

Título	Manual - Cómo planificar con luz
Autores	Rüdiger Ganslandt Harald Hofmann
Layout y configuración	otl aicher y Monika Schnell
Dibujos	otl aicher Reinfriede Bettrich Peter Graf Druckhaus Maack
Reproducción	Druckhaus Maack, Lüdenscheid OffsetReproTechnik, Berlin Reproservice Schmidt, Kempten
Composición e impresión	Druckhaus Maack, Lüdenscheid
Trabajos de encuadernación	C. Fikentscher Großbuchbinderei Darmstadt
Copyright	© ERCO Leuchten GmbH, Lüdenscheid Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden  La editorial Vieweg es una empresa del grupo editorial Bertelsmann International.  Los derechos de autor de la obra, incluidas todas sus partes, están protegidos. Cualquier utilización comercial fuera de los límites estrictos de la ley de derechos de autor es ilícita y penable sin la autorización de la editorial. Esto es especialmente válido para reproducciones, traducciones, micropelículas y almacenamiento e introducción en sistemas electrónicos.
Traducción	Ranveig Wintgen ERCO Iluminación, S. A. Molins de Rei (Barcelona)

Impreso en España - Printed in Spain

## Sobre este libro

Luz e iluminación se han convertido en temas de polémica y discusión debido al mayor conocimiento sobre calidad arquitectónica, lo que conlleva mayores exigencias en cuanto a una iluminación arquitectónica adecuada. Si en el pasado más reciente la arquitectura aún se podía iluminar utilizando criterios luminotécnicos convencionales, en el futuro se exigirá una iluminación diferenciada y «a la carta».

Desde luego, existe una variedad suficiente de fuentes de luz y luminarias para este cometido; el espectro de la capacidad de la luminotecnia se amplía, debido a los incesantes avances técnicos, con más instrumentos especializados de iluminación. Precisamente este hecho se lo pone cada vez más difícil al luminotécnico para orientarse y encontrar la solución técnica adecuada para las exigencias de iluminación de un proyecto en concreto.

El manual «Cómo planificar con luz» pretende dar una orientación sobre bases y prácticas en la iluminación arquitectónica. Se entiende tanto como un instrumento de aprendizaje por ejemplo para estudiantes de arquitectura, como también como libro de consulta para el profesional. Este manual no pretende competir con la amplia literatura luminotécnica, ni

quiere ampliar la aún limitada aparición de libros con fotografías sobre ejemplos realizados en cuanto a proyectos de iluminación. El objetivo más bien consiste en acercar al lector a la iluminación arquitectónica del modo más comprensible y parecido a como es en la práctica. Como información adicional se ofrece un capítulo sobre la historia de la iluminación.

La segunda parte del manual se ocupa de las bases luminotécnicas, de las fuentes de luz, de los equipos de estabilización y de las luminarias disponibles. La tercera parte abarca una exposición sobre conceptos, estrategias y resultados de la práctica luminotécnica.

En la cuarta parte el lector encontrará una amplia colección de soluciones con ejemplos para los más frecuentes cometidos en la iluminación interior. Glosario, registro y bibliografía ayudan en el trabajo con el manual y facilitan la búsqueda de otras literaturas.

