empotrar/superficie para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, zonas de admisión y habitaciones de pacientes.

Downlights



12. Proyector de iluminación localizada y decorativa.

Proyectores



Tipos de luminarias disponibles

13. Apliques indirectos de pared para iluminación de pasillos y habitaciones de enfermos.

Apliques



14. Luminarias de mesa para iluminación localizada en las habitaciones de enfermos y en despachos de representación.

Luminarias de mesa



15. Luminaria para iluminación de accesos exteriores.

Lámparas para exterior



16. Luminarias decorativas de exterior para balizamiento y decoración de zonas ajardinadas y aparcamientos.

Luminarias de balizamiento



Tipos de luminarias

8 Parámetros de iluminación recomendados

8.1. Iluminación de unidades de hospitalización o habitaciones de los pacientes

Los pacientes de los hospitales pasan la mayor parte de su tiempo en sus unidades o habitaciones de hospitalización. Así, el aspecto estético y el psicológico de Estas tienen mucha importancia. La recuperación es más rápida cuando este entorno es más agradable y confortable. Los diseños de las luminarias para estas estancias, así como el diseño de los proyectos, están teniendo cada vez más en cuenta estos aspectos tan fundamentales.

Por otro lado, las habitaciones también son espacios de trabajo para los facultativos, y necesitan equipos técnicos que deben estar integrados en la instalación, y los parámetros de iluminación adecuados para desarrollar su trabajo.

Son cuatro los factores que determinan el confort de los pacientes:

1. Las luminancias de las paredes y techo.
Estas deberían ser al menos de 30 cd/m^2 para crear un ambiente luminoso y espacioso. Esto se consigue con 200 lux para la mayoría de las superficies. Se debe prestar especial atención a la luminancia del techo, debido a que los pacientes miran normalmente a él.
2. La apariencia de las luminarias.
Esta ayuda a crear ese ambiente casi hogareño que contribuye al bienestar del paciente.
3. Presencia de objetos brillantes en el campo de visión.
La presencia de luminarias con fuentes de luz no apantalladas aumenta la fatiga visual y el estrés. Como límite, el paciente no debe estar expuesto a luminancias mayores a 750 cd/m^2 .
La iluminación directa causa deslumbramiento directo al paciente y una falta de confort por el elevado contraste entre las paredes y el techo, sin embargo, la iluminación indirecta evita el deslumbramiento al paciente y crea contrastes más confortables.
4. Control por el paciente de la iluminación de su cama. La iluminación de cabecero de cama para lectura debe ser regulable de forma accesible para el paciente. Un mínimo de 300 lux es recomendado para lectura.



Iluminación mediante cabeceros de cama

Son dos los factores principales referentes a la iluminación adecuada para los facultativos.

1. Iluminación adicional para el reconocimiento y tratamiento.
Puede ser provista por las luminarias de cabecero de cama o por luminarias portátiles. Un mínimo de 300 lux para exámenes simples y 1.000 lux para exámenes y tratamientos son valores recomendados por la UNE-EN 12464-1.
2. Iluminación de vigilia durante la noche.
Debe garantizar el movimiento del facultativo durante la noche y el mantenimiento del paciente en observación. Se recomienda un nivel de 5 lux en la habitación. Se recomienda utilizar luminarias individuales empotradas en las paredes a baja altura.

Iluminación de vigilia durante la noche

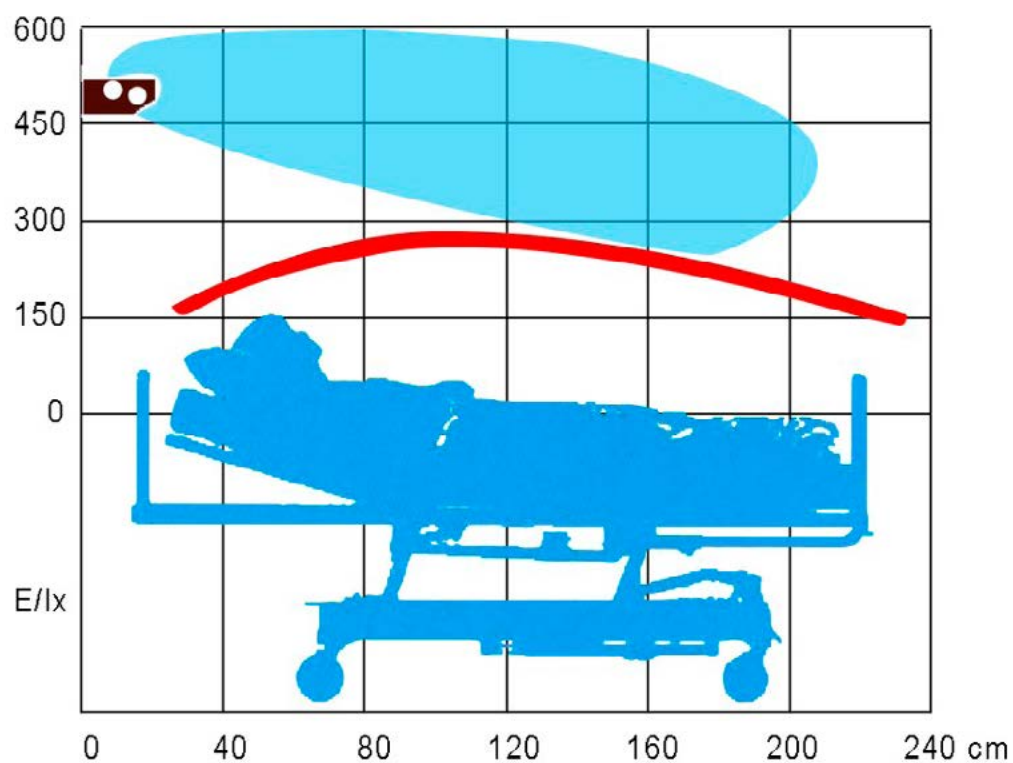
Se recomienda utilizar luminarias individuales empotradas en las paredes.



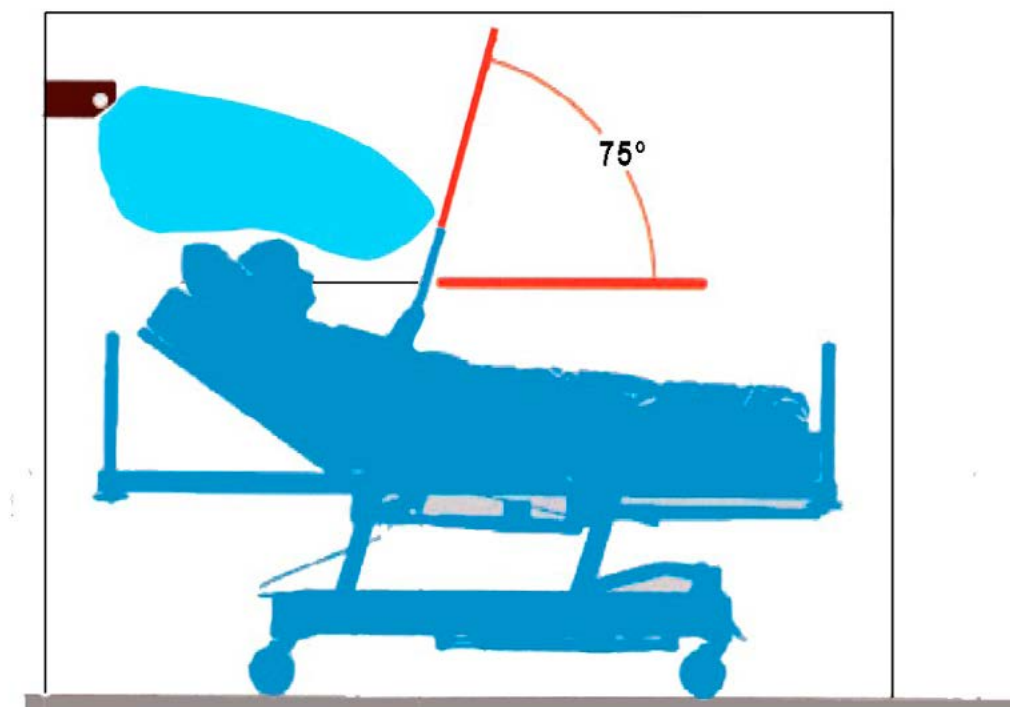
Iluminación nocturna

El sistema de iluminación más extendido y que cumple con los requisitos anteriormente expuestos es el cabecero de cama. Estas luminarias, montadas en la pared sobre el cabecero de las camas,

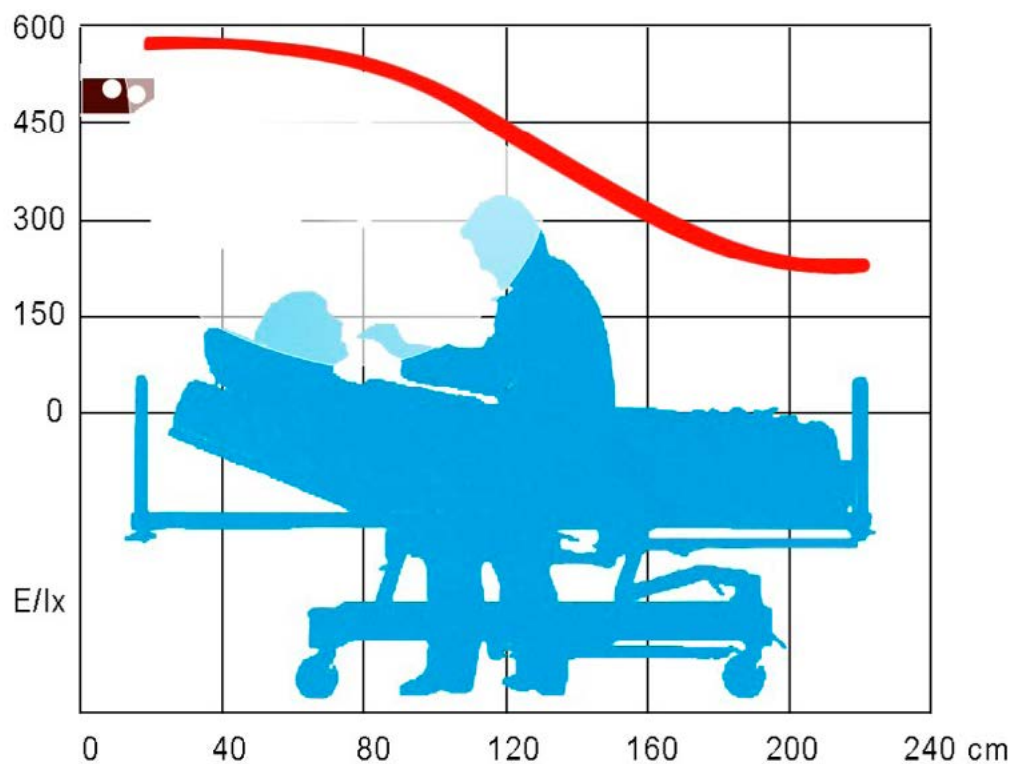
consisten en un sistema con iluminación indirecta y directa sobre la cama, y usualmente integran otros servicios. En los siguientes gráficos se observa como con la iluminación indirecta y directa se obtienen los niveles necesarios para iluminación general, de lectura y de reconocimiento.



Iluminación general mediante cabeceros de cama



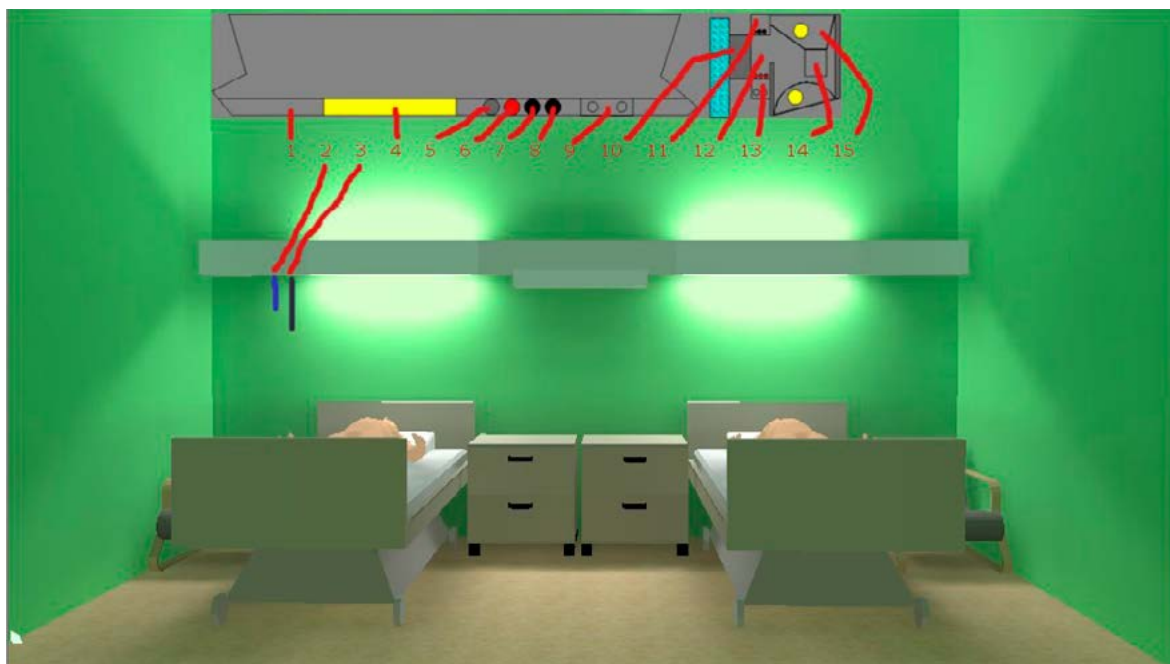
Iluminación de lectura mediante cabeceros de cama



Iluminación de reconocimiento mediante cabeceros de cama

Los cabeceros de cama son luminarias que, al integrar otro tipo de servicios, tienen una complejidad técnica mayor, como se explica en el siguiente gráfico. Están reguladas por la norma UNE-EN ISO 11197:2009: Unidades de suministro médico.

Las unidades de cabeceros de cama que incorporen, además, toma y canalización de gases (**ver anexo 1 en el capítulo 13**) deberán cumplir la UNE-EN ISO 7396-1: Sistemas de canalización de gases medicinales. Parte 1: Sistemas de canalización para gases medicinales comprimidos y de vacío.



Partes de un cabecero de cama

1. Cuerpo de la luminaria.
2. Interruptores y reguladores de iluminación.
3. Interruptor de llamada a enfermera.
4. Iluminación lectura.
5. Toma de corriente de baja tensión.
6. Toma de voz y datos.
7. Toma de corriente 230 v.
8. Toma de corriente 230 v.
9. Tomas de aire comprimido y oxígeno.
10. Fijación a pared.
11. Canal de conductores de alimentación.
12. Canal de conductores baja tensión.
13. Canal tuberías de gases medicinales.
14. Equipos auxiliares de fuentes de luz.
15. Iluminación indirecta.

La incorporación de un sistema de regulación de la iluminación para el enfermo aporta mayor confort y ahorro de energía. Si hay aporte de luz natural, es recomendable instalar un sistema de regulación dependiente de este aporte de luz natural.



Habitación iluminada con cabecero de cama

Como alternativa al cabecero de cama podemos recurrir a la utilización de luminarias especiales de empotrar en el techo que proporcionan los niveles de iluminancia necesarios, el control del deslumbramiento para el enfermo, y una mayor eficiencia energética. Se recomienda utilizarlas con regulación.

Luminaria empotrada mixta simétrica-asimétrica

Como alternativa al cabecero de cama podemos recurrir a la utilización de luminarias especiales, empotrables en el techo.



Luminaria empotrada mixta simétrica-asimétrica

Este tipo de luminarias consta de tres sistemas ópticos diferentes:

- ✓ Iluminación de ambiente. Un reflector asimétrico dirige la luz hacia la pared, que a su vez la refleja y suaviza, quedando la fuente de luz totalmente oculta para el paciente. Aporta un nivel de unos 80 lux en la habitación. Proporciona la iluminación adecuada para el descanso o la vigilancia. Disponible con regulación.
- ✓ Iluminación de lectura. Otro reflector asimétrico dirige la luz hacia el plano de lectura, quedando la fuente de luz totalmente oculta para el paciente, proporcionando 300 lux en esta área.

Uniando la iluminación de ambiente y de lectura se obtienen 150 lux de media en la habitación, manteniendo un alto nivel de confort visual. Disponible con regulación.

- ✓ Iluminación de reconocimiento. Un sistema óptico equipado con dos fuentes de luz que aportan más de 800 lux en toda la superficie de la cama, lo que, unido a las dos sistemas anteriores, aporta un mínimo de 1.000 lux para facilitar las labores de inspección y reconocimiento.

Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

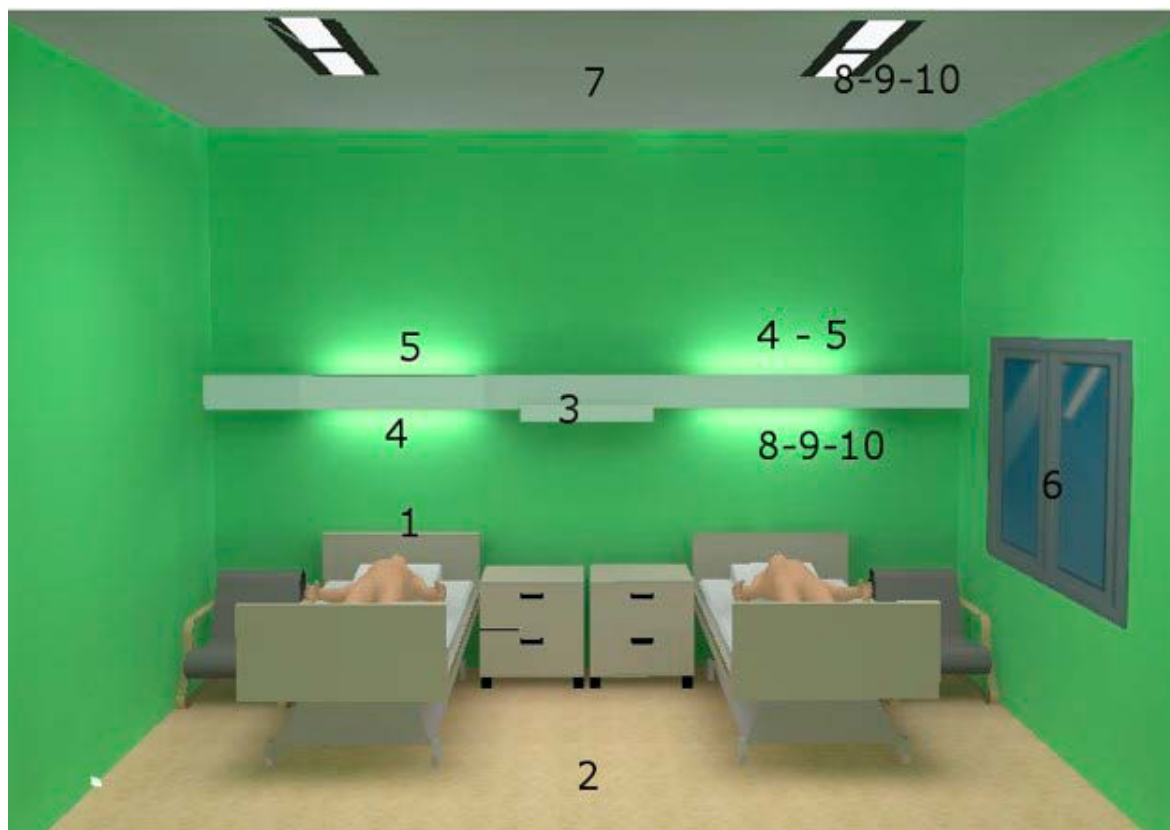
PARÁMETROS RECOMENDADOS PARA LAS HABITACIONES

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Nivel medio Ems (lux)	Temperatura de color (K)	Rendimiento de color (Ra)	Clase de deslumbramiento UGR
Zona de la cama	General	100	4.000	80	19
	Lectura	300	4.000	80	19
	Reconocimiento	1.000	4.000	90	19
	Vigilancia	5	—	80	—
	Nocturna	—	—	80	—
Cuarto de baño	Servicio	200	4.000	80	22

Tabla 12. Valores fotométricos por zona

Los puntos de principal atención en la iluminación de las unidades o habitaciones de hospitalización son los siguientes:

1. 300 lux en plano de lectura.
2. Al menos 100 lux en suelo.
3. Estética atractiva de luminarias.
4. Fuentes de luz con temperatura de color adecuada a cada necesidad.
5. Iluminación indirecta de paredes y techo para evitar contrastes con la luz natural.
6. Luz natural y su aprovechamiento con sistemas de regulación.
7. Nunca fuentes de luz desnudas en techo.
8. Control del deslumbramiento directo para cada caso de las luminarias.
9. Rendimientos de color de las fuentes de luz.
10. Regulación de la luz de lectura.



Puntos de principal atención

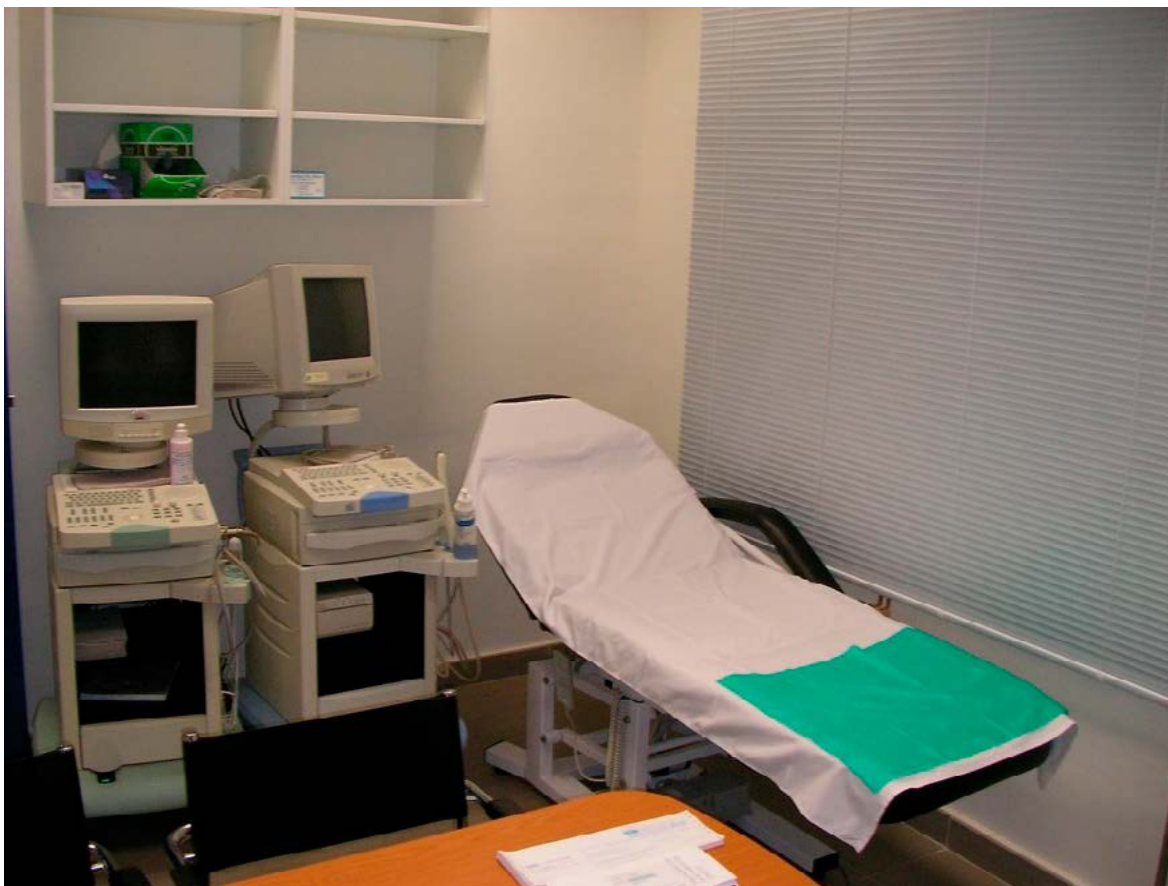


Habitación tipo e infantil

8.2. Iluminación de salas de reconocimiento y tratamiento

En este tipo de salas la iluminación permitirá desarrollar con total garantía la actividad de los facultativos.

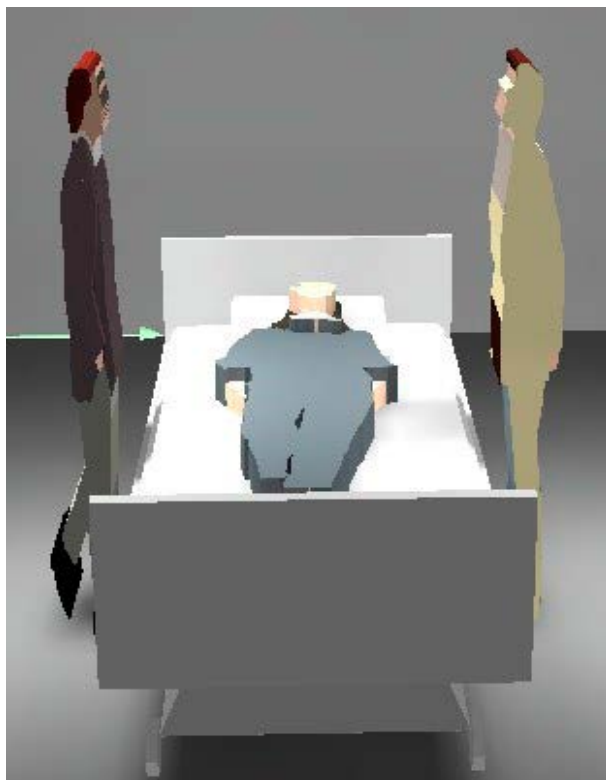
El primer requisito que debe cumplir el sistema de iluminación hace referencia a la estanqueidad de las luminarias para evitar posibles contaminaciones de la sala, y su facilidad de mantenimiento.