# Contenido

## Prólogo

- 1.1 Historia
  - 1.1 Historia de la iluminación arquitectónica 12
    - 1.1.1 Arquitectura de luz diurna 12
    - 1.1.2 Iluminación artificial 13
    - 1.1.3 Ciencias naturales e iluminación 15
    - 1.1.4 Fuentes luminosas modernas 16
      - 1.1.4.1 Alumbrado de gas 17
      - 1.1.4.2 Fuentes eléctricas de luz 18
    - 1.1.5 Planificación de iluminación cuantitativa 22
    - 1.1.6 Principios de una nueva planificación de iluminación 22
      - 1.1.6.1 Impulsos procedentes del alumbrado escénico 24
      - 1.1.6.2 Planificación de iluminación cualitativa 24
      - 1.1.6.3 Luminotecnia y planificación de iluminación 25
- 2.0 Fundamentos
  - 2.1 Percepción 28
    - 2.1.1 Ojo y cámara 28
    - 2.1.2 Psicología de la percepción 29
      - 2.1.2.1 Constancia 31
      - 2.1.2.2 Leyes gestálticas 33
    - 2.1.3 Fisiología del ojo 37
    - 2.1.4 Objetos de percepción 38
  - 2.2 Medidas y unidades 40
    - 2.2.1 Flujo luminoso 40
    - 2.2.2 Eficacia luminosa 40
    - 2.2.3 Cantidad de luz 40
    - 2.2.4 Intensidad luminosa 40
    - 2.2.5 Iluminancia 42
    - 2.2.6 Exposición luminosa 42
    - 2.2.7 Luminancia 42
  - 2.3 Luz y fuentes de luz
    - 2.3.1 Lámparas incandescentes 45
      - 2.3.1.1 Lámparas halógenas incandescentes 49
    - 2.3.2 Lámparas de descarga 52
      - 2.3.2.1 Lámparas fluorescentes 53
      - 2.3.2.2 Lámparas fluorescentes compactas 54
      - 2.3.2.3 Tubos luminosos (neón) 55
      - 2.3.2.4 Lámparas de vapor de sodio de baja presión 56
      - 2.3.2.5 Lámparas de vapor de mercurio de alta presión 57
      - 2.3.2.6 Lámparas de luz mezcla 58
      - 2.3.2.7 Lámparas de halogenuros metálicos 59
      - 2.3.2.8 Lámparas de vapor de sodio de alta presión 60
  - 2.4 Equipos de estabilización y control
    - 2.4.1 Equipos eléctricos para lámparas de descarga 65
      - 2.4.1.1 Lámparas fluorescentes 65
      - 2.4.1.2 Lámparas fluorescentes compactas 66
      - 2.4.1.3 Tubos luminosos (neón) 66
      - 2.4.1.4 Lámparas de vapor de sodio de baja presión 66
      - 2.4.1.5 Lámparas de vapor de mercurio de alta presión 66
      - 2.4.1.6 Lámparas de halogenuros metálicos 67
      - 2.4.1.7 Lámparas de vapor de sodio de alta presión 67
    - 2.4.2 Compensación y conexión de lámparas de descarga 67
    - 2.4.3 Desparasitación de emisión y limitación de otras interferencias 67
    - 2.4.4 Transformadores para instalaciones de bajo voltaje 68
    - 2.4.5 Regulación del flujo luminoso 71
      - 2.4.5.1 Lámparas incandescentes y halógenas incandescentes 71
      - 2.4.5.2 Lámparas halógenas de bajo voltaje 71

- 2.4.5.3 Lámparas fluorescentes 71
- 2.4.5.4 Lámparas fluorescentes compactas 72
- 2.4.5.5 Otras lámparas de descarga 72
- 2.4.6 Mando a distancia 72
- 2.4.7 Sistemas de luz programada 72
- 2.4.7.1 Sistemas de luz programada para efectos escénicos 73
  
- 2.5 Luz. Propiedades y características 74
- 2.5.1 Cantidad de luz 74
- 2.5.2 Luz difusa y dirigida 76
- 2.5.2.1 Modelación 77
- 2.5.2.2 Brillo 78
- 2.5.3 Deslumbramiento 78
- 2.5.4 Color de luz y reproducción cromática 83
  
- 2.6 Conducción de luz 85
- 2.6.1 Principios de la conducción de luz 85
- 2.6.1.1 Reflexión 85
- 2.6.1.2 Transmisión 85
- 2.6.1.3 Absorción 87
- 2.6.1.4 Refracción 87
- 2.6.1.5 Interferencia 87
- 2.6.2 Reflectores 88
- 2.6.2.1 Reflectores parabólicos 89
- 2.6.2.2 Reflectores Darklight 90
- 2.6.2.3 Reflectores esféricos 90
- 2.6.2.4 Reflectores evolutivos 90
- 2.6.2.5 Reflectores elípticos 90
- 2.6.3 Sistemas de lentes 91
- 2.6.3.1 Lentes condensadoras 91
- 2.6.3.2 Lentes Fresnel 91
- 2.6.3.3 Sistemas de enfoque 91
- 2.6.4 Rejilla de prisma 92
- 2.6.5 Elementos adicionales 92
  
- 2.7 Luminarias 94
- 2.7.1 Luminarias de instalación fija 94
- 2.7.1.1 Downlights 94
- 2.7.1.2 Uplights 97
- 2.7.1.3 Luminarias de retícula 97
- 2.7.2.4 Bañadores 100
- 2.7.1.5 Luminarias de integración arquitectónica 101
- 2.7.2 Luminarias desplazables 102
- 2.7.2.1 Proyectores 102
- 2.7.2.2 Bañadores de pared 103
- 2.7.3 Estructuras luminosas 104
- 2.7.4 Luminarias con reflector secundario 105
- 2.7.5 Sistemas de conductores de luz 105
  
- 3.0 Programar con luz
- 3.1 Conceptos de cómo programar con luz 110
- 3.1.1 Planificación de iluminación cuantitativa 110
- 3.1.2 Técnica de luminancia 112
- 3.1.3 Bases de una planificación de iluminación orientada a la percepción 115
- 3.1.3.1 Richard Kelly 115
- 3.1.3.2 William Lam 117
- 3.1.3.3 Arquitectura y ambiente 118
  
- 3.2 Planificación de iluminación cualitativa 119
- 3.2.1 Análisis de proyecto 119
- 3.2.1.1 Aprovechamiento del espacio 119
- 3.2.1.2 Requisitos psicológicos 122
- 3.2.1.3 Arquitectura y ambiente 122
- 3.2.2 Evolución de proyecto 123

3.3	Práctica de planificación	126
3.3.1	Elección de lámparas	126
3.3.1.1	Modelación y brillo	127
3.3.1.2	Reproducción cromática	127
3.3.1.3	Color de luz y temperatura de color	128
3.3.1.4	Flujo luminoso	128
3.3.1.5	Rentabilidad	128
3.3.1.6	Regulación del flujo luminoso	130
3.3.1.7	Comportamiento de encendido y reencendido	130
3.3.1.8	Carga de radiación y calorífica	130
3.3.2	Elección de luminarias	132
3.3.2.1	Productos estándar o ejecuciones especiales	132
3.3.2.2	Iluminación integrada o adicional	132
3.3.2.3	Iluminación fija u orientable	136
3.3.2.4	Iluminación general o diferenciada	136
3.3.2.5	Iluminación directa o indirecta	137
3.3.2.6	Iluminación horizontal y vertical	138
3.3.2.7	Iluminación de superficie de trabajo y suelo	138
3.3.2.8	Iluminación de pared	139
3.3.2.9	Iluminación de techo	141
3.3.2.10	Limitación de la luminancia	141
3.3.2.11	Exigencias técnicas de seguridad	143
3.3.2.12	Colaboración con técnicas de climatización y acústica	143
3.3.2.13	Instalaciones adicionales	143
3.3.2.14	Luz programada y efectos escénicos	144
3.3.3	Disposición de luminarias	144
3.3.4	Conexión y programación de luz	150
3.3.5	Montaje	152
3.3.5.1	Montaje en techo	152
3.3.5.2	Montaje en pared y suelo	154
3.3.5.3	Estructuras estáticas	154
3.3.6	Cálculos	154
3.3.6.1	Método del factor de utilización	154
3.3.6.2	Proyección según la potencia de conexión específica	157
3.3.6.3	Iluminancias puntuales	158
3.3.6.4	Gastos de iluminación	159
3.3.7	Simulación y presentación	160
3.3.8	Medición de instalaciones de iluminación	168
3.3.9	Mantenimiento	169
4.0	Ejemplos de planificación	
4.1	Foyer	173
4.2	Zona de ascensores	180
4.3	Corredores	184
4.4	Escalera	188
4.5	Oficina de grupos	192
4.6	Oficina individual	198
4.7	Oficina de reuniones	203
4.8	Sala de conferencias	207
4.9	Auditorio	213
4.10	Comedores	217
4.11	Café-bistro	221
4.12	Restaurantes	225
4.13	Espacio multifuncional	229
4.14	Museo, vitrina	236
4.15	Museo, galería	241
4.16	Bóveda	249
4.17	Venta, Boutique	252
4.18	Venta, mostrador	256
4.19	Administración, circulación de público	259
4.20	Presentación	264
5.0	Epílogo	
	Iluminancias. Recomendaciones	270
	Codificación de lámparas	271
	Glosario, Bibliografía, Ilustraciones cedidas, Registro	



1.0

**Historia**

# 1.1

## Historia de la iluminación arquitectónica

### 1.1 Historia

#### 1.1.1 Arquitectura de luz diurna

Durante la mayor parte de su historia, desde la creación de la especie humana hasta el siglo XVIII, la humanidad sólo ha dispuesto de dos fuentes de luz. La más antigua de estas fuentes es la diurna, el verdadero medio de nuestra percepción visual, a cuyas propiedades se ha adaptado el ojo durante los millones de años que ha durado la evolución. Bastante más tarde, durante la edad de piedra, con el desarrollo de técnicas culturales y herramientas, nos encontramos con la segunda fuente de luz, que es artificial: la llama. A partir de aquí las condiciones de alumbrado no varían durante mucho tiempo; las pinturas rupestres de Altamira se pintan y se observan bajo la misma luz que las del renacimiento y el barroco.

Pero precisamente debido a que la iluminación se debe limitar a la luz diurna y a la llama, el trato con estas fuentes de luz, que se han manejado durante decenas de miles de años, se ha ido perfeccionando una y otra vez.