Iluminación de salas de reconocimiento

Los requerimientos principales para la tarea visual son tres:

1. El nivel de iluminancia depende de los requisitos de la tarea visual, y por tanto, del tratamiento. Si la misma sala se puede usar para diferentes tratamientos o reconocimientos, es necesario instalar un sistema de control de la iluminación que permita adecuar la instalación a la actividad. Por defecto, este sistema debe situarse en el nivel más alto, para evitar problemas por un uso inadecuado.
2. Evitar las sombras garantiza que el facultativo no pierda capacidad visual. Una sola línea de luminarias puede provocar sombras del propio médico, dos o más líneas de luminarias reducen la dureza de las sombras.
3. Un alto nivel de reproducción cromática es imprescindible en tareas como la dermatología o la oftalmología. Una elección inadecuada de las lámparas puede causar un fallo en un diagnóstico o en un tratamiento.



Sombras producidas por luminarias

Especial atención hay que tener en salas donde haya monitores de televisión o de ordenador. Los reflejos deben ser evitados utilizando luz localizada o luminarias de baja luminancia.



Visualización de pantallas y monitores

Es posible crear atmósferas más agradables, aún dentro de la fría funcionalidad de estas salas, creando ambientes de diferente tonalidad que permitan al paciente un estado de relajación.

Hay ciertos tratamientos o tareas de reconocimiento (oftalmología, endoscopia, radiología, dermatología, etc.) que exigen niveles de iluminancia muy altos y/o variables. Estos se consiguen con luminarias portátiles para iluminación localizada equipadas con fuentes de luz, equipos electrónicos y regulación, con el control incorporado en la propia luminaria.



Iluminación localizada

En muchos tipos de reconocimientos, las exigencias de diferentes niveles de iluminancia pueden ir desde 5 a 1.000 lux, es el caso, por ejemplo, de la oftalmología. Los modernos sistemas de control hacen posible que estos requisitos sean hoy día totalmente posibles, y son muy fáciles de usar.

Otro aspecto trascendental es el tono de la luz de las lámparas; como norma general, los tonos de luz día y blanco neutro son los recomendados. Hay tareas específicas donde las normas correspondientes marcan de forma muy concreta la temperatura de color de las fuentes de luz. Para odontología, color azul, y para quirófanos, color amarillo.



Iluminación de salas especiales

Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Nivel medio Ems (lux)	Temperatura de color (K)	Rendimiento de color (Ra)	Clase de deslumbramiento UGR
Sala de reconocimiento general	General	500	4.000	80	19
	Examen y tratamiento	1000	4.000	80	19
Salas de examen ocular	Alumbrado general	500	4.000	90	19
	Examen ocular externo	1.000	4.000	90	—
	Pruebas de lectura y visión cromático con diagramas de visión	500	4.000	90	16
Salas examen auditivo	Alumbrado general	500	4.000	90	19
	Examen auditivo	1.000	4.000	90	—
Salas de escáner	Alumbrado general	300	4.000	80	19
	Escáneres con mejoradores de imágenes y sistemas de TV	50	4.000	80	19
Salas de tratamiento (general)	Diálisis	500	4.000	80	19
	Dermatología	500	4.000	90	19
	Salas de endoscopia	300	4.000	80	19
	Salas de yesos	500	4.000	80	19
Dentistas	Alumbrado general	500	4.000	90	19
	En el paciente	1.000	4.000	90	—
	Quirófano	—	—	—	—
	Comparación del blanco dental	—	—	—	—

Tabla 13. Valores fotométricos de distintas salas

8.3. Iluminación de quirófanos

Los momentos más críticos del trabajo de los facultativos se dan en los quirófanos, por lo que se tienen que garantizar las condiciones más óptimas para el desarrollo de esta tarea visual tan crítica.

Luminarias especiales para las mesas de operaciones son utilizadas para proveer niveles de iluminancia de hasta 100.000 lux. Para evitar problemas de adaptación visual, es recomendable establecer dos niveles de iluminación: uno de 2.000 lux en los alrededores de la mesa de operaciones y otro de unos 1.000 lux en toda la sala. Los 2.000 lux de las cercanías de la mesa se pueden conseguir con dos líneas de luminarias asimétricas a ambos lados de la mesa.

La temperatura de color de las lámparas debe estar entre 4.000 y 5.000 K, y el nivel de reproducción cromática debe ser igual o superior a 90.



Iluminación de quirófanos

Para prevenir una excesiva exposición de los tejidos del paciente al calor, la eficacia luminosa en el área iluminada no debe exceder de 170 lm/W para asegurar una irradiación máxima de 600 W/m² para una iluminancia de 100.000 lx.

En el caso de fallo de una lámpara, la iluminancia no debería reducirse a más de un 50% de su valor nominal.

Las luminarias instaladas deben ser totalmente estancas con un IP 65 mínimo. Las luminarias para iluminación general deben ser de baja luminancia para evitar reflejos en los monitores.

Las salas anexas a los quirófanos, como salas de recuperación, de anestesia o de esterilización, deben tener al menos 500 lux para evitar problemas de adaptación.

El tono de luz y el nivel de reproducción cromática deben ser los mismos que en los quirófanos. En las salas de recuperación de la anestesia, se debe disponer de un sistema de regulación que permita adaptar al enfermo de forma paulatina desde el nivel del quirófano a un nivel de reposo de 100 lux.

Los parámetros de iluminación recomendados son los que figuran en la siguiente tabla:

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Nivel medio Ems (lux)	Temperatura de color (K)	Rendimiento de color (Ra)	Clase de deslumbramiento UGR
Áreas de operación	Salas preoperatorias y de recuperación	500	4.000	90	19
	Salas de operación	1.000	4.000	90	19
	Quirófano	10.000 ÷ 100.000			

Tabla 14. Valores fotométricos de salas de operaciones y quirófanos

8.4. Iluminación de unidades de cuidados intensivos/a, UVI/UCI

En estos recintos, de nuevo, la máxima prioridad debe ser optimizar el trabajo de los facultativos. Se pueden establecer tres zonas diferentes:

- 1. Iluminación general de confort en toda la sala de 100 lux.
- 2. En la zona de cama, se recomiendan 300 lux para examinar al paciente en condiciones normales. Este nivel debe poder incrementarse hasta 1.000 lux para exámenes más rigurosos, incluyendo iluminación localizada.



Habitación multicama

3. Para situaciones de emergencia, se requieren al menos 2.000 lux en la superficie de la cama, que se pueden conseguir con iluminación adicional localizada o mediante una iluminación general supletoria a utilizar en casos de emergencia.



Cuidados intensivos

El tono de las fuentes de luz debe ser neutro (4.000K) y la reproducción cromática, $R_a \geq 90$.

De nuevo deben evitarse los reflejos en monitores y mamparas de vidrio.

Los parámetros de iluminación recomendados son los que figuran en la siguiente tabla:

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Nivel medio Ems (lux)	Temperatura de color (K)	Rendimiento de color (Ra)	Clase deslumbramiento UGR
Unidades de cuidados intensivos	Alumbrado general	100	4.000	90	19
	Exámenes simples	300	4.000	90	19
	Exámenes y tratamiento	1.000	4.000	90	19
	Exámenes de emergencias	2.000	4.000	90	19
	Vigilancia nocturna	20	4.000	90	19

Tabla 15. Valores fotométricos de cuidados intensivos

8.5. Iluminación de salas de rehabilitación y terapia

Una buena iluminación de estos recintos contribuye a una mayor motivación y ayuda para que los pacientes realicen sus ejercicios de rehabilitación.

Un nivel medio de 300 lux, con tonos neutros y rendimientos de color $Ra \geq 80$, es lo recomendado para estos recintos. Cuando las habitaciones no tengan ventanas, el tono se recomienda blanco cálido.

Para piscinas, las luminarias deben estar alimentadas a baja tensión y con el índice de protección adecuado. Hay que tener cuidado con el posible deslumbramiento causado por estas luminarias, que pueden distraer la atención del nadador.

Iluminación de salas de rehabilitación y terapia

Para piscinas, las luminarias deben estar alimentadas a baja tensión y con el índice de protección adecuado.



Piscinas de tratamiento

Los parámetros de iluminación recomendados son los siguientes:

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Nivel medio Ems (lux)	Temperatura de color (K)	Rendimiento de color (Ra)	Clase de deslumbramiento UGR
Salas de tratamiento (general)	Baños médicos	300	4.000	80	19
	Masajes y radioterapia	300	4.000	80	19

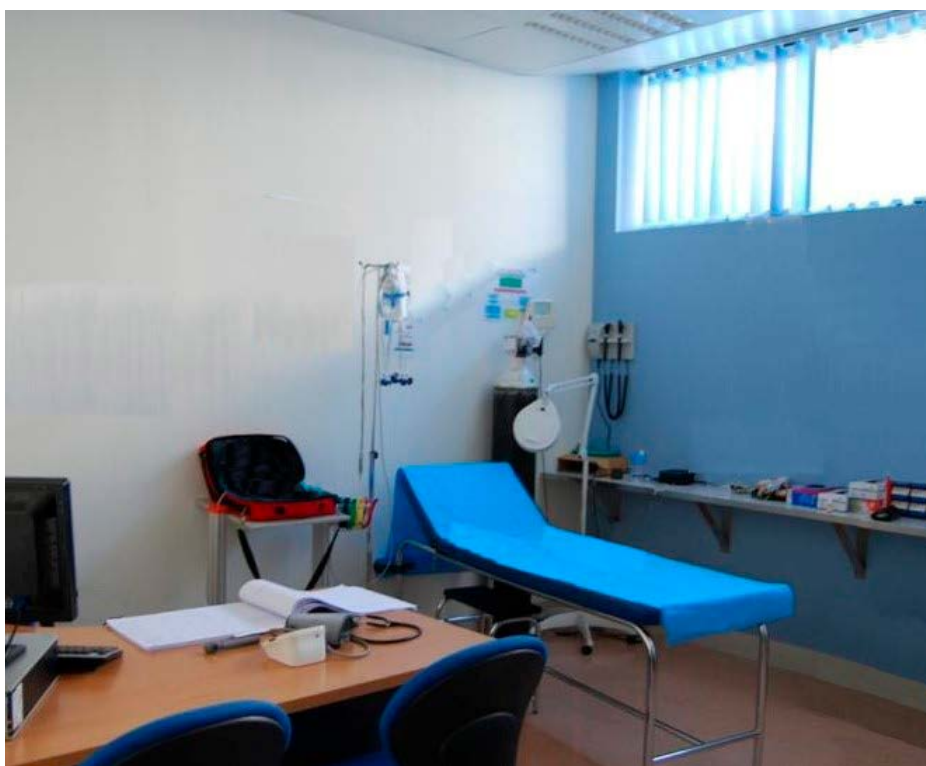
Tabla 16. Valores fotométricos en tratamientos

8.6. Iluminación de áreas de servicios

Los servicios de un hospital a veces son como pequeñas ciudades, tan escondidos en los sótanos o primeras plantas, y, por tanto, con escaso aporte de luz natural, como vitales para el funcionamiento del centro. Las soluciones de iluminación deben cumplir con las recomendaciones para este tipo de espacios.

8.6.1. Iluminación de laboratorios y dispensarios

Laboratorios y dispensarios requieren de un nivel general de 500 lux, en las zonas de inspección de colores el nivel será de 1.000 lux., y reproducción cromática, $R_a \geq 80$ y $R_a \geq 90$, respectivamente. Las superficies verticales con espacios dedicados al almacenamiento o con requerimientos visuales dispondrán de una iluminación vertical equilibrada con respecto a la iluminancia horizontal.



Iluminación de laboratorios y dispensarios

8.6.2. Iluminación de cocinas

En cocinas, es necesario un grado de protección en luminarias con IP 54, y un nivel mínimo de 500 lux, y la reproducción cromática, $Ra \geq 80$.



Iluminación de cocinas

8.6.3. Iluminación de almacenes

En los almacenes es recomendable un grado de protección IP 54 en las luminarias, y un nivel mínimo de 100 lux y 300 lux donde se realiza manipulación, la reproducción cromática de $Ra \geq 80$ y $UGR \leq 25$.



Iluminación de almacenes

8.6.4. Iluminación de comedores y cafeterías

El comedor (autoservicio) tendrá un nivel de 200 lux, la zona de cafetería mantendrá un nivel como el comedor incorporando un diseño de atmósfera apropiada, la reproducción cromática de $R_a \geq 80$ y $UGR \leq 22$.



Iluminación de comedores y cafeterías

8.6.5. Iluminación de oficinas y despachos

En oficinas y despachos se requieren niveles de 300 a 500 lux de acuerdo con la actividad que se desarrolle, la reproducción cromática, $R_a \geq 80$, y $UGR \leq 19$.



Iluminación de oficinas

8.6.6. Iluminación de áreas de paso y espera

En la zonas de utilización común de pacientes y empleados sanitarios o exclusivas de personal, se requieren niveles de $100 \div 200$ lux en horas diurnas, 50 lux en horas nocturnas, la reproducción cromática $Ra \geq 80$ y $UGR \leq 22$.



Iluminación de pasillos y salas de espera

8.7. Iluminación de servicios de urgencias

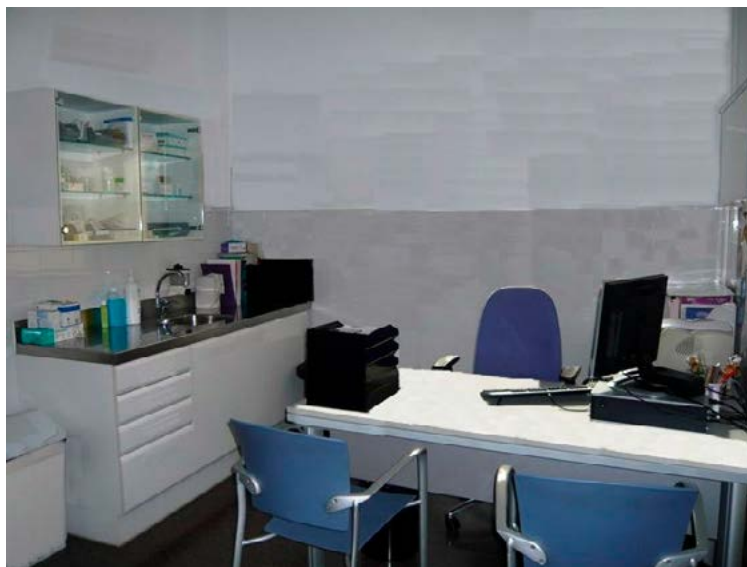
El principal factor a tener en cuenta debe ser facilitar la adaptación visual del personal de urgencias entre el exterior y la entrada al edificio. La zona exterior debe estar provista con 50 lux y se debe establecer una adaptación gradual hasta los 200 lux de las zonas de entrada.



Iluminación de servicios de urgencia

8.8. Iluminación de consultas externas

Requiere un nivel general de 500 lux, la reproducción cromática $Ra \geq 90$ y $UGR \leq 19$. Se tiene que prever en la zona de examen una iluminación de refuerzo para alcanzar un nivel medio de 1.000 lux.



Iluminación de consultas externas

8.9. Iluminación de accesos exteriores

Las rutas de acceso, los aparcamientos y los paseos circundantes al edificio deben estar iluminados para la seguridad de los usuarios. Deben utilizarse luminarias de alumbrado viario o decorativo.



Iluminación de accesos exteriores

La instalación cumplirá con los requisitos establecidos en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE) en vigor, que en el punto 2.1, Clasificación de las vías y selección de las clases de alumbrado, recoge los entornos que componen un edificio hospitalario en la clasificación «D (baja velocidad) y E (peatonal)».

En función de la iluminación del entorno y el número de usuarios se seleccionará la clase de alumbrado «CE / S» que definirá el nivel requerido en las diferentes zonas de las que dispone este tipo de instalaciones. La reproducción cromática será $Ra \geq 70$ y la Tc se recomienda neutra (4.000 K).

9 Eficiencia de los sistemas de iluminación

9.1. Eficacia de las fuentes de luz recomendada

Exceptuando los casos de iluminación decorativa (en vestíbulos, despachos, cafeterías, etc.) y aquellos casos específicos que requieren fuentes de luz concretas, las distintas iluminaciones se realizarán con fuentes de luz de eficacia luminosa igual o superior a 60 lm/W.

9.2. Rendimiento de luminarias recomendado

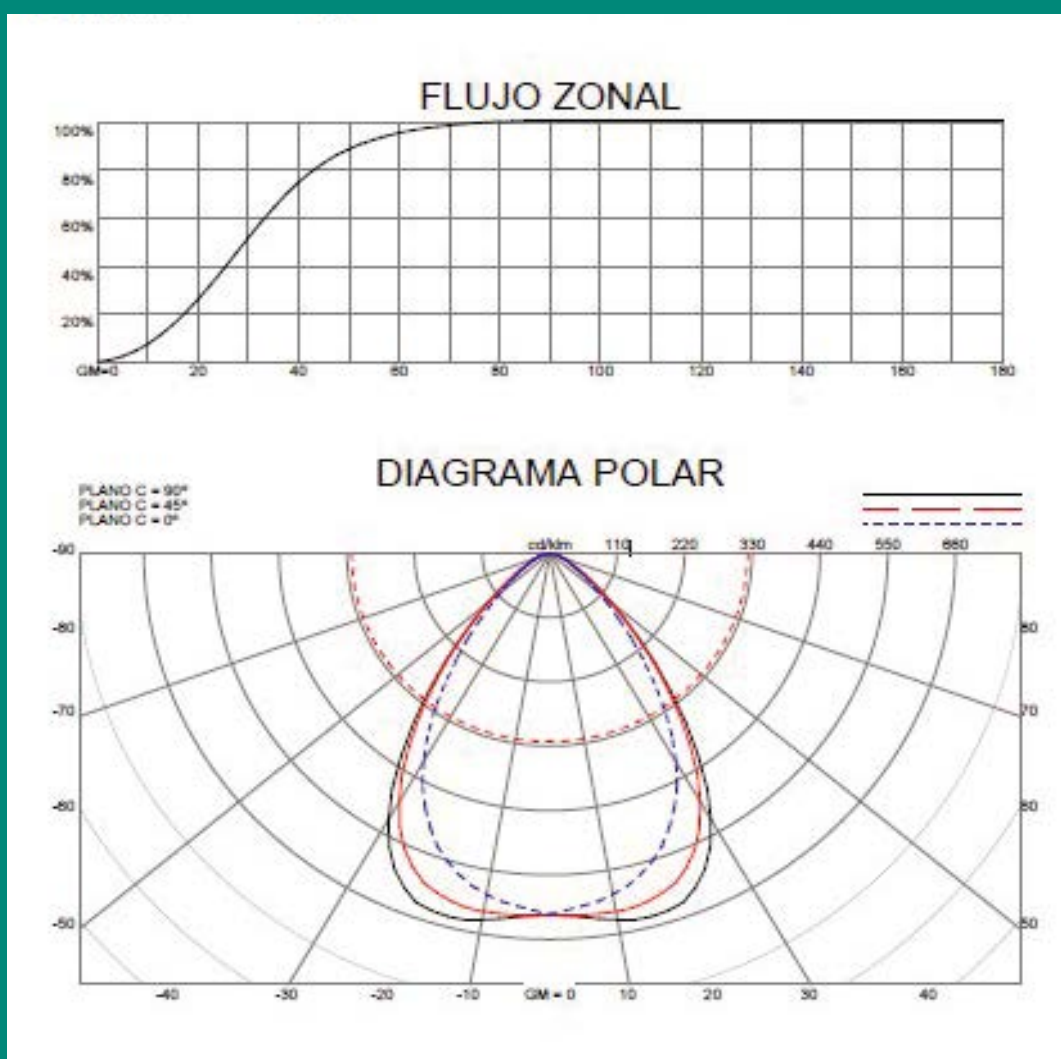
Aparte de los casos mencionados en el apartado anterior y aquellos que precisen luminarias determinadas, en las que el rendimiento lumínico queda en segundo plano, en favor de determinadas aplicaciones (odontología, quirófanos, exploración, etc.), el rendimiento mínimo de las luminarias será de:

Rendimiento de luminarias recomendado	
Tipo de luminaria	Rendimiento mínimo
Abierta	60%
Cerrada	55%

Tabla 17. Rendimiento de luminarias recomendado

Luminaria modelo	RC120B W60L60 VAR-PC LED34S/-No									
Tipo de lámpara	1 x LED34S/840/-0.00-									
Código fotométrico	REC120B 1XLED34S_840 W60L60 VAR-PC.ltd									
Rendimiento total hemisferio inferior	100%									
Rendimiento total hemisferio superior										

Flujo C.I.E.	74,5	94,4	95,9	100	100					
Índice del local	0,80	0,80	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
Valores CRR	0,52	0,59	0,66	0,72	0,78	0,82	0,87	0,89	0,92	0,94
Clase C.I.E.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clase UTE C 71-121										



Datos fotométricos de una luminaria

En las luminarias de alumbrado exterior tipo proyección su rendimiento total será $\geq 55\%$, las de alumbrado decorativo, $\geq 55\%$, y las de tipo viario, $\geq 65\%$.

9.3. Consumo propio de equipos recomendado

El consumo de los equipos auxiliares no debe superar los porcentajes siguientes:

Consumo propio de equipos auxiliares recomendado	
Equipo	Consumo máximo recomendado
Lámparas fluorescentes	8-11%
Lámparas de descarga < 150 W	15%
Lámparas de descarga > 150 W	10%
Factor de potencia del conjunto	> 0,9

Tabla 18. Porcentaje máximo de consumo

9.4. Factores de reflexión recomendados

El medio hospitalario, de por sí, exige colores claros y cálidos, con el objeto de elevar el ánimo de los pacientes y de sus familiares, facilitar la labor del personal sanitario y facilitar la limpieza y la higiene. En general, puede aceptarse una amplia gama de colores y acabados, siempre y cuando no molesten las tareas visuales en los distintos espacios.

Ver los valores recomendados en el Capítulo 5.

9.5. Coeficiente de utilización mínimo

Se llama coeficiente de utilización de una instalación de iluminación al cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por la luminaria. Dicho coeficiente es, por tanto, función de los índices de eficiencia de los sistemas de iluminación mencionados y de la distribución fotométrica de la luminaria utilizada.

No obstante, aunque es un parámetro muy importante desde el punto de vista del ahorro energético, debe tenerse en cuenta el medio en el que se está trabajando, y lo delicado de la mayoría de las actuaciones. Por ello, se estima que, para iluminación general, el coeficiente de utilización resultante del sistema de iluminación seleccionado deberá ser superior a 0,45, aunque se pueden aceptar otros valores para casos locales.

Los valores límite de eficiencia energética de la instalación establecidos en el CTE son:

VALORES LÍMITE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	
Zona de actividad diferenciada	VEEI LÍMITE
Administración general	3,0
Salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
Habitaciones de hospitales ⁽²⁾	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes ⁽³⁾	4,0

⁽¹⁾ Incluye la instalación general de salas como las de examen general, emergencias, escáner, radiología, examen ocular, auditivo, tratamiento.

Quedan excluidas salas de operación, quirófano, cuidados intensivos, dentista, descontaminación, autopsia y mortuorios, y otras salas que por su actividad puedan considerarse como especiales.

⁽²⁾ Incluye la instalación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, lectura y exámenes simples.

⁽³⁾ Espacios utilizados por cualquier usuario, como recibidor, vestíbulo, pasillos, escaleras, espacios de tránsito, aseos públicos, etc.

Tabla 19. Valores de VEEI

10 Criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética



Elementos para regulación y control

10.1. Maniobra y selectividad de la instalación

Con el fin de lograr el mejor aprovechamiento de la energía consumida, la instalación de alumbrado se ha de proyectar de manera que se puedan realizar fácilmente encendidos parciales, ya sea para aprovechar la luz natural o para ajustar los puntos de luz en funcionamiento a las necesidades del momento. Con este objeto resulta aconsejable el fraccionamiento de la maniobra de los distintos circuitos de un mismo local, mediante interruptores debidamente señalizados, es decir, desde el punto de vista de la eficiencia energética en la explotación de la instalación de iluminación, es fundamental la zonificación o parcialización de circuitos.

Hay que destacar, en el aspecto de la selectividad de la instalación, la importancia de que las luminarias deberán estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas, de tal manera que se permita controlar el encendido de estas de forma independiente del resto de luminarias.

10.2. Sistemas de regulación y control

Según estudios recientes sobre el consumo energético, los hospitales son los edificios que más energía consumen. En estos momentos existe una demanda de ahorro de energía en todos los servicios, y más aún en iluminación, que consume entre un 20 y un 30% de todo el consumo de un hospital. La implantación de sistemas de control reduce los costes energéticos y de mantenimiento de la instalación, e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación. Este control permite realizar encendidos selectivos y regulación de las luminarias durante diferentes períodos de actividad, o según el tipo de actividad cambiante a desarrollar.

Se distinguen cuatro tipos fundamentales:

1. Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
2. Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
3. Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
4. Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

Estos sistemas apagan, encienden y regulan según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecidos. La utilización de estas técnicas es muy aconsejable y supone ahorros en energía muy importantes de hasta el 65%, dependiendo del tipo de instalación.

Un control de alumbrado bien concebido puede ahorrar energía en dos sentidos:

- ✓ Haciendo buen uso de la luz natural, para reducir los niveles de la luz artificial cuando sea posible.
- ✓ Apagando el alumbrado artificial cuando el espacio a iluminar no esté ocupado.

Algunos sistemas de control de la iluminación pueden parecer alienantes. Por ese motivo es esencial para los usuarios distinguir cómo y cuándo deben actuar los citados sistemas.

Los empleados de los centros en los que se pretenda instalar un sistema de control, especialmente si son reformas de alumbrados ya existentes, deben ser previamente informados y se les ha de hacer partícipes de la iniciativa, para evitar rechazos que puedan derivar en problemas laborales, ya que algunos pueden sentirse coaccionados ante acciones de control.

Es aconsejable que cada circuito de una instalación disponga de un interruptor de encendido o apagado, con control superior al automático, para que pueda ser reactivado a voluntad del usuario si el sistema automático la ha dejado fuera de servicio.

10.2.1. Control de presencia *(Control de la iluminación artificial mediante interruptores manuales y temporizados)*

Un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía. Los trabajadores pueden apagar el alumbrado durante su ausencia en una dependencia, horas de comidas, etc. Esto es raramente realizado en la práctica.

Cuando el primer ocupante de un local entra en él, la posibilidad de que encienda el alumbrado depende, principalmente, del nivel de luz natural existente en la sala. Sin embargo, el apagado del alumbrado no se produce hasta que el último ocupante del local lo haya abandonado.

Los interruptores deben estar perfectamente etiquetados, indicando sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, para que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de la mano.

Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas de aquellas situadas en el lado opuesto.

Como regla a seguir en estos casos, el número de interruptores manuales existentes para el control del alumbrado de local o sala no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas. Por ejemplo, en una sala con doce (12) luminarias, el número de interruptores manuales será, como mínimo, de cuatro (4).

El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las fuentes de luz son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los tiempos libres. Los usuarios son libres de reencender aquellas fuentes de luz que consideren necesarias.

En cada caso, un interruptor de rango superior al temporizado debe permitir reencender las fuentes de luz que a criterio del usuario se consideren necesarias.

Interruptores temporizados independientes pueden ser utilizados en aquellas dependencias donde la permanencia de personas sea o deba ser por un tiempo limitado. Por ejemplo, en los servicios.

10.2.2. Luz natural *(Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural)*

La luz natural puede aportar incrementos en la eficiencia del sistema de iluminación, en particular cuando se combina con sistemas automáticos de regulación de luz artificial. Este aporte de luz natural debe ser propiciado, en primera fase, por la incorporación en la propia estructura del edificio de elementos arquitectónicos como ventanas, lucernarios, claraboyas y paramentos verticales acristalados, y, en segunda fase, con la realización de un proyecto de regulación de los sistemas de iluminación artificial acorde a la contribución de la luz natural.

Cuando existe aportación de luz natural en el interior, es importante eliminar las zonas oscuras con el apoyo de luz artificial y que esta tenga el mismo color que la luz natural.



Influencia de la luz natural

Cuando el nivel de luz natural sea excesivo se debe reducir con toldos, apantallamientos, cristales opales o persianas.



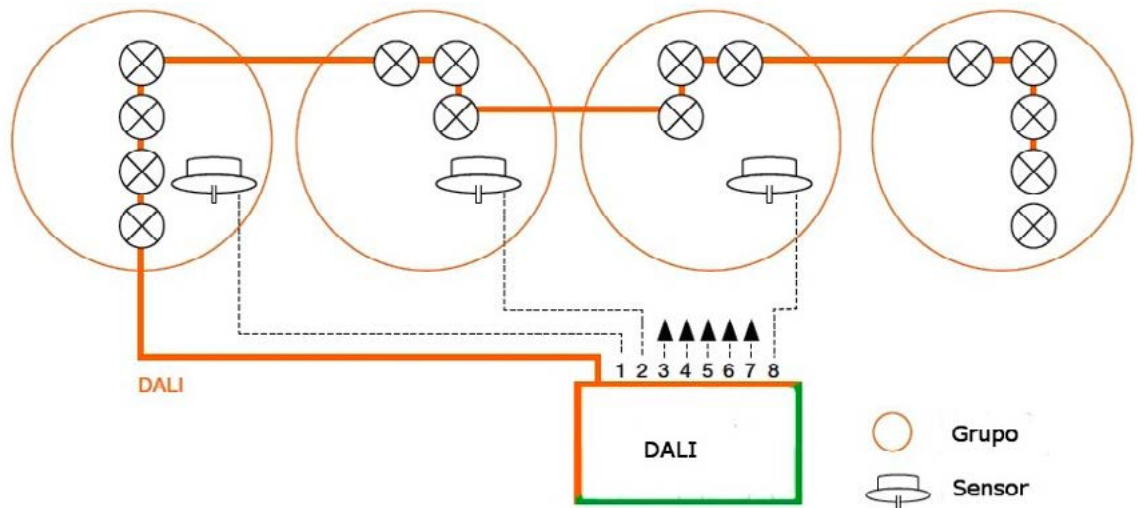
Control de la luz natural

Los sistemas basados en el control de la luz natural que penetra en un local, por medio de fotocélulas, consisten en un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, que mide la cantidad de luz natural y ajusta automáticamente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla en la sala.

Existen dos tipos de sistemas de regulación:

- ✓ Todo/nada: la iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- ✓ Regulación progresiva: la iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

La alternativa más adecuada es la de utilizar luminarias con balastos electrónicos de alta frecuencia regulables, que, controlados por una fotocélula, hacen variar la aportación de flujo luminoso emitido por las fuente de luz en función de la variación de la luz natural.



Esquema del sistema de control

Además es posible realizar el control de iluminación artificial mediante detectores de presencia que responden a la ausencia de personas en la sala con el apagado del alumbrado artificial.

Existen cuatro tipos de detectores de presencia:

- ✓ Infrarrojos.
- ✓ Acústicos por ultrasonidos.
- ✓ Acústicos por microondas.
- ✓ Híbridos de los dos anteriores.

Estos sistemas pueden originar el apagado de la instalación que controlan si, a pesar de la presencia de alguna persona en el interior, esta permanece durante un período de tiempo en actitud estática.

En edificios destinados a usos múltiples, como son los hospitales, es cada vez más interesante disponer de un sistema centralizado de gestión que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación de forma similar a con los implantados para otras instalaciones, como las de climatización.

El control centralizado supone una serie de ventajas, entre las que citaremos:

- ✓ Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sea manuales o automáticas (control horario).
- ✓ Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- ✓ Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

Si el sistema centralizado dispone simultáneamente de control local, un buen uso de la centralización permitirá un considerable ahorro de energía, aplicando un buen control horario, de acuerdo con las necesidades del usuario, que evite luces olvidadas.

En cuanto a las recomendaciones sobre uso de sistemas de regulación y control en diferentes zonas: los locales o espacios donde se recomienda la utilización de alguno de los anteriores sistemas de control y regulación son detallados a continuación:

Zonas comunes

En zonas comunes, como pasillos, escaleras, y salas de espera, los requerimientos de iluminación varían durante el día, dependiendo de la cantidad de público:

- ✓ 100% de iluminación en horas de visita.
- ✓ 50% de iluminación fuera de horas de visita y durante la noche.
- ✓ 30% de iluminación cuando es suficiente la luz natural.
- ✓ Aplicando estos porcentajes, se pueden alcanzar ahorros de entre un 35% y un 65%.

Salas de recuperación

En estas salas, la iluminación al 100% es solo necesaria en emergencias o durante la limpieza.

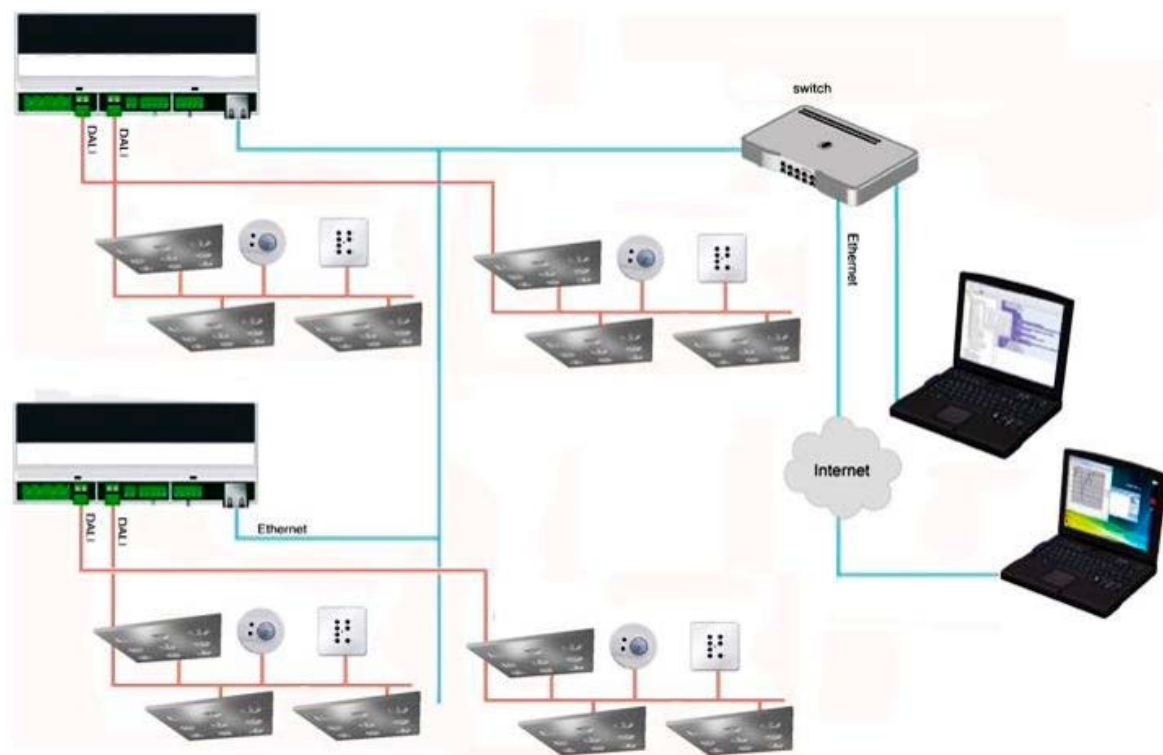
El enfermo prefiere una luz muy tenue con la que pueda descansar. Se puede lograr elevado un confort y ahorros de hasta un 60%.

Habitaciones de pacientes

Como la iluminación al 100% solo es necesaria durante el tratamiento, reconocimientos y tiempos de visita, un sistema de regulación combinado con el aprovechamiento de la luz natural aporta confort y control al paciente, y ahorros entre el 50% y 80% de la energía.

Aseos públicos

Son zonas con una ocupación muy intermitente, por lo que el ajuste del tiempo real de ocupación con el real de encendido puede suponer ahorros superiores al 60%. Por ello se recomienda utilizar sistemas de control por presencia o pulsadores temporizados.



Esquema de sistema de control centralizado

Zonas especiales

En determinados locales, como pueden ser la sala de actos o las aulas de proyecciones, resulta casi imprescindible disponer de sistemas de regulación de la iluminación que permitan su ajuste a la situación.

10.3. Mantenimiento

Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies que forman las salas, unida a la disminución de flujo luminoso que experimentan las fuentes luminosas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas descienda sensiblemente.

Los valores iniciales de iluminancia pueden volver a alcanzarse limpiando las luminarias y cambiando las fuentes de luz a intervalos convenientes.

Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas. La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas pequeñas y de alumbrados indirectos.

Igualmente, las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras.

Si incorporasen difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y estuviesen envejecidos por el uso, deberán ser sustituidos.

El no proceder de esta manera, puede conducir a:

- ✓ Reducción del nivel de iluminancia requerido para la tarea a realizar.
- ✓ Rendimiento deficiente de la instalación.
- ✓ Aspecto descuidado de la instalación.

Para prever la disminución provocada por la suciedad, al realizar el proyecto de alumbrado se debe solicitar una iluminancia superior a la tarea a realizar. La relación entre la iluminancia mínima exigida y la iluminancia inicial se denomina factor de mantenimiento, y dependerá del grado de mantenimiento realizado sobre la instalación.

Factor de mantenimiento (MF) = LLMF * LSF * LMF * RSMF

LLMF (FDFL) = factor de depreciación del flujo luminoso de la fuente de luz										
Fuentes de luz/ horas de funcionamiento	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000
Lámparas halógenas	0,95									
Lámparas fluorescentes lineales	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
Lámparas fluorescentes compactas	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85					
Lámparas descarga halogenuros metálicos	0,90	0,87	0,83	0,80	0,75					
Lámparas LED	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90		
Tubo LED	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	
LED	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90

LSF (FSL) = factor de supervivencia de la fuente de luz										
Fuentes de luz/ horas de funcionamiento	2.000	4.000	6.000	8.000	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	20.000
Lámparas halógenas	1,0									
Lámparas fluorescentes lineales	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Lámparas fluorescentes compactas	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
Lámparas descarga halogenuros metálicos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
Lámparas LED	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
Tubo LED	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
LED	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

LMF (FDLU) = factor de depreciación de la luminaria			
Período limpieza (años)	1	2	3
Tipo luminaria/ambiente del local	Limpio	Limpio	Limpio
≥ IP 2X	0,88	0,83	0,79
≥ IP 5X	0,94	0,91	0,90

LMF (FDLU) = factor de depreciación de la luminaria			
Período limpieza (años)	1	2	3
Ambiente del local/período de limpieza	Limpio	Limpio	Limpio
Muy limpio	0,98	0,95	0,93
Limpio	0,95	0,92	0,90

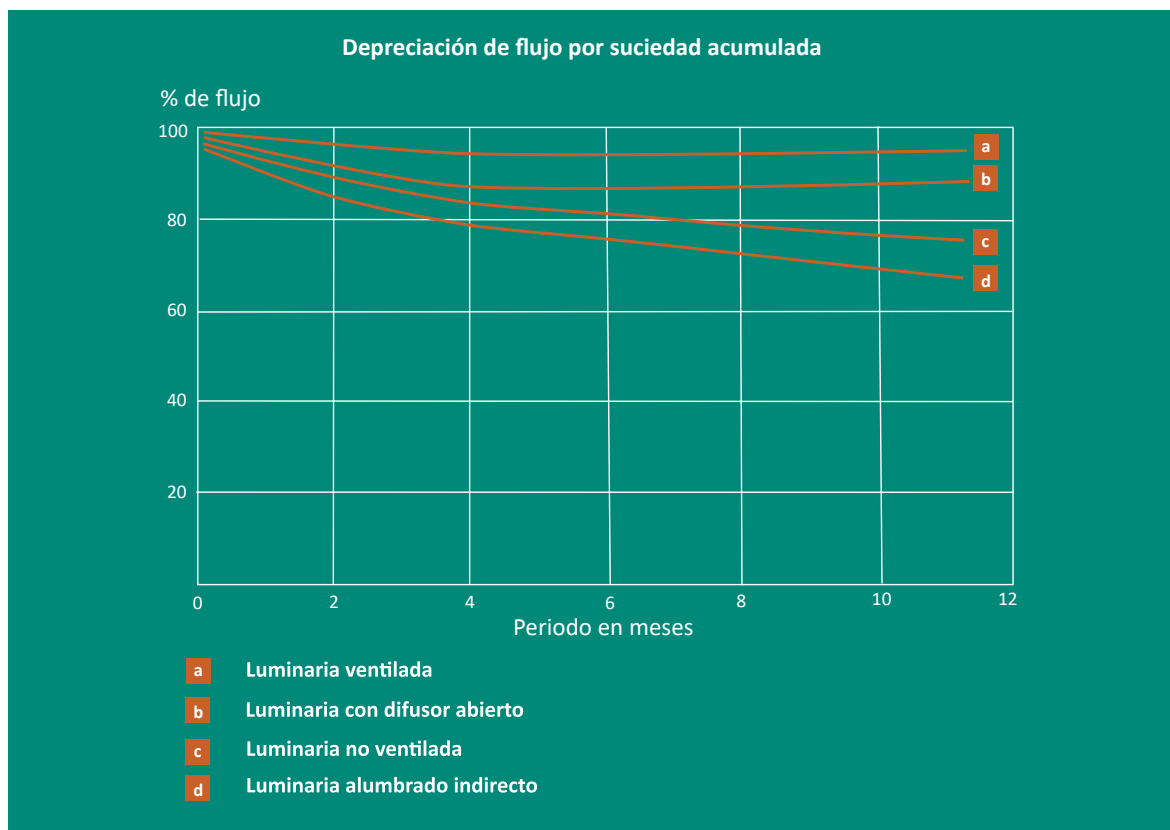
Tabla 20. Factor de mantenimiento

Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria

La mayor pérdida de iluminación en una instalación proviene de la suciedad, que se deposita sobre las fuentes de luz y las luminarias, reduciendo la disminución de luz de las mismas no solo por la disminución de la emitida directamente por las propias fuentes de luz, sino también por reflexión y refracción en las superficies empleadas para tal fin.

La deposición de polvo sobre las luminarias y fuente de luz está afectada por el grado de ventilación, el ángulo de inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente que las rodea.

Las curvas muestran la depreciación del flujo luminoso debido a la suciedad en distintos tipos de luminarias.

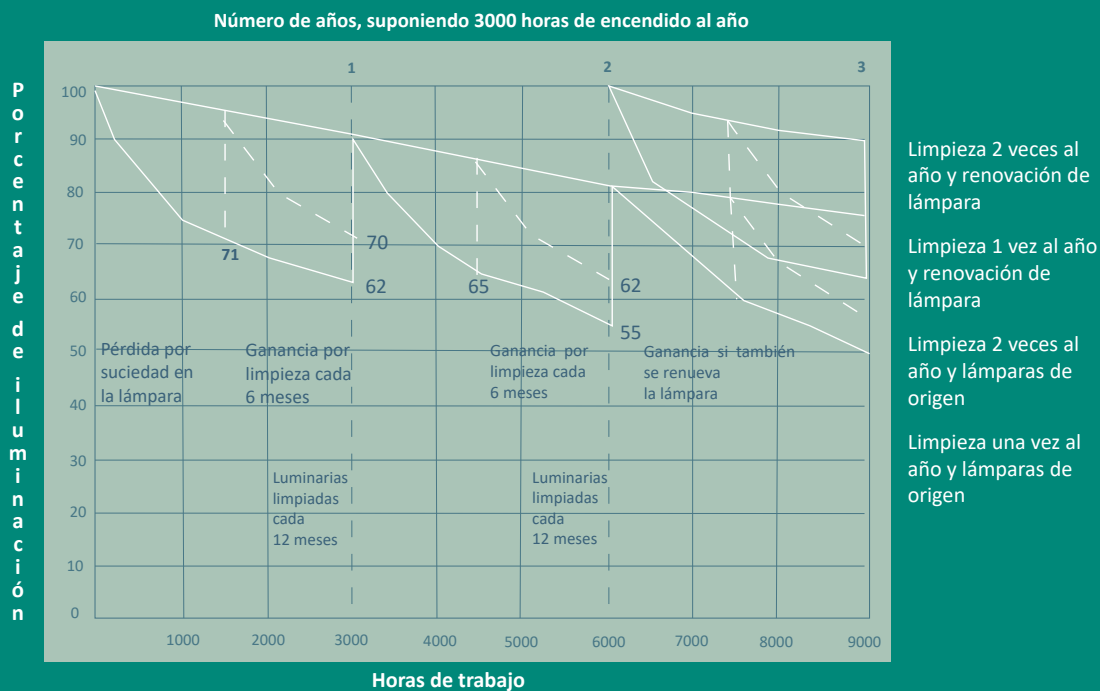


Depreciación de flujo por suciedad acumulada

En aquellos locales con alto grado de contaminación es preferible la utilización de luminarias estancas.

La realización de una limpieza programada a intervalos regulares nos permitirá mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de una sala.

Limpiezas programadas a intervalos regulares



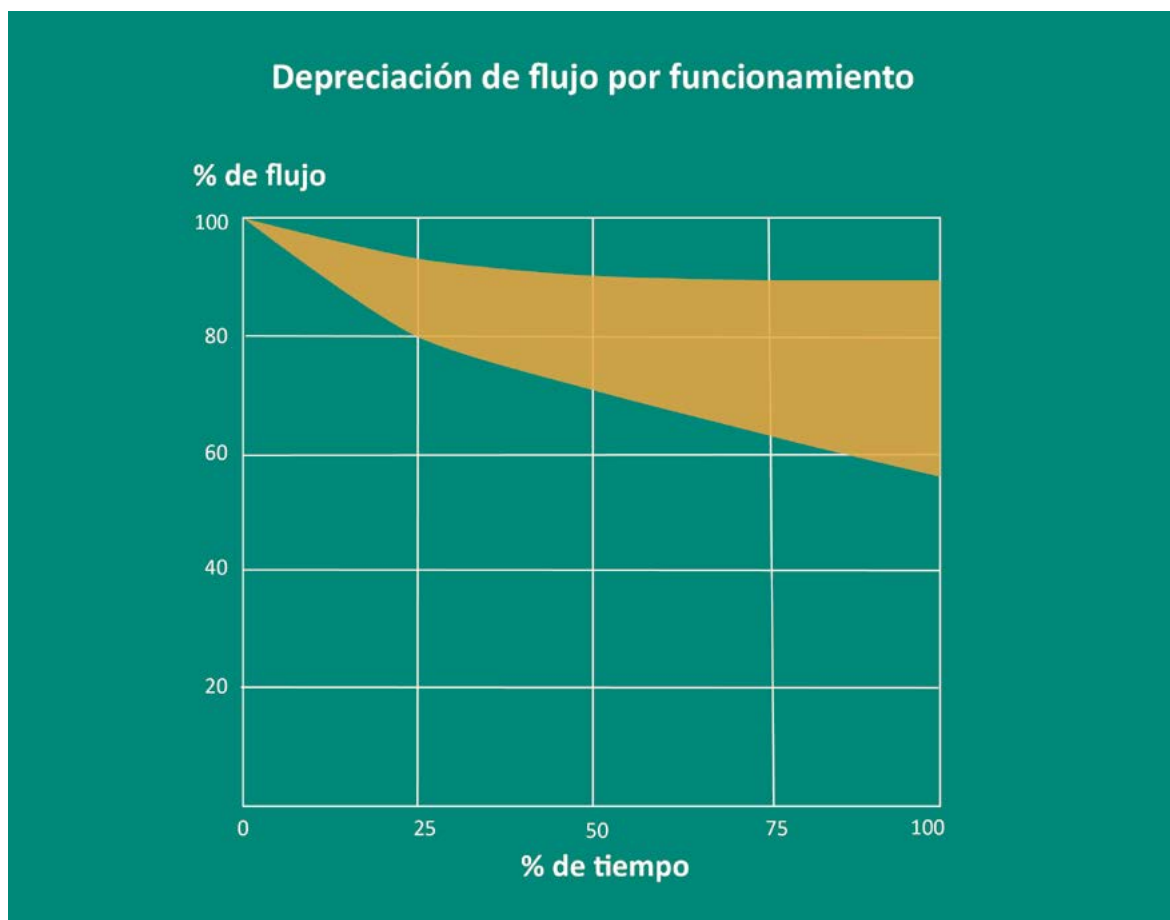
Limpiezas programadas

Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las fuentes de luz.

Depreciación del flujo de las lámparas

El flujo luminoso de las fuentes de luz disminuye con el tiempo, siendo diferente de unas fuentes de luz a otras. Existen fuente, de luz que siguen luciendo por un largo período de tiempo, pero a partir de un determinado momento, su emisión luminosa en relación con su consumo hace aconsejable su sustitución.

En la siguiente gráfica se muestra el tanto por ciento de depreciación del flujo de las fuentes de luz fluorescentes y de descarga.



Depreciación de flujo por funcionamiento

Las fuentes de luz han de ser sustituidas al final de la vida útil indicada por el fabricante. Aunque la lámpara siga luciendo, el rendimiento lumen/vatio de la misma hará aconsejable su sustitución.

Excepto en las lámparas de filamento, las lámparas de descarga, incluyendo los tubos fluorescentes, raramente fallan de forma instantánea. Su fallo es precedido por un molesto parpadeo, encendiéndose y apagándose repetidamente.

Los responsables de mantenimiento deben estar pendientes de estas anomalías para proceder al cambio de la lámpara, comprobando previamente que es esta y no el equipo auxiliar o parte de él el que debe ser cambiado. En un circuito de encendido de una lámpara fluorescente con reactancia de tipo electromagnético es recomendable probar con un cebador nuevo antes de desprenderse de la lámpara.

Al reemplazar la fuente de luz, la nueva deberá ser de la misma potencia y clase que la antigua.

Una fuente de luz de potencia superior puede recalentar la luminaria. En las lámparas de descarga, el cambio debe hacerse compatible con el equipo auxiliar de encendido.

Es una buena práctica disponer de fuente de luz de recambio para evitar equivocaciones provocadas por la urgencia de la reposición.

En una gran instalación, como es el caso de un hospital, será preferible reemplazar todas las fuentes de luz en un momento determinado, en vez de ir las sustituyendo separadamente a medida que dejan de funcionar.

El ciclo de sustitución más aconsejable para un tipo determinado de fuente de luz estará definido por el fabricante.

10.4. Gestor energético

Para realizar una gestión eficiente, la figura del gestor energético en cualquier instalación debería ser obligatoria.

En este capítulo nos referiremos exclusivamente a la figura del gestor energético bajo el aspecto del consumo debido al alumbrado.

Esta gestión debe estar basada en los datos facilitados por el diseñador del edificio, el cual ha debido preparar por escrito una serie de instrucciones relativas a las instalaciones y al mantenimiento de las mismas, tales como:

- ✓ Listados y especificaciones de los equipos de iluminación empleados.
- ✓ El programa de limpieza para fuentes de luz y luminarias.
- ✓ El programa de recambio de fuente de luz.
- ✓ El programa de mantenimiento de las superficies que forman las salas, incluido el repintado de las mismas.

Basándose en estas instrucciones, el gestor deberá realizar una eficaz gestión continua sobre:

- ✓ Seguimiento de los planes de mantenimiento (limpiezas, reposiciones de fuentes de luz por grupos, etc.).
- ✓ Control de horarios de funcionamiento.
- ✓ Control de consumos y costes.
- ✓ Seguimiento de la tarificación.

La energía consumida en kWh es igual a la potencia de las luminarias multiplicada por el número de horas de utilización de las mismas.