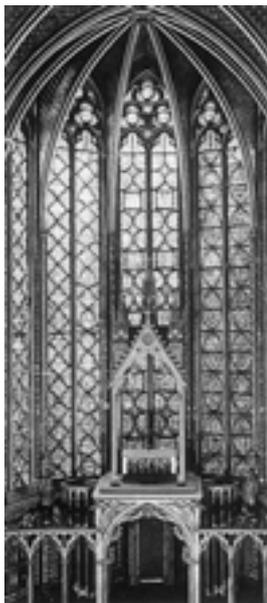
#### 1.1.1 Arquitectura de luz diurna

Para el campo de la luz diurna esto significa en primer lugar una adaptación consecuente de la arquitectura a las necesidades de una iluminación con luz natural. Así se determina la orientación de edificios y la situación de los distintos espacios interiores en función de la penetración de la luz solar; también las superficies de los espacios se calculan según la posibilidad de una iluminación y una ventilación naturales.

Dependiendo de las condiciones lumínicas en diferentes zonas climáticas de la Tierra, se desarrollan distintos tipos básicos de arquitectura de luz diurna. En las regiones más frías, con un cielo normalmente cubierto, se construyen edificios con grandes ventanas dispuestas en lo alto, a través de las cuales pueda penetrar directamente la máxima cantidad posible de luz. Mediante la difusa luz celeste se origina así una iluminación uniforme; la problemática de la luz solar, el sombreado, el deslumbramiento y el calentamiento de espacio se reduce a pocos días de sol, por lo que necesita menor atención.

En países con una elevada acción solar, por el contrario, estos problemas se encuentran en primer lugar. En estos casos dominan los edificios bajos con ventanas pequeñas, dispuestas más hacia abajo, y paredes exteriores muy reflectantes. De este modo, la luz solar prácticamente no penetra directamente en el espacio interior; la iluminación se produce sobre todo a través de la luz reflejada por el entorno del edificio que se derrama por la reflexión y anteriormente ya se ha deshecho de gran parte de su componente infrarrojo.

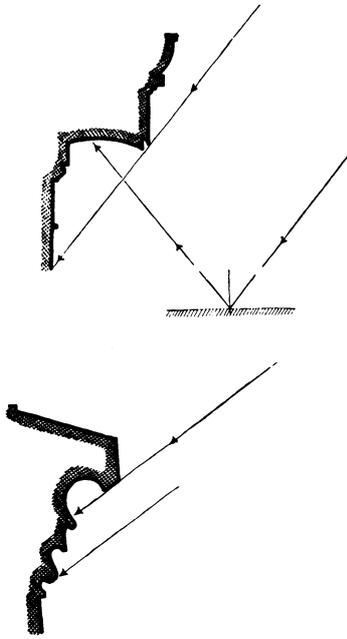
Más allá de la cuestión sobre una iluminación cuantitativamente suficiente, en el trato con la luz diurna también se tie-



Arquitectura de luz diurna: ventanas grandes, altas.



Arquitectura de luz solar: ventanas pequeñas, bajas, entorno reflectante.



Influencia de la luz en la configuración del sur y del norte. En el sur se proyectan formas plásticas por el efecto cambiante de la fuerte inclinación de la luz solar y la luz reflectora del suelo; en el norte es decisiva exclusivamente la inclinación casi horizontal de la luz solar para la configuración.

nen en cuenta lo aspectos estéticos y de percepción psicológica. Esto, por ejemplo, se demuestra en el tratamiento de los detalles arquitectónicos, que según el tipo de la iluminación se deben configurar de modo diferente, para poder dar un efecto cúbico por el juego entre luz y sombra.

Detalles de columnas, como acanalados, relieves y cornisas, parecen ya, bajo la luz directa del sol, esculturales a poca profundidad; para el mismo efecto en la configuración de detalles arquitectónicos que reciben una iluminación difusa se necesita una profundidad bastante más grande. Así, en los países más meridionales se configuran las fachadas mediante estructuras ligeras en la superficie, mientras que en las latitudes del norte la arquitectura —y la formación de los espacios interiores— no puede prescindir de las formas más penetrantes e incrustaciones de color para la configuración de las superficies.

Pero la luz no sólo sirve para el efecto plástico de cuerpos cúbicos, también es un medio extraordinario para la conducción psicológica de la percepción. Ya en los templos del antiguo Egipto —por ejemplo, en el templo de sol de Amun Re en Karnak o en Abu Simbel la luz se presenta en forma de iluminación general uniforme, como medio para la acentuación de lo esencial— las columnatas, que se oscurecen progresivamente, permiten al observador la adaptación a una iluminación mínima, de la cual surge la imagen del ídolo