La comparación del consumo teórico con el real puede facilitar al gestor los datos necesarios para conseguir una disminución en el coste energético del alumbrado.

Para un determinado nivel de iluminación adecuado a la tarea a realizar y suponiendo que el número de horas de utilización es el correcto, solamente un deficiente estado de las luminarias puede incrementar el consumo.

De igual forma, para un adecuado estado de las luminarias, el incremento es motivado por una excesiva utilización del alumbrado.

Los vatios consumidos por el sistema que forman la fuente de luz y el equipo auxiliar de funcionamiento estarán especificados por el fabricante.

Dado que las compañías suministradoras disponen de varias tarifas reguladas por el BOE, el gestor deberá conocer cuál es la que mejor se adapta al horario, potencia contratada, etc., para elegir la más adecuado a sus necesidades.

11 Índice de eficiencia Energética. CTE-HE3



El IEE es un factor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado y que, al mismo tiempo, ayuda al responsable del proyecto a realizar un autocontrol del trabajo realizado.

El Código Técnico de la Edificación establece los valores de niveles luminosos, el UGR, la potencia máxima instalada por m^2 , el Ra de las fuentes de luz y el valor de la eficiencia energética (VEEI) para cada una de las dependencias, en función de la actividad a desarrollar.

11.1. Impacto de la iluminación en el consumo energético global

La luz es una necesidad vital para todos los seres vivos. Desde el inicio de los tiempos, todo el desarrollo de las especies vivas ha ido vinculado al ciclo día-noche. Es en el momento en que el ser humano descubre la iluminación artificial cuando consigue alargar las horas de actividad diurna a otros horarios nocturnos. A medida que se consigue dominar la luz, se van ampliando los horarios de actividad humana, hasta llegar a nuestros días, en que podemos disponer de cualquier necesidad de luz simplemente pulsando un interruptor. La iluminación ha ocupado una parte muy importante en nuestra sociedad, ya que nos permite disponer de luz a cualquier hora del día y en cualquier tipo

de ambiente. Y es gracias a ella que se han podido desarrollar una gran variedad de actividades y alcanzar condiciones de calidad de vida que antes eran inconcebibles.

Para conseguir esta luz artificial se debe consumir energía. Primero se obtuvo quemando madera, después, aceite, gas, etc., hasta llegar a finales del siglo XIX, cuando aparece la electricidad como fuente de energía para las instalaciones de iluminación. Así ha sido hasta nuestros días, cuando seguimos consumiendo energía eléctrica para obtener la luz necesaria para nuestras actividades.

El consumo de energía eléctrica proviene en su mayoría de recursos naturales no renovables (petróleo, carbón, combustible nuclear, gas, etc.), pero cada vez es mayor la energía proveniente de fuentes renovables (un 13,8% en 2012 y el objetivo es llegar al 20% en 2020).

Sin embargo, a pesar de todos los beneficios que se le pueden atribuir a la iluminación, es imposible ignorar que la misma implica un consumo considerable de energía eléctrica, la cual representa del 8% hasta el 20% del consumo eléctrico global.

De este consumo, del 25% al 50% corresponde al del alumbrado de ámbito doméstico y el 50%, al consumo del alumbrado de ámbito municipal (alumbrado público de calles, plazas, jardines y edificios administrativos). Y debido al aumento constante del sector de servicios en la estructura general de producción, estas cifras conllevan una tendencia creciente.

Lo que sí es una realidad es que el precio de la energía es cada vez más elevado y no parece que se invierta esa tendencia.

Ante esta consecuencia aparece una herramienta muy potente: **la eficiencia energética**.

La tecnología en el ámbito de la iluminación ha evolucionado de una forma impresionante en los últimos años: sistemas de iluminación más eficientes, sistemas de control que permiten adaptar las necesidades lumínicas a la demanda en cada momento, permiten reducir de una forma muy importante el consumo energético de nuestras instalaciones sin perjuicio en las prestaciones visuales de la misma.

No existe una guía o procedimiento infalible que permita determinar y diseñar un sistema de iluminación con elevada eficiencia energética. Cada espacio y cada actividad deben analizarse de forma que se encuentre un equilibrio entre las prestaciones lumínicas y la eficiencia energética. Pero hay dos cosas que siempre deben tenerse en cuenta:

- ✓ Nunca deben ponerse en juego las necesidades visuales de los usuarios por criterios de eficiencia energética, sino que deben definirse cuáles son esas necesidades y estudiar la forma más eficiente de conseguir las.
- ✓ Debe contemplarse todo el ciclo de vida del proyecto de iluminación, ya que si se analizan los costes a lo largo de toda la vida útil de una instalación de iluminación los de explotación pueden llegar a hacer que los costes de instalación sean despreciables. Un ejemplo: la energía que consume una lámpara a lo largo de toda su vida puede llegar a significar hasta 10 veces el coste de adquisición de la misma.

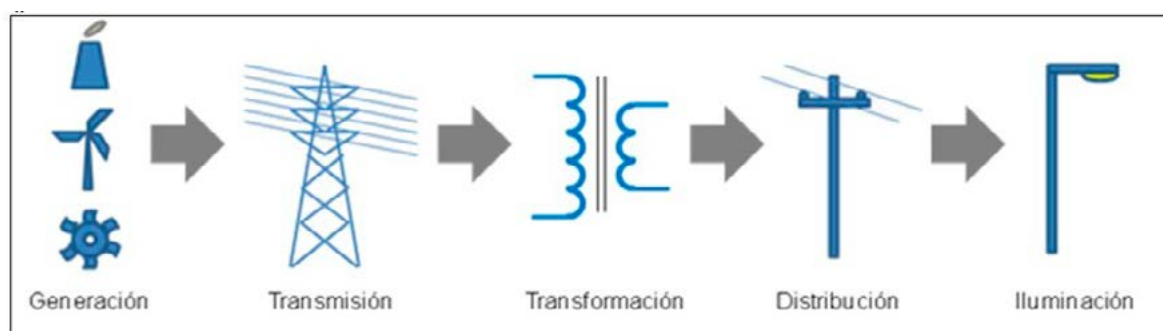
Este capítulo y los que conforman las guías técnicas de eficiencia energética en iluminación en ambientes interiores y actividades específicas, como son centros docentes, hospitales y oficinas,

intentan presentar una serie de recomendaciones que permitan orientar en el desarrollo tanto de nuevas instalaciones como en las reformas de las existentes, mediante la toma de decisiones más adecuadas para alcanzar una mayor eficiencia energética.

11.2. Importancia del ahorro energético en iluminación

Si analizamos el proceso de generación y transporte de energía, tanto en la central eléctrica como durante el transporte de la energía, las pérdidas son muy elevadas. Dos tercios de la energía empleada se pierden durante la generación y transporte. Es decir, que para que nosotros podamos disponer de 1 W en nuestra casa o lugar de trabajo, la central eléctrica debe generar 3 W.

Pero veámoslo desde el punto de vista optimista: Por cada vatio (por mejora de la eficiencia energética) que dejemos de consumir en destino, se conseguirá que la central eléctrica deje de producir 3W, con todo el impacto ambiental que ello representa.



Ciclo de transformación de energía eléctrica

Centrándonos exclusivamente en el último punto del ciclo definido en la imagen anterior, es decir, cómo gestionamos el proceso de convertir la energía eléctrica en luminosa para conseguir instalaciones de alumbrado eficientes, deberemos tener en cuenta los siguientes puntos, que podrían resumirse en la realización de un correcto proyecto de iluminación.

- ✓ Parámetros luminosos (niveles de iluminación, uniformidad, UGR, etc.) adecuados a la función a realizar en cada instalación.
- ✓ Luminarias adecuadas a las características mecánicas y ambientales de la instalación, de alto rendimiento y control de la energía luminosa emitida por las fuentes de luz que incorporan.
- ✓ Equipos auxiliares de bajas pérdidas y que permitan la conexión a sistemas de regulación.
- ✓ Fuentes de luz de elevado ratio lm/W.
- ✓ Definir un plan de mantenimiento que garantice el nivel de servicio y prestaciones de la instalación a lo largo de la vida útil.
- ✓ Establecer los sistemas de regulación y control que maximicen la eficiencia energética de la instalación.

Y un aspecto que no debemos dejar de lado es el reciclado de los componentes de la instalación, ya que, una vez un componente llega al final de su vida útil, debe ser gestionado y reciclado adecuadamente por una entidad autorizada, puesto que algunos de ellos están considerados como

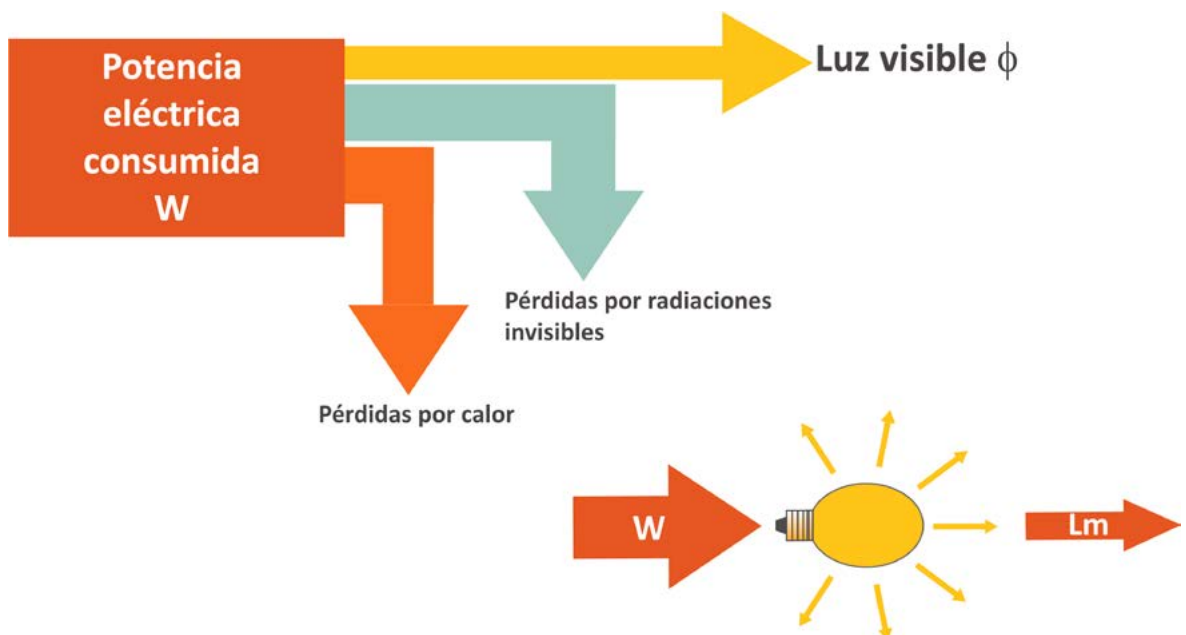
residuos peligrosos. Dentro del plan de mantenimiento deben establecerse los mecanismos de eliminación de lámparas, luminarias, equipos auxiliares y demás elementos para evitar su impacto ambiental.

Las pérdidas energéticas que se originan en una instalación de alumbrado tienen su origen en varias causas, siendo la más importante la que se genera en la fuente de luz, al transformar la energía eléctrica en luminosa.

Pensemos, por ejemplo, que una lámpara incandescente como las que podemos tener en nuestras casas tiene unas pérdidas del 95%. El 95% de la energía que consume la transforma en calor, mientras que menos de un 5% es lo que se transforma en luz. En las fuentes de luz más eficientes este porcentaje es del 70%. Si a ello le sumamos el consumo propio que pueden tener los equipos auxiliares, transformadores, etc., ese porcentaje continúa decreciendo.

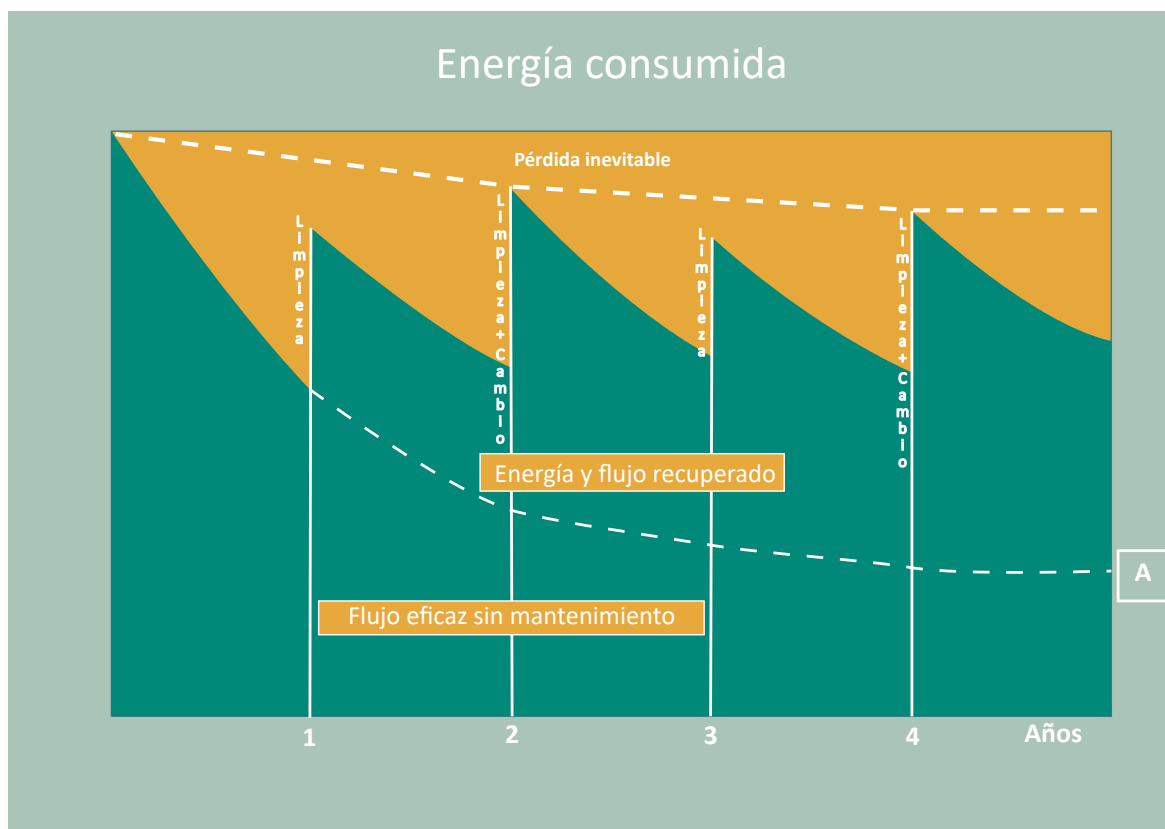
Pero no todas las pérdidas son debidas a la fuente de luz utilizada. Las pérdidas originadas en los sistemas ópticos por reflexión, refracción y transmisión de la energía luminosa, unidas a las originadas por la degradación de los materiales que los forman y a las originadas por la distribución del flujo luminoso sobre la superficie a iluminar, disminuyen el rendimiento de la instalación.

En función de los elementos utilizados en una instalación de alumbrado, el porcentaje de energía eléctrica que llega al interruptor de una instalación y se transforma en luz visible oscila entre un 0,5% y un 6%. Ello quiere decir que de cada 100 W de energía eléctrica consumida la energía equivalente en luz aprovechable estaría entre 0,5 W y 6 W.



Transformación de energía eléctrica en luz visible

En la fase de explotación o funcionamiento de una instalación de iluminación, también aparecen causas de una baja eficiencia. Si esa instalación no se mantiene correctamente sus elementos se degradan, las lámparas envejecen, las luminarias se ensucian, etc. Y ello ocasiona que el rendimiento de la instalación disminuya.



Comparación del nivel de servicio entre una instalación con/sin mantenimiento

En el gráfico se muestra cómo evoluciona una instalación de iluminación si se realiza o no un mantenimiento adecuado de la misma. Como se ha mencionado anteriormente, existe una pérdida de prestaciones inevitable, producto de la degradación de los propios componentes (lámparas, luminarias, cables, equipos auxiliares, etc.). Pero si no se reemplazan los componentes cuando han llegado al final de su vida útil, las prestaciones lumínicas se reducen drásticamente mientras que el consumo energético se mantiene.

Por último, el control de la instalación también es crítico a la hora de evaluar la eficiencia energética de la instalación de iluminación. Los horarios de funcionamiento muchas veces no se ajustan, por lo que la instalación está consumiendo energía en períodos donde no debería hacerlo. Por otro lado, la «rigidez» de muchas instalaciones hace que, a la hora de encender o apagar, se tenga únicamente el 0% o el 100% del flujo luminoso.

La existencia en la instalación de adecuados sistemas de encendido y de control y regulación de la energía luminosa emitida por las luminarias, unidos al aprovechamiento de luz natural cuando se posible, colabora eficazmente en conseguir instalaciones altamente eficientes.

11.3. Eficiencia energética de una instalación de iluminación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación se define como el flujo útil respecto a la energía eléctrica consumida. Se entiende por flujo útil la cantidad de flujo luminoso que recibe el área de trabajo donde se desarrolla la actividad.

Para entender el proceso, se divide el cálculo de la eficiencia en dos. Una primera eficiencia básicamente relacionada con la fuente de luz y sus equipos auxiliares relaciona la luz emitida por la lámpara respecto a la energía consumida por ella y sus equipos auxiliares. Mediante este primer cálculo de eficiencia se evalúa la transformación de energía eléctrica en energía lumínica.

$$Eficiencia\ 1 = \frac{Energía\ lumínica}{Energía\ eléctrica}$$

Este valor es lo que se denomina eficacia luminosa de una fuente de luz, los lúmenes emitidos por vatio eléctrico consumido. Por ejemplo, una lámpara de incandescencia convencional está entre los 15 y 18 lm/W, una lámpara de halogenuros metálicos puede llegar a los 105 lm/W y un LED puede llegar (hoy) hasta los 150 lm/W.

Pero ahora llega el segundo paso: de toda la luz que emite la lámpara, ¿qué porcentaje llega a la zona que nos interesa iluminar? Pues ahí es donde entra el cálculo de esa segunda eficiencia: de la luz que emite la lámpara, qué porcentaje sale de la luminaria y llega a la zona de estudio.

$$Eficiencia\ 2 = \frac{Energía\ lumínica\ útil}{Energía\ lumínica}$$

Así pues, la eficiencia total del sistema de iluminación será el producto de ambas:

$$Eficiencia\ total = Eficiencia\ 1 \cdot Eficiencia\ 2 = \frac{Energía\ lumínica\ útil}{Energía\ eléctrica}$$

Este valor nos da una idea de la cantidad de flujo que emite una lámpara, sale de la luminaria y llega a la superficie de estudio, midiéndose en lm/W.

La definición de lux es el flujo luminoso (lm) que llega a una superficie (m²).

$$1\ lux = \frac{1\ lm}{1\ m^2}, \text{ entonces } 1\ lm = 1\ lux \cdot m^2, \text{ entonces } 1\ lm = 1\ lux \cdot m^2$$

Sustituyendo en los valores de eficiencia:

$$Eficiencia\ total = \frac{lm}{W} = \frac{lux \cdot m^2}{W}$$

En instalaciones de iluminación interior, se suele emplear la inversa de esta fórmula y relacionarla a 100 lux: es decir, los vatios necesarios para obtener 100 lux.

Así pues, se define el valor de eficiencia energética en Iluminación (VEEI) como la potencia eléctrica necesaria para obtener 100 lux por m² en el plano de trabajo y en condiciones de servicio. Evidentemente, cuanto menor sea el VEEI, más eficiente será la instalación. Cuando se habla en condiciones de servicio lo que se quiere decir es que ese valor debe mantenerse a lo largo de toda la vida útil de la instalación, lo que implica que debe efectuarse un mantenimiento adecuado

que permita obtener el nivel de servicio (nivel de iluminación mantenido) dentro de los límites establecidos.

El Código Técnico de Edificación, en el apartado HE-3 (Eficiencia energética en iluminación) establece los límites máximos de VEEI en función del tipo de actividad y la representatividad del espacio analizado.

11.4. Ciclo de vida de una instalación de iluminación

Como se ha comentado anteriormente, cuando se plantea un proyecto de iluminación debe pensarse en todo el ciclo de vida del mismo. Debemos pensar que la vida útil de una instalación de iluminación puede llegar a ser de 30 años, y durante todo ese período debe garantizarse que las prestaciones lumínicas serán las necesarias para que se puedan desarrollar sin problemas las actividades visuales de las personas que harán uso de ese espacio. Ello obliga al proyectista a dos cosas importantes. Por un lado, el seleccionar los componentes de la instalación que garanticen sus prestaciones tanto lumínicas como mecánicas, eléctricas, térmicas, ambientales, etc., a lo largo de toda su vida útil. Por otro lado, deben establecerse las operaciones de mantenimiento necesarias para garantizar el estado correcto de todos los elementos que forman parte de la instalación. En función de la vida útil de los componentes, de la agresividad del entorno, de las condiciones de alimentación eléctrica, etc., debe elaborarse un plan de mantenimiento que garantice las prestaciones lumínicas a lo largo de toda la vida útil del proyecto.

Si se contemplaran los costes de todo el proyecto, no únicamente los costes de instalación, sino también los costes de explotación, se observaría que los costes de explotación (que incluyen el coste energético y el mantenimiento de las instalaciones) son muy superiores a los costes de instalación. Por ello debe prestarse especial atención a la selección de los diferentes elementos de forma que su comportamiento y duración garanticen el nivel de servicio para el que han sido diseñados.

11.5. CTE-HE3: exigencias energéticas en una instalación de iluminación

Con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, el Código Técnico de Edificación recoge en la Sección HE3 las exigencias energéticas en instalaciones de iluminación. Veamos los puntos a destacar de este documento.

11.5.1. Ámbito de aplicación

Se define en qué casos será obligatorio cumplir con las exigencias del documento:

- a) En edificios de nueva construcción.
- b) En intervención en edificios existentes con una superficie útil total final (incluidas las partes ampliadas, en su caso) superior a 1.000 m², donde se renueve más del 25% de la superficie iluminada.
- c) En otras intervenciones en edificios existentes en las que se renueve o amplíe una parte de la instalación, en cuyo caso se adecuará la parte de la instalación renovada o ampliada para que

se cumplan los valores de eficiencia energética límite en función de la actividad y, cuando la renovación afecte a zonas del edificio para las cuales se establezca la obligatoriedad de sistemas de control o regulación, se dispondrán estos sistemas.

- d) En cambio de uso característico del edificio.
- e) En cambios de actividad en una zona del edificio que impliquen un valor más bajo del valor de eficiencia energética de la instalación límite respecto al de la actividad inicial, en cuyo caso se adecuará la instalación de dicha zona.

Se excluyen del ámbito de aplicación:

- a) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- b) Edificios industriales, de la defensa y agrícolas o partes de los mismos, en la parte destinada a talleres y procesos industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales.
- c) Edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m².
- d) Interiores de viviendas.
- e) Los edificios históricos protegidos cuando así lo determine el órgano competente que deba dicta-minar en materia de protección histórico-artística.

En los casos excluidos en el punto anterior, en el proyecto se justificarán las soluciones adoptadas, en su caso, para el ahorro de energía en la instalación de iluminación.

Se excluyen también de este ámbito de aplicación los alumbrados de emergencia.

11.6. Caracterización y cuantificación de las exigencias

11.6.1. Valor de la eficiencia energética de la instalación

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m²) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot Em}$$

Siendo

P = la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares (W);

S = la superficie iluminada (m²);

Em = la iluminancia media horizontal mantenida (lux).

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la siguiente tabla. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
Aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
Habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
Estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
Zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas)	6,0
Hostelería y restauración	8,0
Religioso en general	8,0
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias	8,0
Tiendas y pequeño comercio	8,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
Locales con nivel de iluminación superior a 600 lux	2,5

Tabla 21. Límite del valor de eficiencia energética en iluminación (VEEI)

- (¹) Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo, quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.
- (²) Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de práctica de ordenador, música, laboratorios de lenguaje, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, de manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio y aulas de reunión, aulas de clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.

- (³) Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.
- (⁴) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.
- (⁵) Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento como de competición, pero no se incluyen las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas. Los graderíos serán asimilables a zonas comunes del grupo 1.
- (⁶) Espacios destinados al tránsito de viajeros, como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de mostradores de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.

11.6.2. Potencia instalada en el edificio

La potencia de la instalación de iluminación, contemplando la potencia total de la luminaria (lámpara y equipo auxiliar), no superará los valores especificados en la siguiente tabla:

Uso del edificio	Potencia máxima instalada (W/m ²)
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600 lux	25

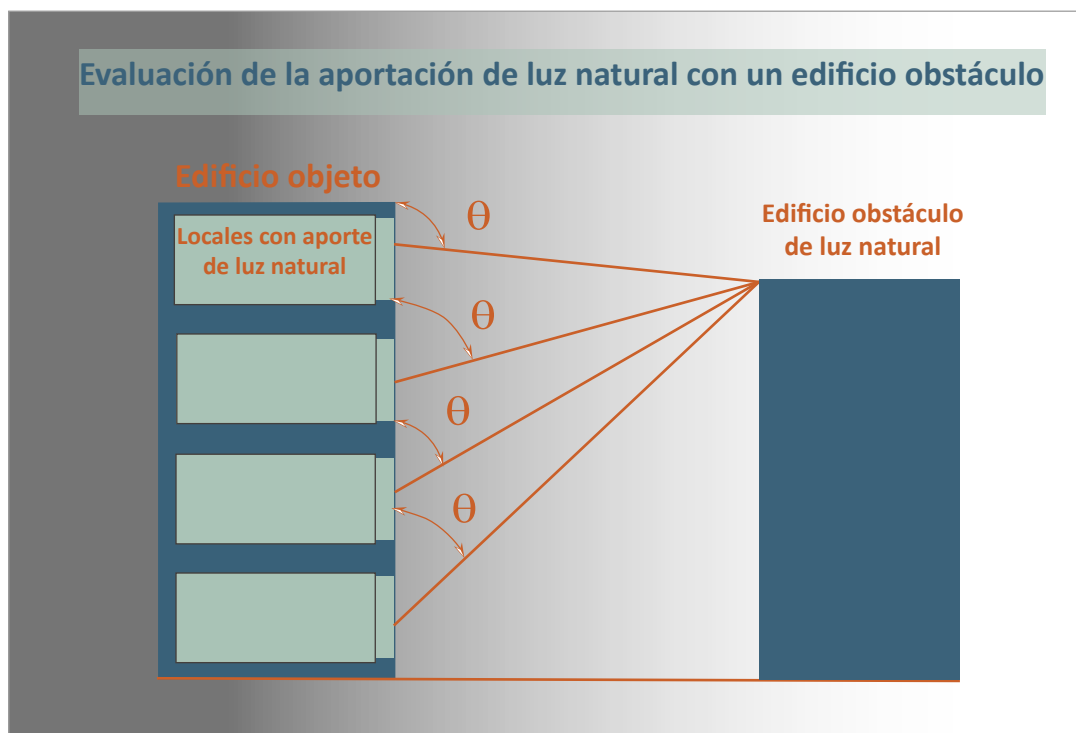
Tabla 22. Potencia máxima de iluminación

11.6.3. Sistemas de control y regulación

Gracias a la aparición de nuevas tecnologías en lo referente a fuentes de luz y equipos auxiliares, es posible definir escenas de iluminación dinámicas, en las que en función de la actividad que se desarrolla y el nivel de ocupación del espacio se ajusten las prestaciones lumínicas a las necesidades reales, con el consecuente ahorro energético.

Lo que si establece el CTE-HE3 son unos requisitos mínimos en cuanto a sistemas de control:

- a) Toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en cuadros eléctricos como único sistema de control. Toda zona dispondrá de un sistema de encendidos por horario centralizado en cada cuadro eléctrico. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia temporizado o sistema de pulsador temporizado.
- b) Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural, que regulen proporcionalmente y de manera automática por sensor de luminosidad el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural de las luminarias de las habitaciones de menos de 6 metros de profundidad y en las dos primeras líneas paralelas de luminarias situadas a una distancia inferior a 5 metros de la ventana, y en todas las situadas bajo un lucernario, cuando se den las siguientes condiciones:
 - a. En las zonas de que cuenten con cerramientos acristalados al exterior, cuando estas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:



Evaluación de la aportación de luz natural con un edificio obstáculo

- ✓ Que el ángulo θ sea superior a 65° ($\theta > 65^\circ$), siendo θ el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales.
- ✓ Que se cumpla la expresión: $T (A_w/A) > 0,11$.

Siendo:

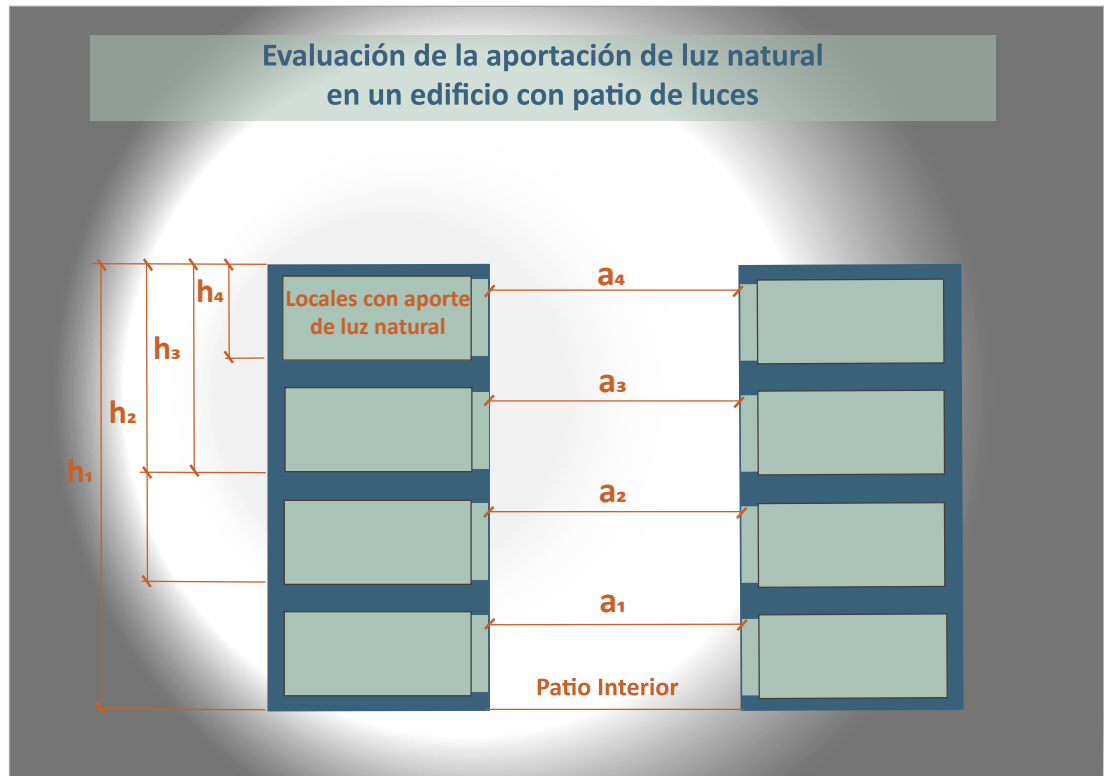
T = coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno;

A_w = área de acristalamiento de la ventana de la zona (m^2);

A = área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) (m^2).

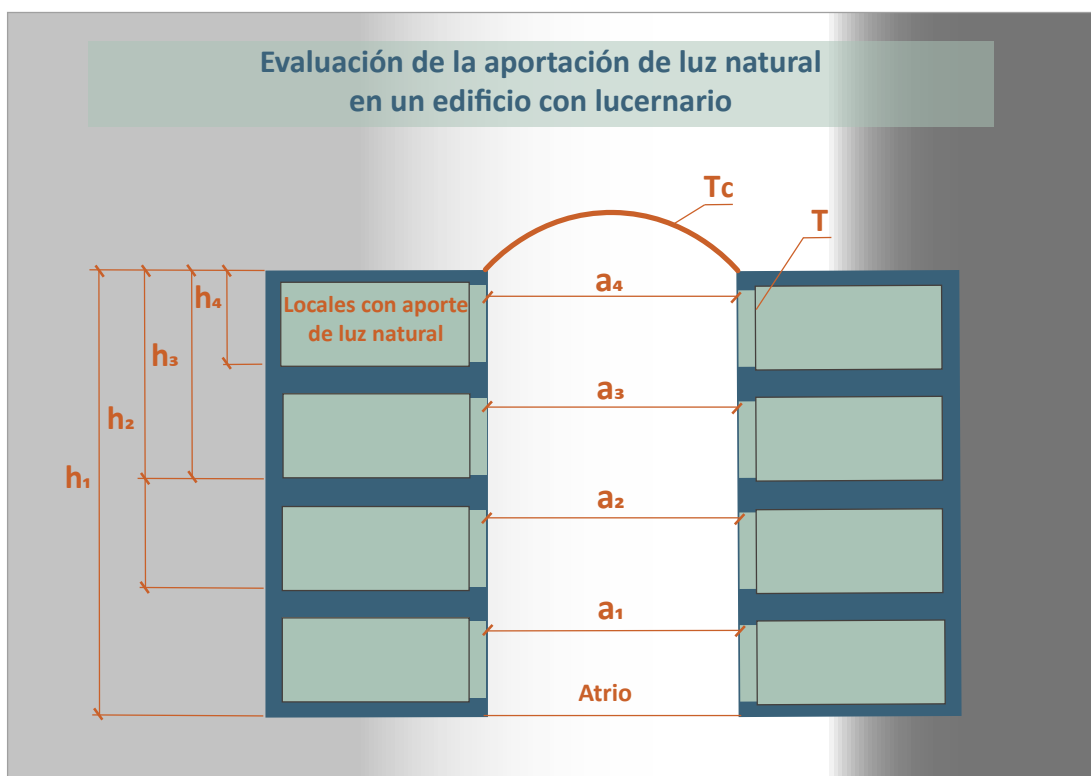
b. En todas las zonas de los grupos 1 y 2 que cuenten con cerramientos acristalados a patios o atrios, cuando estas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- ✓ En el caso de patios no cubiertos, cuando estos tengan una anchura (a_i) superior a 2 veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentre la zona en estudio y la cubierta del edificio.



Evaluación de la aportación de luz natural en un edificio con patio de luces

- ✓ En el caso de patios cubiertos por acristalamientos, cuando su anchura (a_i) sea superior a $2/T_c$ veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre la planta donde se encuentre el local en estudio y la cubierta del edificio, y siendo T_c el coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de cerramiento del patio, expresado en tanto por uno.



Evaluación de la aportación de luz natural en un edificio con lucernario

✓ Que se cumpla la expresión: $T (A_w/A) > 0,11$.

Siendo

T = coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno;

A_w = área de acristalamiento de la ventana de la zona (m^2);

A = área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) (m^2).

Quedan excluidas de cumplir las exigencias de los puntos anteriores, las siguientes zonas:

- ✓ Zonas comunes en edificios residenciales.
- ✓ Habitaciones de hospital.
- ✓ Habitaciones de hoteles, hostales, etc.
- ✓ Tiendas y pequeño comercio.

11.7. Verificación y justificación del cumplimiento de la exigencia

11.7.1. Procedimiento de verificación

En este apartado, el documento HE3 establece que se verifiquen los siguientes valores:

- a) Cálculo del VEEI, comprobando que no se superan los valores de la tabla 21.
- b) Cálculo de la potencia de iluminación instalada en el edificio, comprobando que no se supera lo establecido en la tabla 22.

- c) Comprobación de la existencia de un sistema de control y regulación para el máximo aprovechamiento de la luz natural.
- d) Comprobación de la existencia de un plan de mantenimiento.

11.7.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia

En el proyecto debe incluirse la siguiente información:

- a) Relativa al edificio
 - a. Potencia total instalada en el edificio (lámpara más equipo auxiliar).
 - b. Superficie total iluminada.
 - c. Potencia total por unidad de superficie.
- b) Relativa a cada zona
 - a. El índice del local (K) utilizado en el cálculo.
 - b. El número de puntos considerados en el proyecto: la malla de cálculo empleada debe ser representativa de todo el plano de trabajo; el número de puntos de cálculo debe ser el adecuado al tamaño de la superficie.
 - c. El factor de mantenimiento (Fm) previsto; en función de la agresividad del entorno, de la estanqueidad de las luminarias y de los intervalos de mantenimiento, debe fijarse un valor que se adecúe a la evolución de la instalación.
 - d. La iluminancia media horizontal mantenida (Em) obtenida. Es el valor por debajo del cual nunca debe estar la iluminancia media, dado que se pondría en riesgo la seguridad.
 - e. El índice de deslumbramiento unificado (UGR) alcanzado.
 - f. Los índices de rendimiento de color (Ra) de las lámparas seleccionadas.
 - g. El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI) resultante en el cálculo.
 - h. Las potencias de los conjuntos: lámpara más equipo auxiliar.
 - i. La eficiencia de las lámparas empleadas en lm/W.

Asimismo, debe justificarse en la memoria del proyecto para cada zona el sistema de control y regulación que corresponda, de forma que se justifique el máximo aprovechamiento de luz natural, así como la adecuación de la iluminación a la ocupación y la actividad que se desarrolla, empleando sensores lumínicos, de movimiento, programas horarios, etc.

11.8. Cálculos

11.8.1. Datos previos

Para determinar el cálculo y las soluciones luminotécnicas de las instalaciones de iluminación interior, se tendrán en cuenta parámetros tales como:

- a) El uso de la zona a iluminar. Con este análisis, y basándonos en las recomendaciones y normativas, se podrá identificar el tipo de actividad que se realiza en el espacio objeto de estudio.

- b) El tipo de tarea visual a realizar: una vez identificada la zona a iluminar, en su interior pueden realizarse diferentes tareas visuales, con diferentes requerimientos lumínicos.
- c) Las necesidades de luz y del usuario del local: debe identificarse el tipo de usuario al que va destinado el proyecto, pues es posible que pueda tener deficiencias visuales que obliguen a modificar los parámetros lumínicos de partida.
- d) El índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil).
- e) Las reflectancias de las paredes, techo y suelo de la sala: la iluminación por reflexión puede llegar a significar un 30% de la iluminación del espacio. Es por ello que debe establecerse un coeficiente de reflexión para los diferentes cerramientos de local para obtener unos resultados próximos a la realidad.
- f) Las características y tipo de techo, pues nos permitirán identificar el tipo de luminaria adecuado (empotrable, de superficie, colgante, etc.).
- g) Las condiciones de la luz natural, con el objetivo de optimizar la eficiencia energética de la instalación; en el apartado anterior ya se han expuesto las exigencias en este apartado.
- h) El tipo de acabado y decoración, ya que la luz, además de iluminar, debe proporcionar un ambiente visual adecuado, en consonancia con el entorno donde se ubica.
- i) El mobiliario previsto y su ubicación, de forma que se garantice el máximo confort visual, evitando reflexiones y posibles deslumbramientos.

Podrá utilizarse cualquier método de cálculo que cumpla las exigencias de esta sección, los parámetros de iluminación y las recomendaciones.

11.8.2. Método de cálculo

El método de cálculo utilizado, que quedará establecido en la memoria del proyecto, será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en el Código Técnico de Edificación, en el apartado HE-3.1, así como los derivados de los materiales adoptados en las soluciones propuestas, tales como lámparas, equipos auxiliares y luminarias.

Se obtendrán como mínimo los siguientes resultados para cada zona:

- a) Valor de eficiencia energética de la instalación VEEI.
- b) Iluminancia media horizontal mantenida (E_m) en el plano de trabajo.
- c) Índice de deslumbramiento unificado (UGR) para el observador.

Para el edificio completo debe darse el valor de la potencia total instalada en la luminaria, contando tanto la lámpara como el equipo auxiliar.

El método de cálculo se formalizará bien manualmente o a través de un programa informático, que ejecutará los cálculos referenciados obteniendo como mínimo los resultados mencionados en el punto anterior. Estos programas informáticos podrán establecerse en su caso como documentos reconocidos.

11.9. Mantenimiento y conservación

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación (VEEI), se elaborará en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria. Dicho plan también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

El paso del tiempo provoca una disminución progresiva en los niveles de iluminación de las instalaciones de iluminación. Las causas se deben, por un lado, a la disminución del flujo luminoso que experimentan las lámparas, y, por otro, a la suciedad que se va depositando sobre las luminarias, ventanas y superficies que conforman el ambiente. En el primer caso, hay que establecer un programa de sustitución de las lámparas, para asegurar que los niveles de iluminancia real se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación. Y en el segundo caso, la solución es un programa de mantenimiento de limpieza periódica de lámparas, luminarias y la zona de trabajo. El no realizar esto trae como consecuencias:

- a) Iluminaciones notablemente inferiores a las requeridas.
- b) Un rendimiento económico muy pobre de la inversión hecha para la instalación de alumbrado y gastos de funcionamiento.
- c) Apariencia de descuido de la instalación de alumbrado.

Un método recomendado para establecer un esquema deseable de mantenimiento para la limpieza es el chequeo de niveles de iluminación periódicamente con un luxómetro. En una nueva instalación, se recomienda que las primeras lecturas sean tomadas al cabo de 100 horas de uso, y después, en intervalos de 1 o 2 meses. En una instalación existente, en las luminarias, además de ser limpiadas, se deben instalar nuevas lámparas, y se sigue el mismo procedimiento que para una instalación nueva. Cuando las lecturas disminuyan de los niveles deseados, debe procederse a las operaciones de mantenimiento.

Los valores iniciales de iluminancia se pueden recuperar limpiando y cambiando las lámparas a intervalos convenientes.

Los cristales de las ventanas y las superficies de paredes y techos deben ser limpiados o repintados frecuentemente, para asegurar la iluminación proveniente de la transmisión de luz natural y de la reflexión.

Para prevenir la disminución provocada por la suciedad, al realizar el proyecto de iluminación se debe definir el factor de mantenimiento, de forma que se garantice la prestación del servicio a lo largo de toda la vida útil de la instalación.

De la misma manera, debe controlarse el consumo energético a lo largo de toda la vida de la instalación, controlando que este sea el ajustado al proyecto.

11.10. Caso práctico: edificio destinado a un centro de asistencia primaria

11.10.1. Descripción general del edificio

El edificio es una construcción aislada de 7 plantas, 1 planta sótano y 6 superiores.

La superficie total construida es de **2.894,05 m²**, distribuida de la siguiente forma:

ESTANCIA	SUP. UTIL (m ²)
Planta baja	785,30
Planta primera	253,29
Planta segunda	253,29
Planta tercera	253,29
Planta cuarta	401,33
Planta quinta	247,08
Planta sótano	700,47

Tabla 23. Distribución de las superficies

Se construye un edificio cuya actividad destinada será centro de asistencia primaria que constará de:

- ✓ **Planta baja:** se dispone zona de información, consultas, sala de tratamientos, sala de curas, sala de educación sanitaria, sala de personal, salas de reuniones, sala de espera, baños, vestuarios, almacén y despachos.
- ✓ **Planta primera:** se dispone de recepción, vestíbulo de entrada, baños y consultas.
- ✓ **Planta segunda:** se dispone de recepción, vestíbulo de entrada, baños y consultas.
- ✓ **Planta tercera:** se dispone de recepción, vestíbulo de entrada, baños y consultas.
- ✓ **Planta cuarta:** se dispone de recepción, vestíbulo de entrada, baños y consultas.
- ✓ **Planta quinta:** se dispone de recepción, vestíbulo de entrada, baños, sala de grupo, sala de personal y consultas.
- ✓ **Planta sótano:** se dispone de vestuarios, sala de reunión, sala de personal, mantenimiento, sala de transformadores, almacenes y archivos.

11.10.2. Instalación de iluminación

Consideraciones

Para dotar de este servicio a cada una de las dependencias, se considerará la norma UNE-EN 12464-1 que indica los parámetros que definen las especificaciones lumínicas:

- ✓ **Em (lux):** nivel de iluminación medio mantenido.
- ✓ **UGR:** índice de deslumbramiento.
- ✓ **Ra:** reproducción cromática de las fuentes de luz.

Para conseguir una iluminación adecuada a la función a realizar es preciso tener en cuenta una serie de datos, tales como:

- ✓ Dimensiones de las zonas.
- ✓ Factores de reflexión de techos, paredes y planos de trabajo de acuerdo con el tono de color de los mismos.
- ✓ Tipo de lámpara.
- ✓ Nivel medio de iluminación (Em) en lux, de acuerdo con la clase de trabajo que se ha de realizar y el plano de trabajo que se considere.
- ✓ Factor de conservación que se prevé para la instalación, dependiendo de las limpiezas periódicas, reposición de lámparas, etc.
- ✓ Índices geométricos.

Sistema de control

Según el tipo de estancia, se dispondrá de un sistema de regulación y encendido de la iluminación:

- ✓ Sistema de control y regulación ON/OFF: permite el encendido/apagado y regulación de luz.

Con el objetivo de maximizar la eficiencia energética, y siguiendo los criterios establecidos en el documento HE3 del CTE, se dispondrá de un sistema de control de luz natural, junto con sensores de presencia y movimiento en las estancias que así lo precisen.

Todo ello irá gobernado mediante una central que dispone de un *software* capaz de controlar todo el sistema del edificio.

Cálculos lumínicos

En los anexos se muestra un resumen de los cálculos lumínicos correspondientes a las estancias representativas tipo por planta. En la mayor parte de los casos se cumplen las especificaciones de diseño, con niveles ligeramente por encima de los especificados, un deslumbramiento controlado ($UGR < 19$) y valores VEEI igualmente correctos.

PLANTA BAJA						
ESTANCIA	LUMINARIA	Em proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR proyecto	VEEI obtenido	VEEI máx
Consulta general	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	508	19	1,9	3,5
Consulta med. general	TR 7835/135 T5 39 W	500	525	19	1,9	3,5
Consulta odontología	TR 7835/135 T5 39 W	500	525	19	2,0	3,5
Consulta polivalente	TR 7835/135 T5 39 W	500	530	19	2,0	3,5
Despacho adjunto a dirección	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	475	19	1,5	3,0
Despacho coordinación	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	475	19	1,5	3,0
Despacho de atención	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	506	19	2,3	4,0
Sala de curas con 5 boxes	TR 732TC236 TC-L 74 W	500	536	19	2,6	3,5
Sala de espera	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	219	19	2,6	4,0
Sala de personal	TR 7835/128 T5 31,5 W	300	337	22	1,1	3,5
Sala de trabajo administrativo	TR 7835/135 T5 39 W	500	548	19	1,6	3,0
Sala de tratamientos	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	505	19	2,0	3,5
Sala educación sanitaria	TR 7835/135 T5 39 W	500	560	22	1,6	3,5

PLANTA PRIMERA						
ESTANCIA	LUMINARIA	Em proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR proyecto	VEEI obtenido	VEEI máx
Consulta	TR 7835/135 T5 39 W	500	512	19	1,7	3,5
Recepción	TR 732TC218 TC-L 40 W	500	550	19	2,0	4,0
Sala de espera	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	232	19	3,5	4,0
Vestíbulo de entrada	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	212	22	3,8	4,0

PLANTA SEGUNDA						
ESTANCIA	LUMINARIA	Em proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR proyecto	VEEI obtenido	VEEI máx
Consulta	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	490	19	1,5	3,5
Recepción	TR 732TC218 TC-L 40 W	500	550	19	2,0	4,0
Sala de espera	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	232	19	3,5	4,0
Vestíbulo de entrada	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	212	22	3,8	4,0

PLANTA TERCERA						
ESTANCIA	LUMINARIA	Em proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR proyecto	VEEI obtenido	VEEI máx
Consulta	TR 7835/135 T5 39 W	500	513	19	1,7	3,5
Recepción	TR 732TC218 TC-L 40 W	500	550	19	2,0	4,0
Sala de espera	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	232	19	3,5	4,0
Vestíbulo de entrada	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	212	22	3,8	4,0

PLANTA CUARTA						
ESTANCIA	LUMINARIA	Em proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR proyecto	VEEI obtenido	VEEI máx
Archivo	TR 7835/128 T5 31,5 W	300	341	25	1,5	4,0
Atención al usuario	TR 7835/135 T5 39 W	500	546	22	1,7	4,0
Consulta	TR 7835/135 T5 39 W	500	521	19	1,5	3,5
Pasillo consultas	TR 382/18 TC-TEL	100	130	25	3,9	4,0
Sala de espera	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	211	22	3,2	4,0
Sala de grupo	TR 732TC236 TC-L 74 W	300	368	22	2,3	4,0
Sala de personal	TR 732TC236 TC-L 74 W	300	300	22	2,8	4,0
Secretaría	TR 7835/135 T5 39 W	500	495	19	2,0	3,5
Servicios	TR 382/18 TC-TEL 20,5 W	200	200	25	2,9	4,0
Vestíbulo de entrada	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	199	22	3,2	4,0

PLANTA QUINTA						
ESTANCIA	LUMINARIA	Em proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR proyecto	VEEI obtenido	VEEI máx
Aula	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	542	19	1,5	3,5
Consulta	TR 7835/135 T5 39 W	500	565	19	1,8	3,5
Consulta salud mental	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	505	22	2,0	3,5
Pasillo consultas	TR 382/18 TC-TEL	100	130	25	3,9	4,0
Sala de personal	TR 732TC236 TC-L 74 W	300	300	22	2,8	4,0

PLANTA SÓTANO						
ESTANCIA	LUMINARIA	Em proyecto (lux)	Em obtenida (lux)	UGR proyecto	VEEI obtenido	VEEI máx
Pasillo	3F LND 136 35,5 W	100	97	25	3,5	4,0
Vestuario	TR 732TC218 TC-L 40 W	200	216	25	3,3	4,0
Sala de reunión de mantenimiento	TR 732TC218 TC-L 40 W	500	545	22	3,0	4,0
Mantenimiento	TR 7835/128 T5 31,5 W	500	557	25	2,0	4,0
Sala de transformadores	3F LND 136 35,5 W	200	213	25	3,1	10,0
Almacén de mantenimiento	3F LND 136 35,5 W	100	112	25	4,0	4,0
Almacén	3F LND 136 35,5 W	100	112	25	2,8	4,0
Archivo	3F LND 136 35,5 W	200	235	25	3,1	4,0

Tabla 24. Plantas de hospitales

Potencia instalada en el edificio

ESTANCIA	SUP. ÚTIL (m²)	POTENCIA MÁXIMA A INSTALAR	POTENCIA INSTALADA	Potencia instalada/superficie útil (W/m²)
Planta 0	785,3	10.823,8	7.460,0	9,5
Planta 1	253,3	3.391,5	2.209,5	8,7
Planta 2	253,3	3.391,5	2.209,5	8,7
Planta 3	253,3	3.391,5	2.209,5	8,7
Planta 4	401,3	4.971,6	3.143,5	7,8
Planta 5	247,1	3.207,2	2.470,5	10,0
Planta sótano	700,5	5.103,6	4.232,5	10,6

Tabla 25. Potencia instalada

El valor medio de la potencia instalada por m² es de 9,14 W/m², sensiblemente inferior a los 15 W/m².

Las dependencias tipo relacionas por planta, así como el conjunto de plantas, cumplen, por tanto, con los valores de referencia marcados por el CTE.

El ejemplo presentado está realizado fundamentalmente con luminarias para lámparas fluorescentes, cumpliéndose los valores de VEEI, así como los W/m² por planta y edificio marcados en el CTE.

La utilización de fuentes de luz de última generación (LED) en luminarias con diseños que garanticen el correcto funcionamiento térmico y luminotécnico, añadida a un sistema de control y regulación similar al proyectado, nos permitiría mejorar sensiblemente los valores de VEEI y W/m².

12 Procedimiento para la realización de un proyecto energéticamente eficiente



La realización de un proyecto de iluminación requiere de una planificación adecuada de los pasos a dar y de los criterios a aplicar.

En el esquema siguiente se muestra un procedimiento guía para la realización de dichos proyectos con el objetivo de conseguir una eficiencia energética adecuada. Si una vez realizados todos los pasos el IEE fuese mayor del establecido por el CTE para la dependencia analizada, debemos volver al paso indicado y realizar de nuevo el proyecto.

13 Casos prácticos de proyectos de iluminación

Se presentan cinco casos prácticos:

1. Sala de espera.
2. Consulta externa.
3. Unidad de hospitalización de dos camas.
4. Unidad de cuidados intensivos.
5. Sala de escáner.

En todos ellos se exponen las características del recinto y la propuesta de instalación, siempre basada en el cumplimiento de los valores mínimos recomendados en la UNE-EN 12164, la utilización de fuentes de luz y equipos y luminarias de óptima eficacia.

Para cada caso se presenta la distribución de luminarias, iluminancias en plano de trabajo en falso color; y renderizado del local teniendo en cuenta el mobiliario, y para cada caso el IEE con los valores óptimos recomendados.

Nota:

Debe resaltarse que los ejemplos de este capítulo se desarrollan con carácter informativo, como ejercicios meramente prácticos de evaluación de la eficiencia.

En instalaciones de tipo hospitalario la utilización de sistemas de aprovechamiento de la luz natural y control de presencia permite obtener un ahorro mínimo en energía $\geq$ al 40%.

Por tanto, la adopción de unas u otras propuestas o soluciones que en este capítulo se exponen no implica ni toma de postura sobre la bondad de las mismas ni fomento de unas aplicaciones o tecnologías frente a otras.

Cada proyecto deberá analizarse de forma específica, siguiendo esta metodología.

1. Sala de espera

Descripción:

Sala de espera para visitas. Necesidad de conjugar la eficiencia y un ambiente agradable.

Dimensiones:

Superficie: 85 m².

Altura útil: 2,7 m.

Características constructivas:

Techo con reflectancia: 70%.

Paredes con reflectancia: 50 %.

Suelo con reflectancia: 20%.

Requisitos UNE-EN 12464-1:

N.º ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em lx	UGRL	Uº	Ra	Requisitos específicos
						Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes
5.37.1	Salas de espera	200	22	0,40	80	
5.37.2	Pasillos: durante el día	100	22	0,40	80	Iluminancia a nivel de suelo
5.37.3	Pasillos: limpieza	100	22	0,40	80	Iluminancia a nivel de suelo
5.37.4	Pasillos: durante la noche	50	22	0,40	80	Iluminancia a nivel de suelo
5.37.5	Pasillos con usos múltiples	200	22	0,60	80	Iluminancia a nivel de suelo
5.37.6	Salas de día	200	22	0,60	80	
5.37.7	Montacargas, ascensores para personas y visitantes	100	22	0,60	80	Iluminancia a nivel de suelo
5.37.8	Ascensores de servicio	200	22	0,60	80	Iluminancia a nivel de suelo

Tabla 26. Establecimientos sanitarios – Salas para uso general

Propuesta:

Iluminación 100%:

4 ud. de luminaria de empotrar W60 * L60 1 x LED24/840 MLO-PC; UGR ≤ 22.

Flujo luminoso: 1.800 lm.

Potencia de las luminarias: 21,5 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 72 - 95 99 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED24/840.

4 ud. de downlights de empotrar 1 x DLM2000/840; UGR ≤ 22.

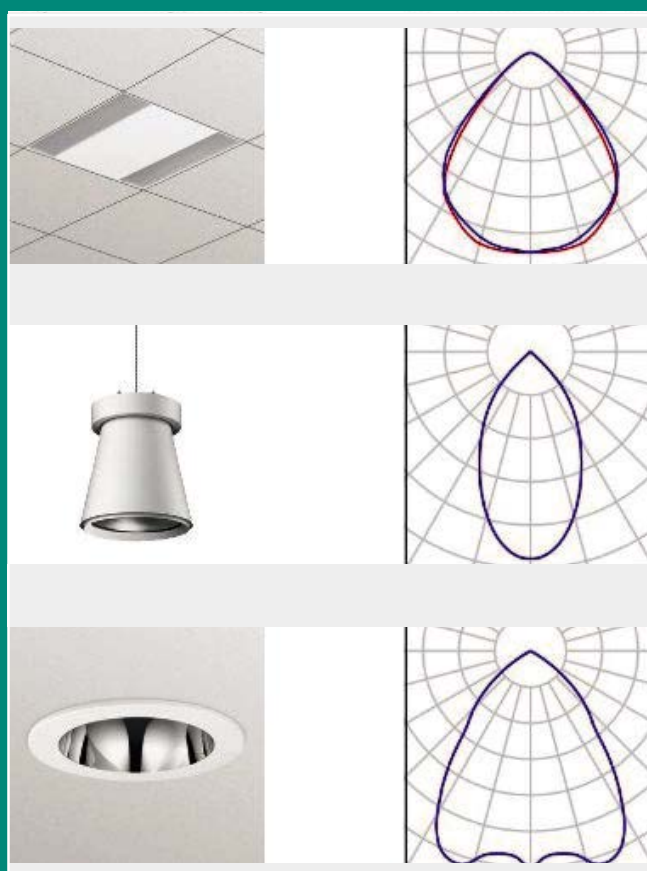
Flujo luminoso: 2.000 lm.

Potencia de las luminarias: 25,0 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.
 Código CIE Flux: 78 - 99 - 100 - 100 - 100.
 Fuente de luz: 1 x DLM2000/840.

3 ud. de luminaria suspendida 1 x DLM2.000/840; $UGR \leq 22$.
 Flujo luminoso: 2.000 lm.
 Potencia de las luminarias: 28,0 W.
 Clasificación luminarias según CIE: 100.
 Código CIE Flux: 90 - 100 - 100 - 100 - 90.
 Fuente de luz: 1 x DLM2000/840.

Luminarias utilizadas en el caso práctico 1. Salas de espera



Luminarias utilizadas, caso práctico 1

Resultados obtenidos:

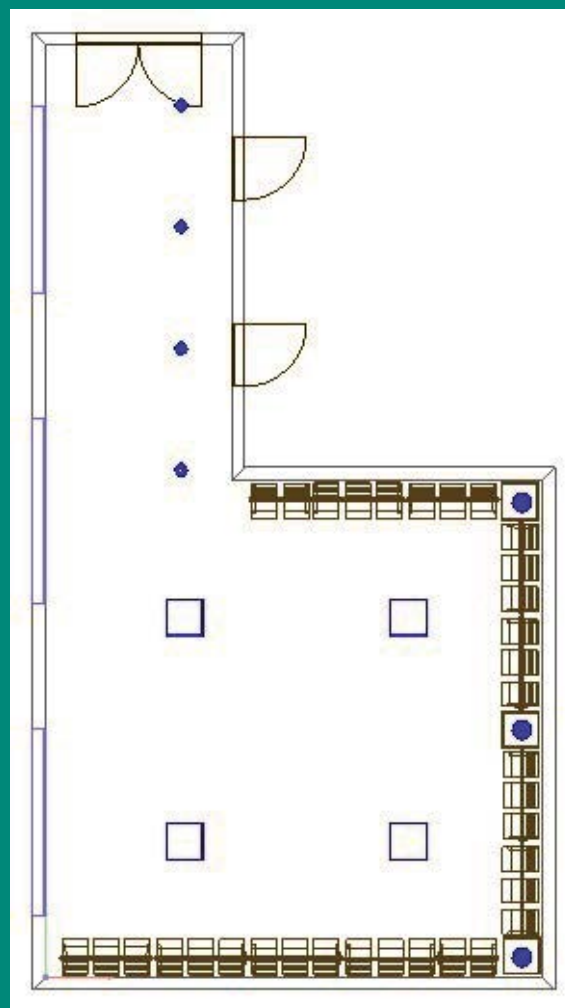
Nivel de iluminancia: 202 lux.

Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 270 W; 3,18W/m².

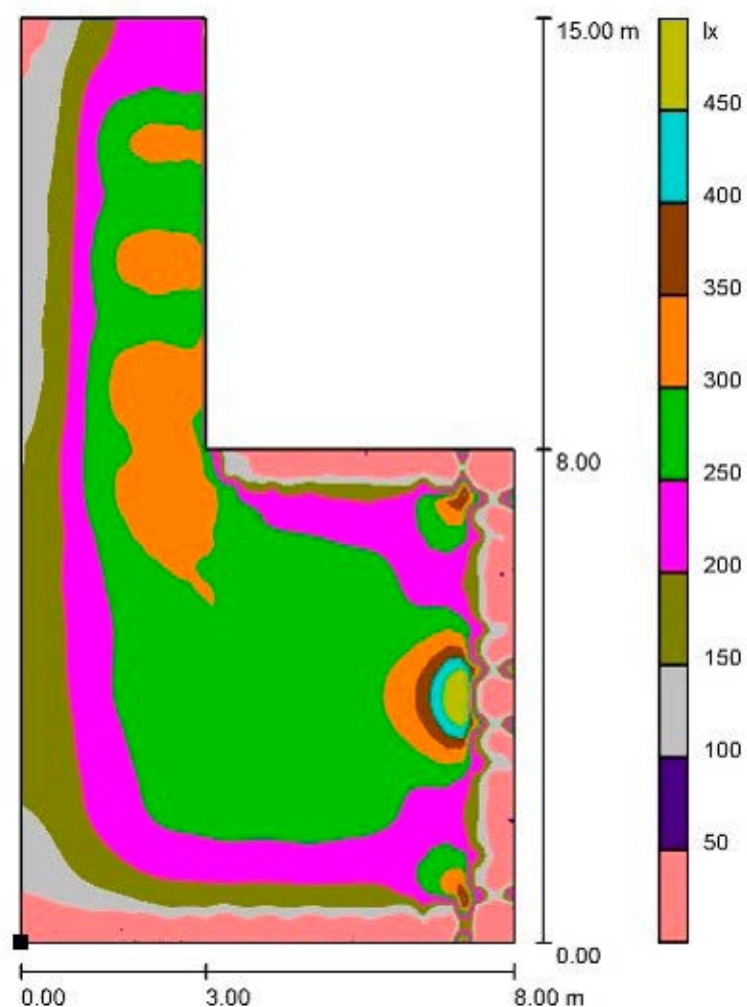
IEE = 1,6.

Ambiente distendido y muy confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.

Disposición de luminarias en el caso práctico 1. Salas de espera.



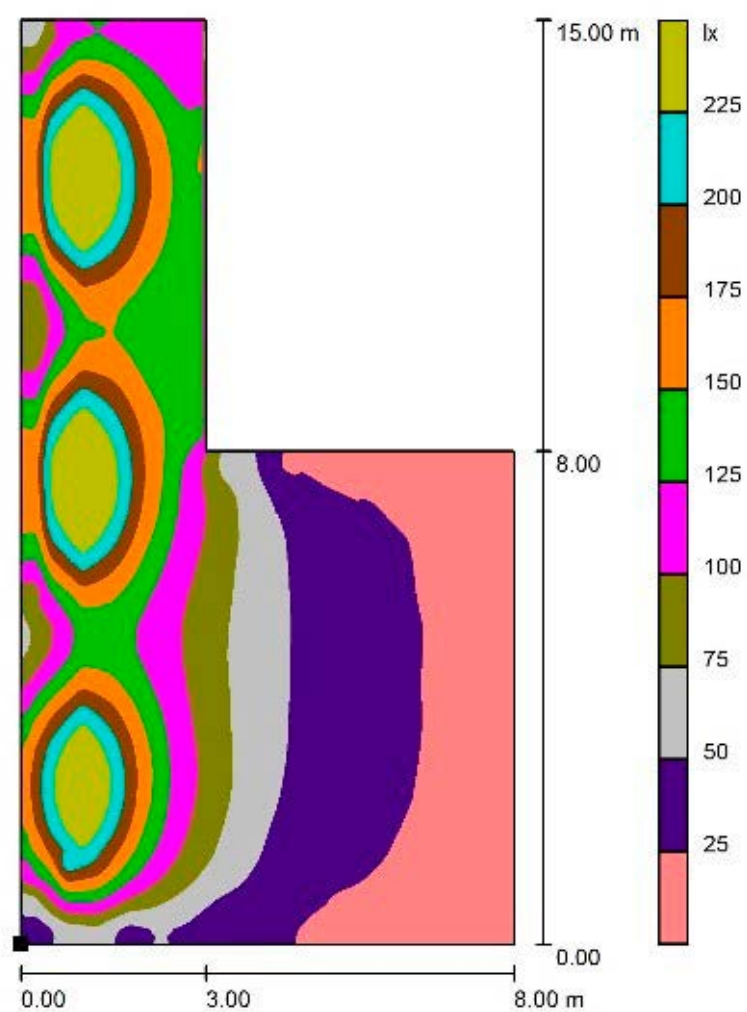
Disposición luminarias, caso práctico 1



Nivel 100% y falso color e imagen de sala con iluminación 100%

La sala de espera definida dispone de tres zonas acristaladas con una superficie de 13,5 m², obteniendo un valor de $T (A_w/A) > 0,11$. De acuerdo con el CTE se tiene que instalar un sistema de regulación y control que permita el aprovechamiento de la luz natural.

En los esquemas adjuntos se puede apreciar la incidencia de la luz natural.



Nivel luz natural y falso color e imagen con luz natural

2. Consulta externa

Descripción:

Consulta de atención al paciente no hospitalizado. Necesidad de conjugar la eficiencia y una perfecta percepción visual por el profesional de la medicina.

Dimensiones:

Superficie: 17,28 m².

Altura útil: 2,7 m.

Características constructivas:

Techo con reflectancia: 70%.

Paredes con reflectancia: 50%.

Suelo con reflectancia: 20%.

Requisitos UNE-EN 12464-1:

N.º ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em lx	UGRL	Uº	Ra	Requisitos específicos
5.40.1	Alumbrado general	500	19	0,60	90	4.000 K ≤ TCP ≤ 5.000 k
5.40.2	Examen y tratamiento	1.000	19	0,70	90	

Tabla 27. Establecimientos sanitarios – Salas de examen (general)

Propuesta:

Iluminación 100%:

4 ud. de luminaria de empotrar W60 * L60 1 x LED24/840 MLO-PC; UGR ≤ 22.

Flujo luminoso: 1.800 lm.

Potencia de las luminarias: 21,5 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 72 - 95 99 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED24/840.

3 ud. de *downlights* de empotrar 1 x DLM2000/840; UGR ≤ 22.

Flujo luminoso: 2.000 lm.

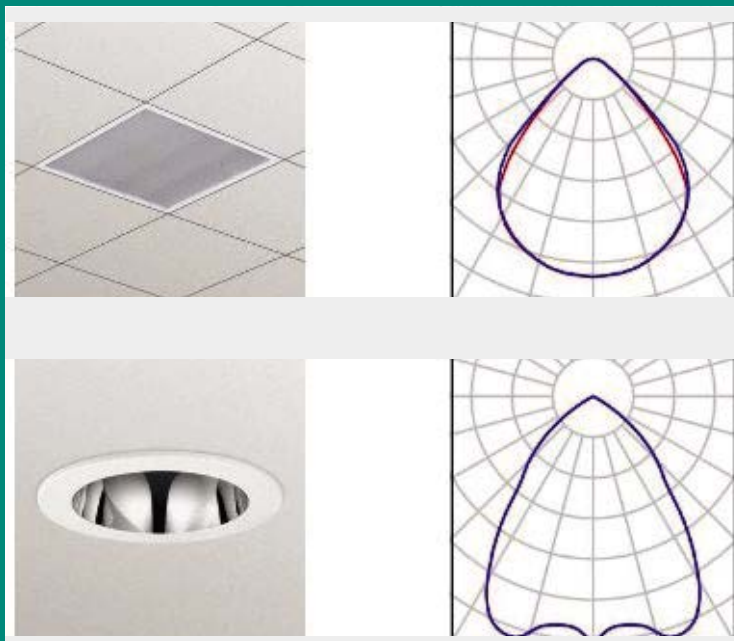
Potencia de las luminarias: 25.0 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 78 - 99 - 100 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x DLM2000/840.

Luminarias utilizadas en el caso práctico 2.
Consulta externa.



Luminarias utilizadas, caso práctico 2

Resultados obtenidos:

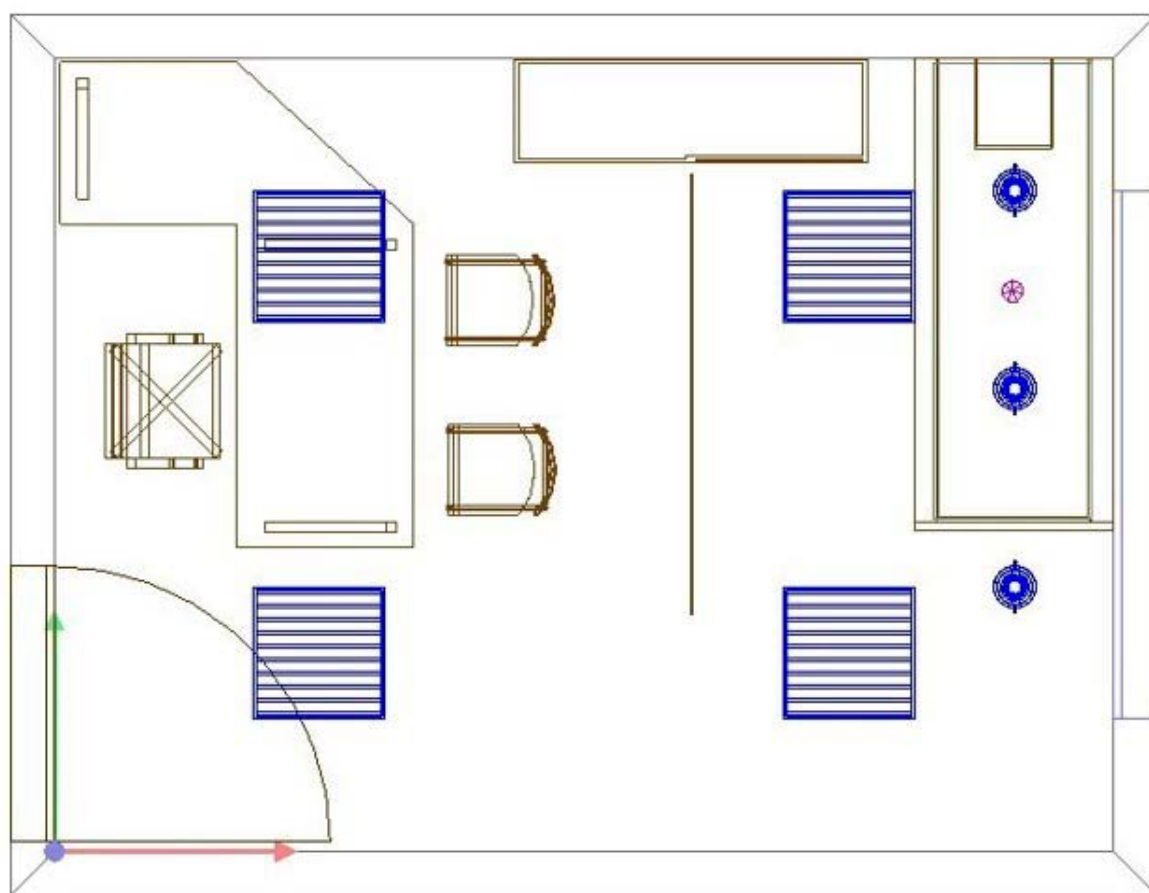
Alumbrado general:

Nivel de iluminancia: 534 lux.

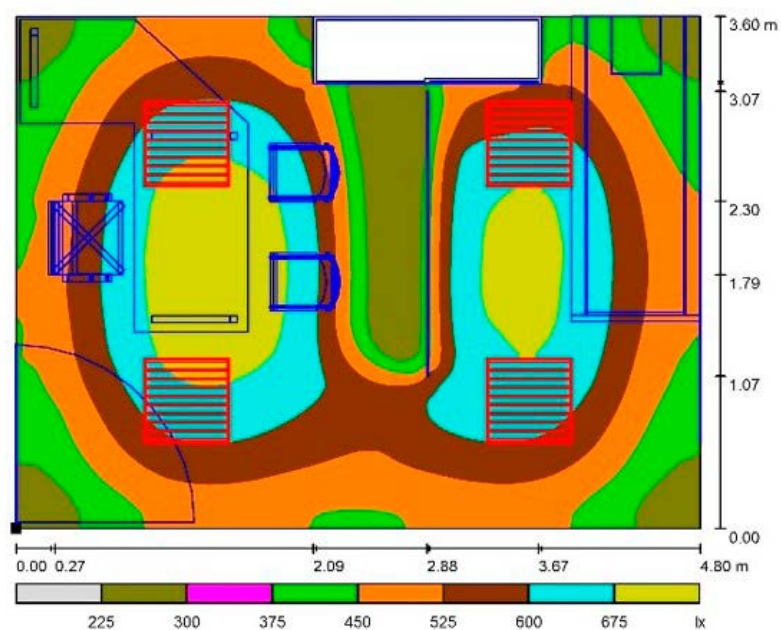
Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 168 W; 9,72W/m².

IEE = 1,8.

Ambiente confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.



Disposición luminarias 100% y camilla





Nivel y falso color nivel 100%

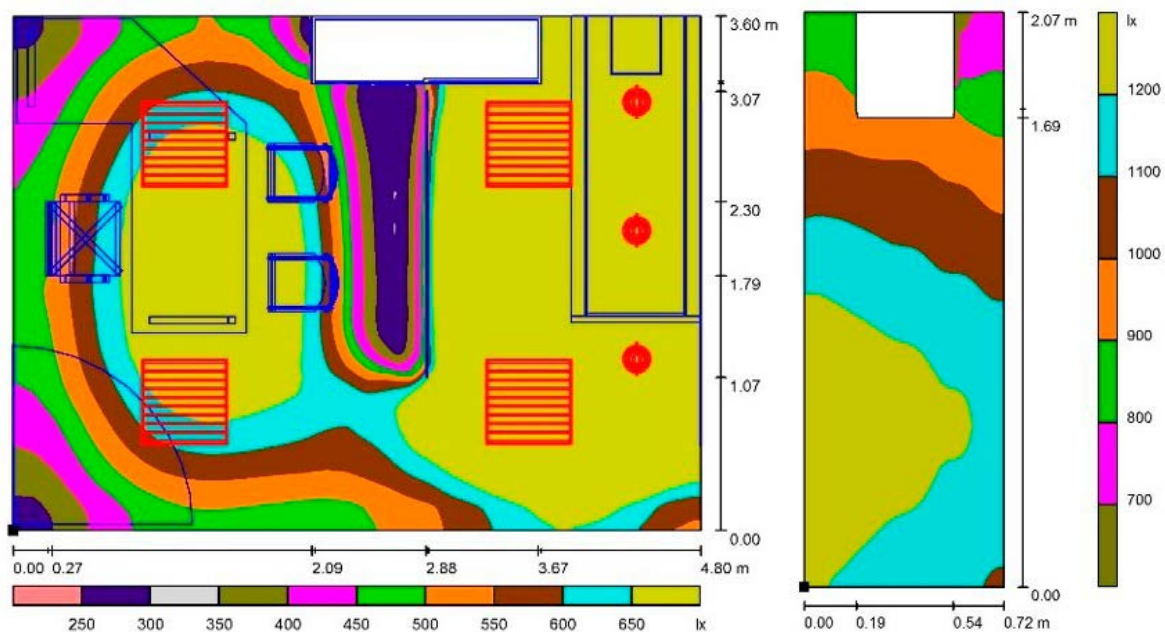
Alumbrado general + examen:

Nivel de iluminancia zona examen: 1.100 lux.

Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 243 W; 14,06W/m².

IEE = 1,9.

Ambiente comfortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.



Nivel y falso color nivel (100% + camilla) y nivel camilla examen

3. Unidad de hospitalización de dos camas

Descripción:

Habitación de hospital con dos camas. Necesidad de conjugar la eficiencia y niveles de iluminación adecuados a la estancia en función de los requisitos en cada utilización: examen, lectura, descanso, noche, etc. Al ser un espacio ocupado por más de una persona es preciso no interferir en la utilización específica de cada usuario con el resto.

En habitaciones destinadas a la infancia es importante generar ambientes atractivos donde la iluminación les permita jugar con la imaginación, abstrayéndoles del entorno estrictamente hospitalario.

Dimensiones:

Superficie: 17,28 m².

Altura útil: 2,7 m.

Características constructivas:

Techo con reflectancia: 70%.

Paredes con reflectancia: 50 %.

Suelo con reflectancia: 20%

Requisitos UNE-EN 12464-1:

N.º ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em lx	UGRL	U _e	Ra	Requisitos específicos
						Deben impedirse luminancias demasiado elevadas en el campo de visión de los pacientes
5.39.1	Salas de espera	100	19	0,40	80	Iluminancia a nivel de suelo
5.39.2	Pasillos: durante el día	300	19	0,70	80	
5.39.3	Pasillos: limpieza	300	19	0,60	80	
5.39.4	Pasillos: durante la noche	1000	19	0,70	90	
5.39.5	Pasillos con usos múltiples	5	—	—	80	
5.39.6	Salas de día	200	22	0,40	80	

Tabla 28. Establecimientos sanitarios – Salas. Datos norma

Propuesta:

Iluminación de habitación (todas las luminarias funcionando):

2 ud. de luminaria de empotrar 1 x LED37S/840 W30L120; UGR $\leq$ 19.

Flujo luminoso: 3.700 lm.

Potencia de las luminarias: 42 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 59 - 87 97 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED37/840.

2 ud. de *downlights* de empotrar 1 x LED20S/840; UGR $\leq$ 22.

Flujo luminoso: 2.000 lm.

Potencia de las luminarias: 25.0 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 59 - 90 - 98 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED20/840.

1 ud. de luminaria de superficie 1 x LED8S/840 L885; UGR $\leq$ 22.

Flujo luminoso: 800 lm.

Potencia de las luminarias: 10,5 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 39 - 68 - 88 - 90 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED8/840.

2 ud. de luminaria de superficie cabecero de cama 2 x LED900mm/840; UGR $\leq$ 16

Flujo luminoso: 2.530 lm.

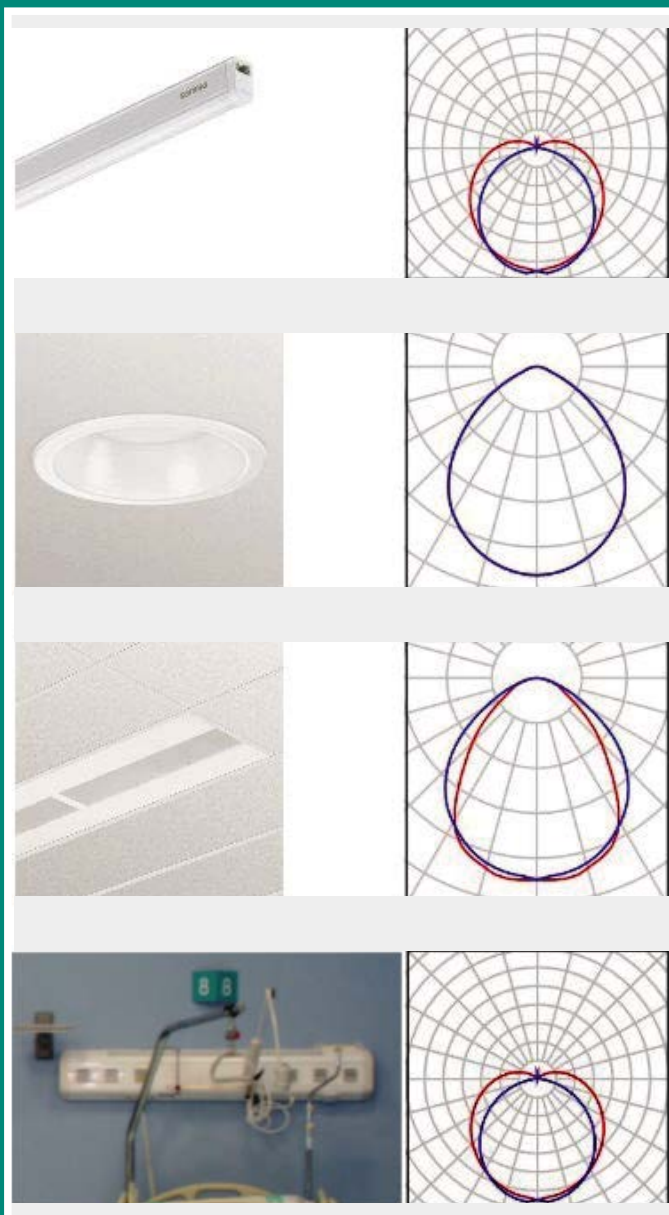
Potencia de las luminarias: 30 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 42 - 70 - 90 - 100 - 100.

Fuente de luz: 2 x LED900mm/840.

Luminarias utilizadas en el caso práctico 3. Unidad de hospitalización de dos camas.



Luminarias utilizadas, caso práctico 3

Resultados obtenidos:

Alumbrado general:

Nivel de iluminancia: 320 lux.

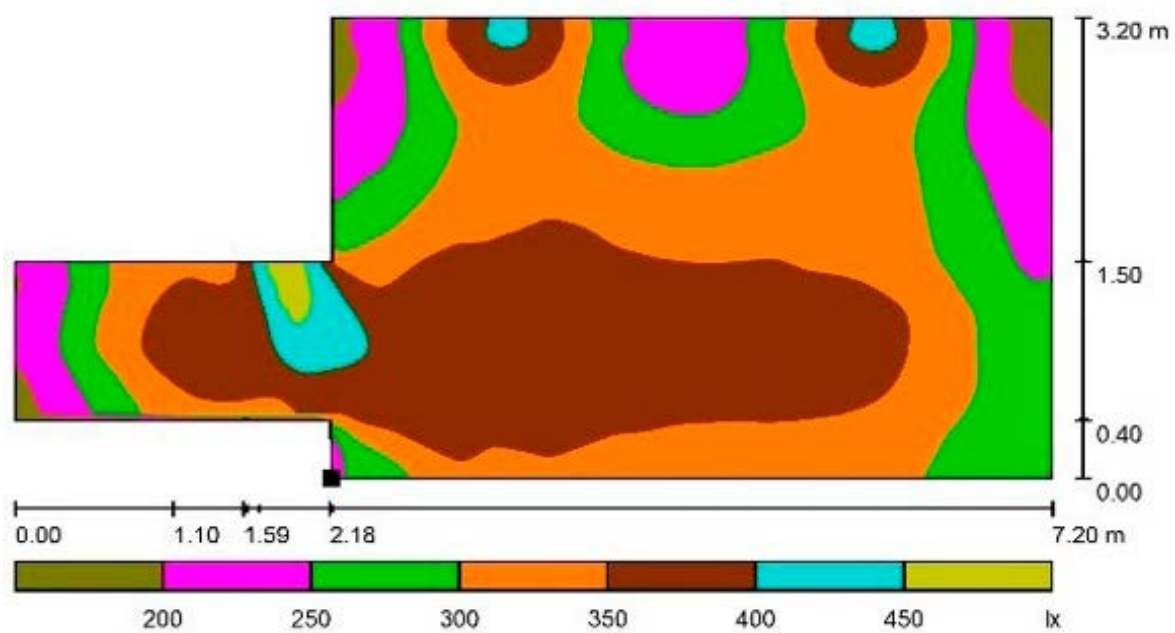
Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 204,5 W; 9,18W/m².

IEE = 2,87.

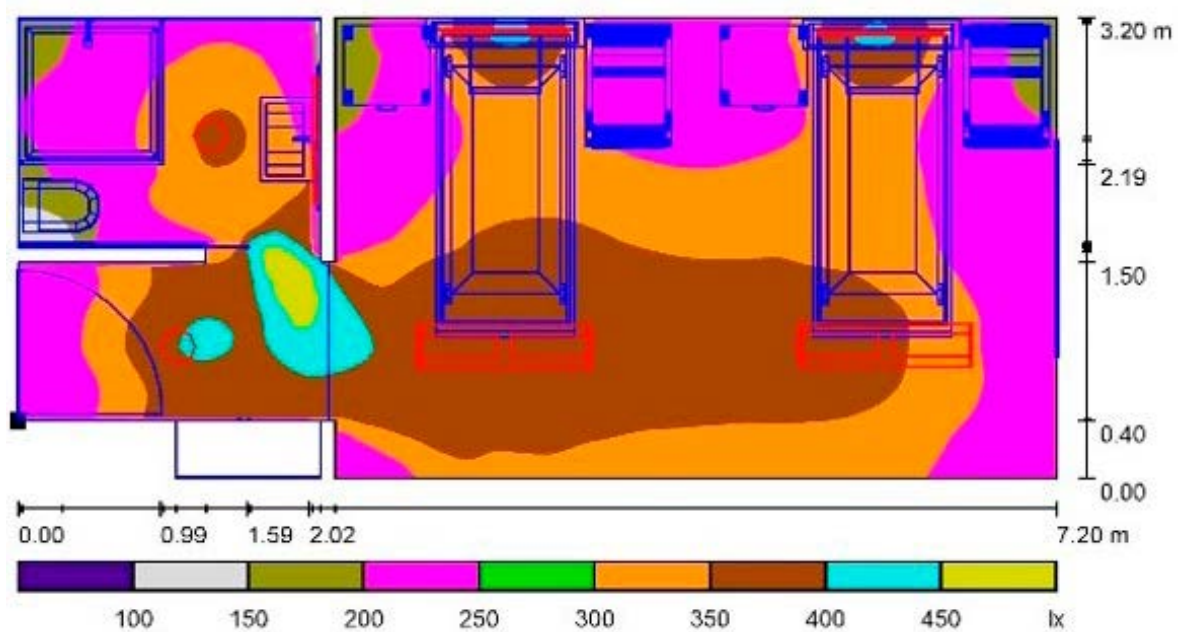
Ambiente confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.



Disposición de luminarias. Habitación + aseo



Nivel general y falso color habitación 100%



Nivel y falso color aseo 100%



Iluminación día y noche

4. Unidad de cuidados intensivos

Descripción:

Área de atención controlada al paciente ingresado. Necesidad de conjugar la eficiencia, ambiente relajado de la persona hospitalizada y una buena capacidad visual por parte de los profesionales del servicio.

Dimensiones:

Superficie: 42 m².
Altura útil: 2,7 m.

Características constructivas:

Techo con reflectancia: 70%.
Paredes con reflectancia: 50 %.
Suelo con reflectancia: 20%.

Requisitos UNE-EN 12464-1:

N.º ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em lx	UGRL	Ue	Ra	Requisitos específicos
5.47.1	Alumbrado general	100	19	0,60	90	Iluminancia a nivel de suelo
5.47.2	Exámenes simples	300	19	0,60	90	Iluminancia a nivel de cama
5.47.3	Examen y tratamiento	1.000	19	0,70	90	Iluminancia a nivel de cama
5.47.4	Vigilancia nocturna	20	19	-	90	

Tabla 29. Establecimientos sanitarios – Unidades de cuidados intensivos. Datos norma

Propuesta:

Iluminación 100%:

4 ud. de *Downlights* de empotrar 1 x LED10S/840; UGR $\leq$ 19.

Flujo luminoso: 1.000 lm.

Potencia de las luminarias: 14.0 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 75 - 99 - 100 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED10/840.

4 ud. de *Downlights* de empotrar 1 x DLM2000/840; UGR $\leq$ 19.

Flujo luminoso: 2.000 lm.

Potencia de las luminarias: 25.0 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 75 - 99 - 100 - 100 - 100.

4 ud. de Luminaria de superficie cabecero de cama 2 x LED900mm/840; UGR $\leq$ 16.

Flujo luminoso: 2530 lm.

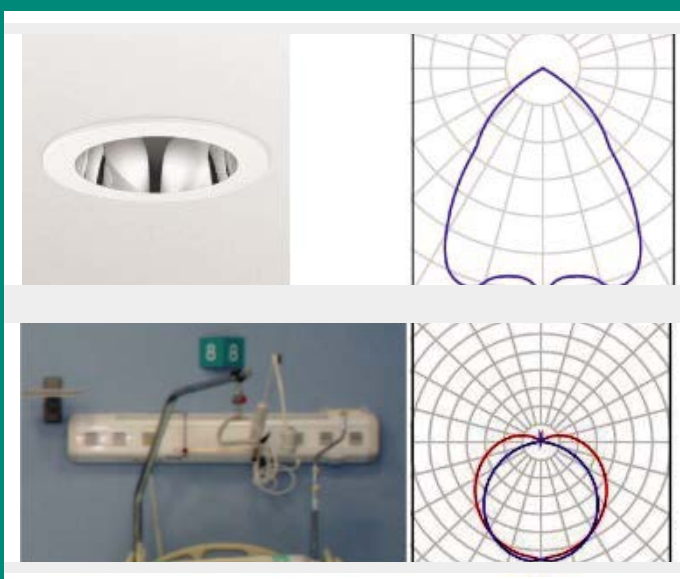
Potencia de las luminarias: 30 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 42 - 70 - 90 - 100 - 100.

Fuente de luz: 2 x LED900mm/840.

Luminarias utilizadas en el caso práctico 4. Unidad de cuidados intensivos.



Luminarias utilizadas, caso práctico 4

Resultados obtenidos:

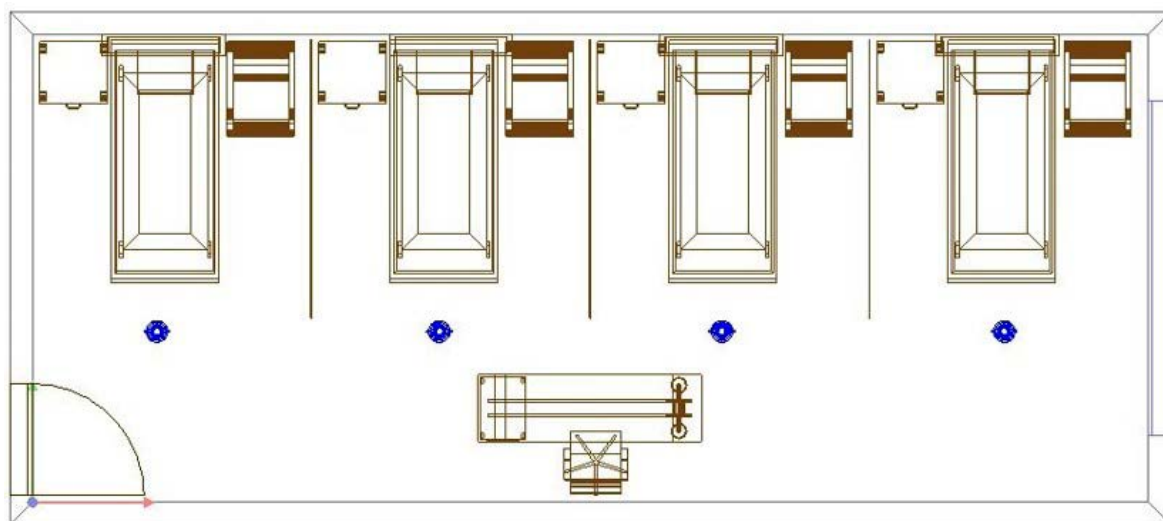
Alumbrado general:

Nivel de iluminancia: 95 lux.

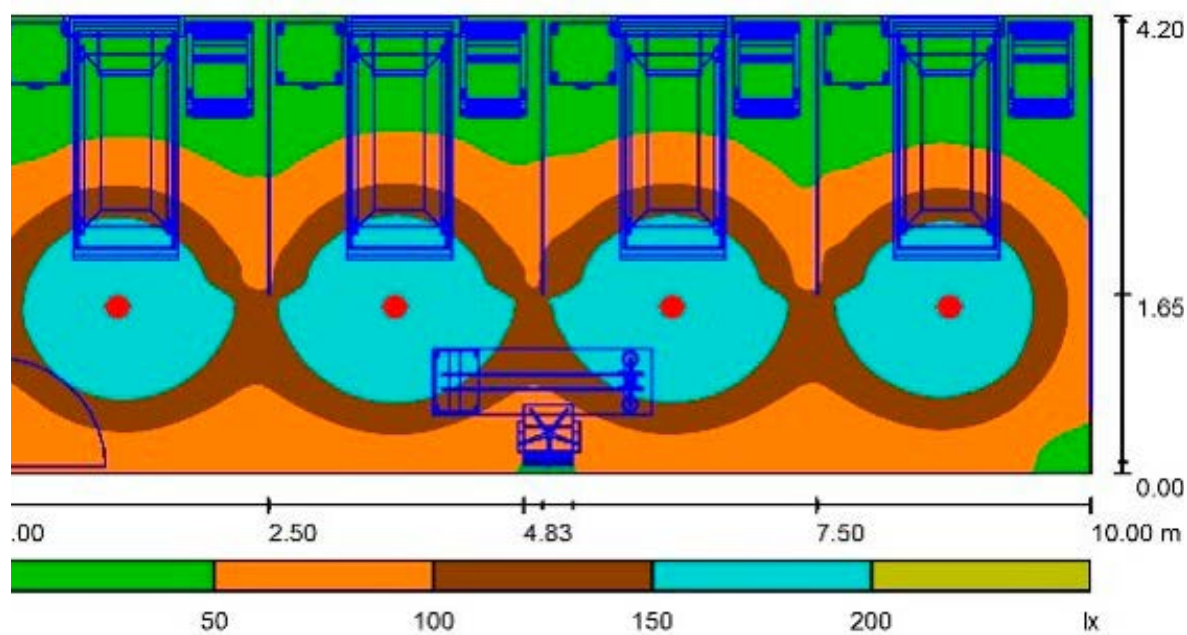
Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 56 W; 1,33 W/m².

IEE = 1,4.

Ambiente confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.



Disposición de luminarias de alumbrado general



Nivel 100% de alumbrado general y falso color de habitación

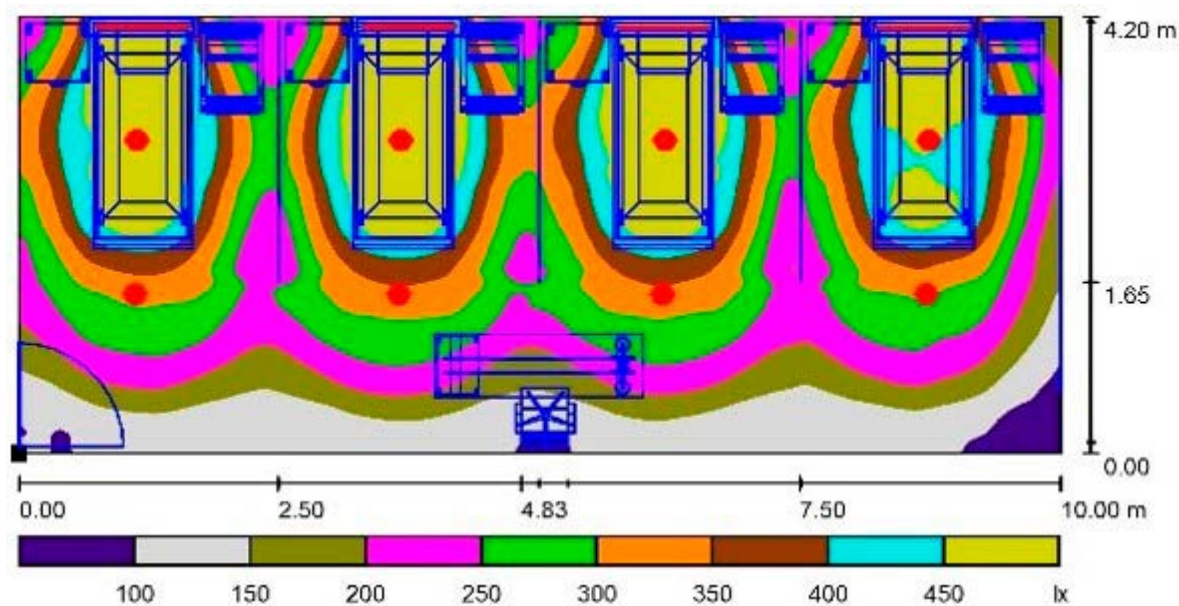
Alumbrado general + examen:

Nivel de iluminancia zona examen: 309 lux.

Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 276 W; 6,57 W/m².

IEE = 2,1.

Ambiente confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.



Nivel 100% de alumbrado general + examen y falso color de habitación

5. Sala de escáner

Descripción:

Sala de pruebas donde el paciente precisa de un ambiente relajado. Necesidad de conjugar la eficiencia y tonalidades agradables.

Dimensiones:

Superficie: 44,2 m².

Altura útil: 2,7 m.

Características constructivas:

Techo con reflectancia: 70%.

Paredes con reflectancia: 50 %.

Suelo con reflectancia: 20%.

Requisitos UNE-EN 12464-1:

N.º ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	Em lx	UGRL	Uº	Ra	Requisitos específicos
5.43.1	Alumbrado general	300	19	0,60	80	
5.43.2	Escáneres con mejoradores de imágenes y sistemas de TV	50	19	—	80	Trabajo con EPV, véase el apartado 4.9

Tabla 30. Establecimientos sanitarios – Salas de escáner. Datos norma

Propuesta:

1 de ud. luminaria de empotrar W60 * L60 1 x LED24/840; UGR ≤ 19.

Flujo luminoso: 1.800 lm.

Potencia de las luminarias: 22 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

Código CIE Flux: 72 - 95 100 - 100 - 100.

Fuente de luz: 1 x LED24/840.

16 ud. de Luminaria en foseado 1 x LED RGB; UGR ≤ 19.

Flujo luminoso: 1.450 lm.

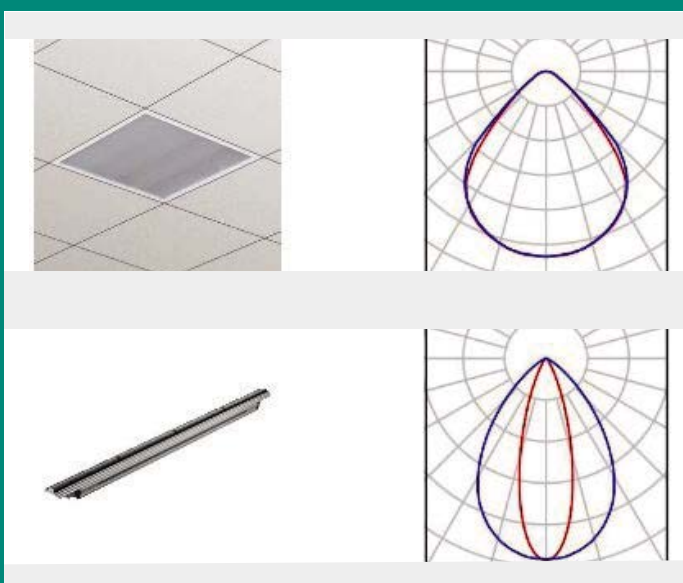
Potencia de las luminarias: 30.0 W.

Clasificación luminarias según CIE: 100.

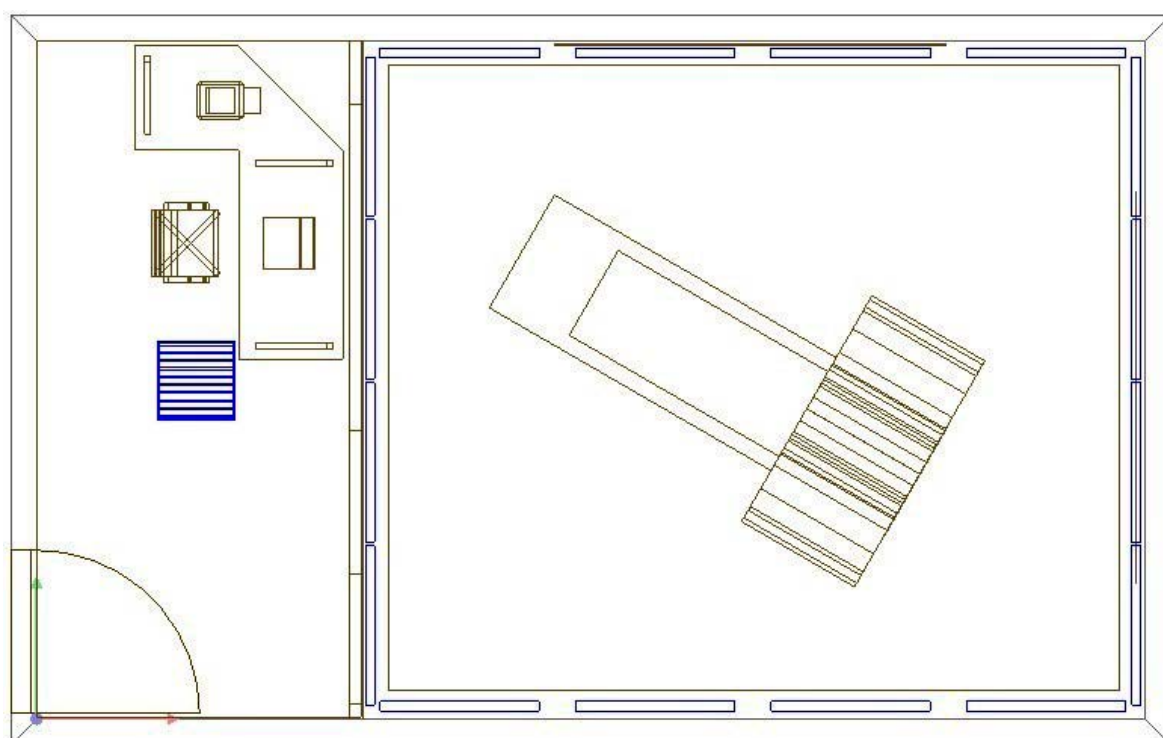
Código CIE Flux: 80 - 95 - 100 - 100 - 90.

Fuente de luz: 1 x LED RGB.

Luminarias utilizadas en el caso práctico 5. Sala de escáner.



Luminarias utilizadas, caso práctico 5



Disposición de luminarias de alumbrado general

Resultados obtenidos:

Nivel de iluminancia: 300 lux.

Potencia total instalada (fuente de luz + equipo asociado): 502 W; 11,4W/m².

IEE = 3,8.

Ambiente distendido y muy confortable. Buena eficiencia. Baja emisión de calor.



Falso color de luz blanca en sala de escáner

En las imágenes siguientes se puede apreciar la utilización de LED RGB (rojo, verde, azul).





Falso color luz de RGB en sala de escáner

14 Normativa y recomendaciones

Los materiales utilizados deberán llevar el marcado CE, amparado por una declaración de conformidad según UNE 66.514.91 y EN 45014, que implica el cumplimiento de las directivas de Compatibilidad Electromagnética (2004/108/CE) y Baja Tensión (2006/95/CE), reales decretos 7/1988 y 154/1995, y de las normas UNE-EN en ellas relacionadas.

Además, es recomendable el cumplimiento de las directivas, normas y referencias citadas a continuación:

- ✓ Directiva 2009/125/CE. Requisitos de Diseño Ecológico aplicable a los productos relacionados con la energía.
- ✓ Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo, sobre residuos eléctricos y electrónicos.
- ✓ Directiva 2002/95/CE, sobre sustancias peligrosas.

Normas relativas a la seguridad de los componentes para alumbrado

- ✓ UNE-EN 61347-1. Aparatos auxiliares para lámparas. Parte 1: requisitos generales y de seguridad.
- ✓ UNE-EN 61347-2-1. Aparatos auxiliares para lámparas. Parte 2-1: requisitos particulares para arrancadores (excepto arrancadores de destellos).
- ✓ UNE-EN 61347-2-2. Requisitos particulares para convertidores electrónicos alimentados por corriente continua o alterna para lámparas incandescentes.
- ✓ UNE-EN 61347-2-3. Requisitos particulares para balastos electrónicos alimentados en corriente alterna para lámparas fluorescentes.
- ✓ UNE-EN 61347-2-7. Requisitos especiales para balastos electrónicos alimentados con corriente continua en alumbrado de emergencia.
- ✓ UNE-EN 61347-2-8. Prescripciones particulares para balastos para lámparas fluorescentes.
- ✓ UNE-EN 61347-2-9. Aparatos auxiliares para lámparas. Parte 2-9: requisitos particulares para reactancias para lámparas de descarga (excepto lámparas fluorescentes).
- ✓ UNE-EN 61347-2-11. Requisitos especiales para equipos electrónicos para luminarias.
- ✓ UNE-EN 61347-2-12. Requisitos especiales para balastos electrónicos alimentados por CC o CA para lámparas de descarga.
- ✓ UNE-EN 61347-2-13. Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.
- ✓ UNE-EN 61558. Seguridad de los transformadores, unidades de alimentación y análogos.

- ✓ UNE-EN 62031. Requisitos de seguridad para módulos LED para alumbrado general.
- ✓ UNE-EN 62471. de Seguridad Fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.

Normas relativas a luminarias

- ✓ UNE-EN 60598.1. Luminarias.
- ✓ UNE-EN 60598.2.1. Luminarias fijas de uso general.
- ✓ UNE-EN 60598.2.2. Luminarias empotradas.
- ✓ UNE-EN 60598.2.4. Luminarias portátiles de uso general.
- ✓ UNE-EN 60598.2.5. Luminarias proyectores.
- ✓ UNE-EN 60598.2.6. Luminarias con transformador integrado.
- ✓ Reglamento delegado EU 874/2012. (RD 1390/2011). Etiquetado energético de lámparas eléctricas y luminarias.

Normas relativas a luminarias de emergencia

- ✓ UNE-EN 60598.2.22. Luminarias para alumbrado de emergencia.
- ✓ UNE-20.062.93. Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de incandescencia. Prescripciones de funcionamiento.
- ✓ UNE-20.392.93. Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de fluorescencia. Prescripciones de funcionamiento.

Normas relativas a fuentes de luz

- ✓ UNE-EN 60081. Lámparas fluorescentes de doble casquillo. Requisitos de funcionamiento.
- ✓ UNE-EN 60901. Lámparas fluorescentes de casquillo único. Requisitos de funcionamiento.
- ✓ UNE-EN 60662. Lámparas de vapor de sodio a alta presión. Requisitos de funcionamiento.
- ✓ UNE-EN 61167. Lámparas de halogenuros metálicos. Requisitos de funcionamiento.
- ✓ UNE-EN 60188. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión. Requisitos de funcionamiento.
- ✓ UNE-EN 60192. Lámparas de vapor de sodio a baja presión. Requisitos de funcionamiento.

Normas relativas a equipos auxiliares

- ✓ UNE-EN 60921. Balastos para tubos fluorescentes.
- ✓ UNE-EN 60923. Balastos para lámparas de descarga.
- ✓ UNE-EN 60926/927. Cebadores y arrancadores.
- ✓ UNE-EN 60929. Balastos electrónicos para tubos fluorescentes alimentados en CA.

- ✓ UNE-EN 61048/049. Condensadores para alumbrado.
- ✓ UNE-EN 62384. Equipos electrónicos para módulos LED, alimentados con CA. o CC.
- ✓ UNE-EN 62386. Interfaz digital direccionable para iluminación (DALI)
- ✓ UNE-EN 61347-1:2008. Dispositivos de control de lámpara. Prescripciones generales y de seguridad.
- ✓ UNE-EN 61347-2-13:2006. Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.

Normas relativas a compatibilidad electromagnética

- ✓ UNE-EN 55015. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.
- ✓ UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad - CEM.
- ✓ UNE-EN 61000-3-2. Límites para las emisiones de corriente armónica en equipos con corriente de entrada menor o igual que 16 A por fase.
- ✓ UNE-EN 61000-3-3. Limitación de las fluctuaciones de tensión y del *flicker* en redes de baja tensión para corriente de entrada menor o igual a 16 A por fase.

Normas relativas a parámetros luminotécnicos

- ✓ UNE-EN 12464-1. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interior.
- ✓ UNE-EN 12464-2. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo en exterior.
- ✓ UNE-EN 1838. Iluminación de emergencia.

En referencia a la EEI

- ✓ UNE-EN 50294. Método de medida de la potencia total de entrada de los circuitos balasto-lámpara.
- ✓ IEC-62442-1. Método de medida de pérdidas de balastos para lámparas de descarga.
- ✓ Documento Básico HE3 del CTE. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- ✓ Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE).

En referencia a la seguridad de las instalaciones de alumbrado

- ✓ Documento básico SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por una iluminación inadecuada.
- ✓ UNE EN ISO 60601-1. Equipos Electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencial.
- ✓ IEC 601-1 (EN 60601). Equipos eléctricos para medicina. Especificaciones generales de seguridad.

- ✓ EN ISO 11197:2009. Unidades de suministro médico.
- ✓ UNE-EN ISO 7396-1. Sistemas de canalización de gases medicinales. Parte 1: Sistemas de canalización para gases medicinales comprimidos y de vacío.
- ✓ En lo referente al diseño del alumbrado en hospitales y centros de atención primaria se han de cumplir los valores estipulados en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, *BOE* n.º 97, de 23 de abril, desarrollados en la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la utilización de los Lugares de Trabajo.

1 Anexo

Dada la posible interferencia entre algunos de los elementos utilizados en la iluminación de los servicios de atención sanitaria (cabeceros de cama y similares, especialmente en instalaciones hospitalarias como UCI, UVI, salas de reanimación, quirófanos, etc.) y los gases medicinales, se ha considerado oportuno el incluir en este anexo el texto íntegro facilitado por un experto en la materia: D. Fernando Benavente Bravo (TEDISEL Ibérica).

1. Requisitos aplicables a equipos electromédicos arquitectónicos

1.1. Equipos electromédicos arquitectónicos

Los equipos arquitectónicos de interior acercan las necesidades de instalaciones eléctricas, voz y datos, iluminación y gases medicinales al entorno del paciente y a los equipos electromédicos de uso directo a pacientes: caudalímetros, respiradores, mesas de anestesia.

Las necesidades de dotación de los equipos arquitectónicos dependen del área clínica particular, hospitalización, urgencias, UCI, quirófanos, etc. Para responder a necesidades muy diferentes, existen cabeceros de cama de hospitalización, equipos suspendidos de UCI y columnas de quirófano, todos ellos considerados equipos médicos clase de IIb según la directiva 93/42/CEE.

El aspecto crítico que clasifica este tipo de equipos como productos médicos tipo IIb es la conducción y dispensación de gases medicinales (oxígeno, aire medicinal, óxido nitroso...).

1.2. Gases medicinales en equipos electromédicos arquitectónicos

Los gases medicinales son cualquier gas o mezcla de gases prevista para la administración a pacientes para fines anestésicos, terapéuticos, diagnósticos o profilácticos.

Los gases medicinales suministrados al paciente, directa o indirectamente, desde los equipos electromédicos arquitectónicos, son:

- ✓ Oxígeno.
- ✓ Aire medicinal.
- ✓ Óxido nitroso.
- ✓ Dióxido de carbono.
- ✓ Mezclas de oxígeno/óxido nitroso.
- ✓ Vacío.

Los gases medicinales se dividen en:

- ✓ Medicamentos (oxígeno, aire medicinal, óxido nitroso...): gases destinados a entrar en contacto directo con el organismo humano, los cuales están dotados de propiedades para prevenir, diagnosticar, tratar, aliviar o curar enfermedades o dolencias.
- ✓ Productos sanitarios (dióxido de carbono): gas, utilizado solo o en combinación, destinado a ser usado en seres humanos con fines de:
 - Diagnóstico, prevención, control o tratamiento de una enfermedad.
 - Diagnóstico, control, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia.
 - Investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico.
 - Regulación de la concepción.

Y que no ejerza la acción principal que se desee obtener en el interior o en la superficie del cuerpo humano por medios farmacológicos, inmunológicos ni metabólicos, pero a cuya función puedan contribuir tales medios. Por ejemplo: el dióxido de carbono empleado en las intervenciones de endoscopia para insuflar al paciente.

El oxígeno y el óxido nitroso son oxidantes pero no inflamables, siendo considerados gases comburentes. Los gases comburentes son capaces de soportar la combustión con un oxipotencial superior al del aire, combinando con otros compuestos y produciendo reacciones exotérmicas. Esta condición provoca que sus instalaciones y manipulación sean consideradas críticas.

1.3. Riesgo de fuego en un ambiente rico en oxígeno

En los equipos médicos, el riesgo de fuego en un ambiente rico en oxígeno se debe reducir tanto como sea posible bajo condición normal o condiciones de primer defecto. Un riesgo inaceptable de fuego se considera que existe en un ambiente rico en oxígeno cuando una fuente de ignición está en contacto con material inflamable y no hay medios que pudieran limitar la propagación de un fuego.

1.4. Conexiones eléctricas en un ambiente rico en oxígeno

Las conexiones eléctricas dentro de un compartimiento que contenga un ambiente rico en oxígeno bajo utilización normal no deben producir chispas debido a aflojamiento o rotura, a menos que estén limitadas en potencia y energía.

La prevención de aflojamiento o rotura se lleva a cabo por los métodos descritos a continuación o por métodos equivalentes:

- ✓ Las fijaciones con tornillo deben estar protegidas contra aflojamiento durante el uso por métodos tales como barnizado, uso de arandelas de resorte o aplicación de pares de torsión adecuados.
- ✓ Las conexiones de cables por soldadura, crimpado y puntas y bases que están en la envolvente deben incluir fijaciones mecánicas adicionales.

2. Consideraciones para las instalaciones eléctricas en presencia de canalizaciones de gases medicinales

Las canalizaciones para conducción de gases medicinales deberán discurrir en compartimentos separados respecto a los servicios eléctricos, o, en su defecto, estar separadas por más de 50 mm.

Por otro lado, la canalización de gases medicinales debe estar conectada a una terminal de tierra lo más cerca posible del punto de entrada al edificio de la canalización. Las propias canalizaciones no se deben utilizar para conectar a tierra el equipo eléctrico.

Cuando las canalizaciones de gases medicinales se cruzan con cables eléctricos, las canalizaciones deben tener soportes adyacentes a los cables. Estas canalizaciones no se deben utilizar como soporte ni servir de soporte para otras canalizaciones o conductos.

3. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervenciones respecto a los gases medicinales anestésicos

3.1. Condiciones generales de seguridad e instalación

Las salas quirúrgicas y demás dependencias donde puedan utilizarse gases anestésicos u otros productos inflamables se consideran como locales con riesgo de incendio o explosión clase I, zona 1, salvo indicación en contra, y como tales, las instalaciones deberán satisfacer las indicaciones para ellas establecidas en la ITC-BT-29.

Las bases de toma de corriente para diferentes tensiones deberán tener separaciones o formas distintas para las espigas de las clavijas correspondientes.

Cuando la instalación de alumbrado general se sitúa a una altura del suelo inferior a 2,5 metros, o cuando sus interruptores tienen partes metálicas accesibles, deben ser protegidos contra los contactos indirectos mediante un dispositivo diferencial, conforme a lo establecido en la ITC-BT-24.

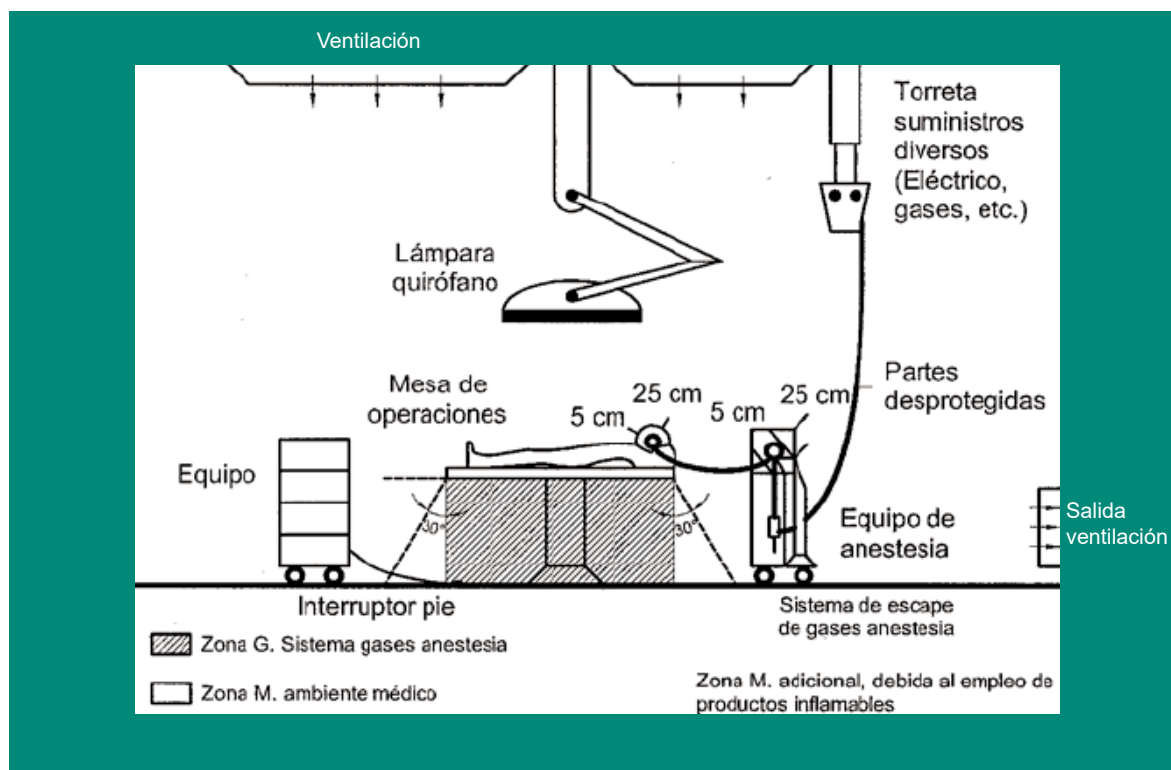
Las características de aislamiento de los conductores responderán a lo dispuesto en la ITC-BT 19 y, en su caso, la ITC-BT-29.

3.2. Medidas contra el riesgo de incendio o explosión

Para los quirófanos o salas de intervención en los que se emplean mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables, la figura adjunta muestra las zonas G y M, que deberán ser consideradas como zonas de la clase I, zona 1 y clase I, zona 2, respectivamente, conforme a lo establecido en la ITC-BT-29. La zona situada debajo de la mesa de operaciones se puede considerar como zona sin riesgo de incendio o explosión cuando se asegure una ventilación de 15 renovaciones de aire/hora.

Los suelos de los quirófanos o salas de intervención serán del tipo antielectrostático y su resistencia de aislamiento no deberá exceder de 1 MOhmios, salvo que se asegure que un valor superior, pero siempre inferior a 100 MOhmios, no favorezca la acumulación de cargas electrostáticas peligrosas.

En general, se prescribe un sistema de ventilación adecuado que evite las concentraciones de los gases empleados para la anestesia y desinfección.



Referencia bibliográfica: UNE EN ISO 7396-1. Sistemas de canalización de gases medicinales. Parte 1: Sistemas de canalización para gases medicinales comprimidos y de vacío.

Referencia bibliográfica: UNE EN ISO 60601-1, Equipos electromédicos. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y funcionamiento esencia.

Referencia bibliográfica: RBT. Reglamento de baja tensión. ITCBT38. Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervenciones.

15 Glosario de definiciones técnicas

En este apartado se dan unas concisas definiciones de magnitudes y términos luminotécnicos imprescindibles. Basadas en las definiciones de la publicación CIE S 017/E: 2011 (Vocabulario internacional de iluminación).

Ojo y visión:

Adaptación

Tiene dos acepciones. La primera indica si un determinado sistema de transporte permite alcanzar el destino deseado, por ejemplo, si un determinado hospital es accesible en bicicleta o metro. La segunda alude a si una determinada infraestructura o servicio de transporte están adaptados para su uso por determinados colectivos, por ejemplo, personas con movilidad reducida o ancianos.

Proceso en el cual el ojo se ajusta a la luminancia y color del objeto visual.

El estado del sistema visual es modificado por la presente y previa exposición a un estímulo que puede presentar varios valores de luminancia, distribución espectral y angular.

Acomodación

Ajuste espontáneo de la óptica del ojo (cristalino) para obtener en la retina la máxima resolución visual a distintas distancias.

Resolución visual

Capacidad de discriminar detalles en objetos que estén muy cerca o que tienen una separación angular muy pequeña.

Confort visual

Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual.

Contraste

Evaluación por sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos o más partes de un campo visual observado de manera simultánea o sucesiva (contraste luminoso, contraste de brillo, contraste de color, contraste simultáneo, contraste sucesivo, etc.).

El contraste luminoso se cuantifica como:

$$C = (L2 - L1) / L1$$

siendo:

L1 = luminancia dominante de fondo.

L2 = luminancia del objeto.

Brillo

Sensación visual asociada a la cantidad de luz emitida por un área determinada. Se corresponde con la luminancia.

Deslumbramiento

La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación con las cercanías a las que el ojo está adaptado.

Parpadeo

Impresión de intermitencia, alternancia o variación en la presentación de la luz.

Efecto estroboscópico

Inmovilización aparente o cambio del movimiento de un objeto al ser iluminado con luz de una determinada frecuencia temporal e intensidad.

Campo visual

Extensión del espacio físico visible desde una posición dada.

Entorno visual

Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

Magnitudes luminotécnicas*Curva isolux*

Lugar de los puntos de una superficie donde la iluminancia tiene el mismo valor.

Eficacia luminosa

Es el cociente entre el flujo emitido por una lámpara y la potencia disipada por la misma. Unidad: lm/W.

Factor de utilización

Relación entre el flujo útil y el flujo luminoso emitido por las lámparas.

Flujo luminoso

Se refiere a la cantidad total de luz que emite una fuente luminosa por segundo. También puede definirse como la potencia emitida, transportada o recibida en forma de luz visible. Unidad: lumen (lm).

Iluminancia

También conocida como nivel de iluminación, es el flujo de luz recibido por unidad de área en una superficie iluminada. Unidad: lux.

Iluminancia mantenida:

Iluminancia media mínima sobre la superficie de referencia al final del ciclo de mantenimiento completo (sustitución y limpieza).

Índice de reproducción cromática de una fuente luminosa

Es la capacidad que tiene la fuente de reproducir los colores, tomando como referencia el color obtenido con una fuente patrón.

Este índice, conocido como Ra o IRC, nos indica el efecto que una fuente luminosa tendrá sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina, por comparación con el aspecto que estos tendrían con un iluminante de referencia. El IRC es un valor de mérito que puede variar entre 0 y 100. A un buen rendimiento de color corresponde un IRC alto. A un mal rendimiento de color corresponde un IRC bajo.

Intensidad luminosa

Cociente entre el flujo luminoso procedente de una fuente de luz, difundido en un elemento de ángulo sólido que contiene la dirección especificada, y el elemento del ángulo sólido.

Lúmenes iniciales

Salida en lúmenes de las lámparas medida después de unas horas de funcionamiento (desde 1 hora para lámparas incandescentes hasta 100 horas para lámparas de descarga).

Lúmenes mantenidos

Iluminancia media sobre la superficie de referencia al final del ciclo de mantenimiento completo.

Luminancia

Se define como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie.

Cuando las superficies son iluminadas, la luminancia depende del nivel de iluminación y de las características de reflexión de la propia superficie.

Unidad: cd/m^2 .

Lux

Iluminancia producida por un flujo luminoso de un lumen uniformemente distribuido sobre una superficie de un metro cuadrado.

Rendimiento de color

Efecto de una fuente de luz en la apariencia cromática de un objeto comparada con su apariencia al ser iluminada con iluminantes patrón.

Es la habilidad de una fuente de luz para reproducir un color en relación a ese mismo color iluminado por una fuente de luz patrón.

Analíticamente, el rendimiento de color de una fuente de luz está definido por el índice de rendimiento del color.

Reflectancia

Cociente entre el flujo reflejado por una superficie y el recibido.

Rendimiento de una luminaria

Cociente del flujo que sale de la luminaria entre el flujo emitido por las lámparas que se encuentran instaladas en ella.

Temperatura de color

La temperatura de color de una lámpara es la temperatura a la que el «cuerpo negro» (definido en física teórica) adquiere el mismo color que la lámpara en cuestión.

Unidad: Kelvin (K).

Uniformidad

Es la relación existente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media sobre la superficie de referencia.

Instalación*Arrancador*

Dispositivo que por sí mismo, o en combinación con otros elementos del circuito, genera los impulsos de tensión necesarios para el encendido de una lámpara de descarga.

Balasto

Dispositivo insertado entre el suministro y una o más lámparas de descarga, el cual limita la corriente de la(s) lámpara(s) a un valor requerido.

También puede incluir medios para transformar la tensión de alimentación y distribuciones que ayudan a proporcionar el voltaje y corriente de precalentamiento.

Cebador

Dispositivo utilizado por las lámparas fluorescentes para proporcionar el precaldeo necesario de los electrodos y que en combinación con el balasto provoca una sobretensión momentánea en la lámpara.

Circuito eléctrico

Conjunto de materiales eléctricos alimentados por la misma fuente de energía y protegidos contra las sobreintensidades por los mismos dispositivos de protección.

Luminaria

Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende los elementos necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación, excluyendo la propia fuente de luz.

Proyector

Luminaria en la que la luz emitida por la lámpara es concentrada por reflexión o refracción para conseguir una intensidad luminosa elevada dentro de un cierto ángulo sólido.

Reflector

Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara sin alterar la longitud de onda de sus componentes monocromáticas.

Refractor

Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara mediante el cambio de dirección sufrido por la radiación al atravesar un medio o la superficie de separación de medios distintos.

Difusor

Parte de una luminaria que modifica la distribución de luz de una lámpara utilizando el fenómeno de la difusión de la luz.

Entorno de trabajo

Combinación de personas y objetos que interactúan en el proceso visual.

Espacio de trabajo

Espacio designado a una o más personas para desarrollar una tarea.

Plano de trabajo

Plano horizontal sobre el cual se calculará la iluminancia media. Usualmente, para oficinas y similar se considera 0,80 metros.

Iluminación general

Iluminación diseñada para iluminar todo con la misma iluminancia, aproximadamente.

Iluminación localizada

Iluminación diseñada para iluminar un interior y a la vez proveer de mayor iluminancia a una zona particular.

Iluminación local

Iluminación diseñada para iluminar una tarea especial, adicional y controlada separadamente de la iluminación general.

Iluminación de acento

Iluminación diseñada para iluminar de forma localizada un objeto, para así realzarlo más respecto a su entorno.

Iluminación perimetral

Iluminación diseñada para iluminar las paredes o el techo en su área colindante con las paredes, con el fin de conseguir un efecto decorativo, o de iluminar objetos que se encuentren en dichas paredes.

Iluminación decorativa

Iluminación diseñada para obtener un efecto ornamental por las propias luminarias, o ambiental, por el efecto de iluminación. No persigue obtener las condiciones luminotécnicas necesarias para el desarrollo de una tarea.

Factor de mantenimiento

Cociente entre la iluminación provista por una instalación en un momento dado y cuando fue instalada.

Coeficiente de utilización

Cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el emitido por las luminarias.

Índice de eficiencia energética

Cociente entre la potencia eléctrica total instalada y la superficie de la instalación referida a una iluminancia de 100 lux en servicio. Unidad: $W/m^2 - 100 \text{ Lux}$.

Coeficiente de transmisión luminosa del vidrio (T)

Porcentaje de luz natural en su espectro visible que deja pasar un vidrio. Se expresa en tanto por uno o tanto por ciento.

16 Bibliografía y webs de interés

Bibliografía

- ✓ Guías Técnicas de EEI (IDAE/CEI - marzo 2001).
- ✓ El Libro Blanco de la Iluminación (Comité Español de Iluminación-CEI). Fuentes de luz.
- ✓ Documento Básico HE3 del CTE. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- ✓ Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE).
- ✓ Documento básico SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por una iluminación inadecuada.
- ✓ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril *BOE* n.º 97, 23 de abril.
- ✓ Publicaciones CIE.
- ✓ Documentación técnica y comercial recogida en los catálogos y publicaciones de Philips, Osram, ELT, Layrton, Tridonic y Luxintec.
- ✓ Documentación técnica y gráfica facilitada por D. Fernando Benavente Bravo (TEDISEL Ibérica).

Webs de interés

IDAE
www.idae.es

Comité Español de Iluminación (CEI)
www.cei.es

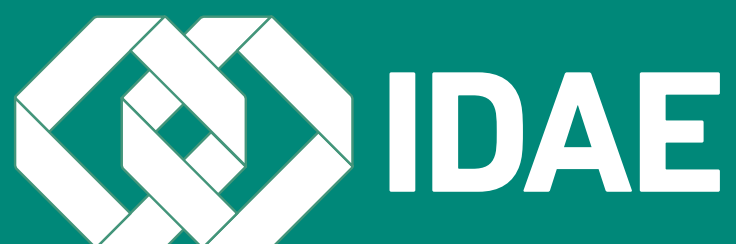
Luces CEI
www.lucescei.com

International Commission on Illumination (CIE)
www.cie.co.at/

ISO
www.iso-org

International Electrotechnical Commission (IEC)
www.iec.ch/

AENOR
www.aenor.es



IDAE. Calle Madera, 8, 28004, Madrid, Telf: 91 456 4900
comunicacion@idae.es; www.idae.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO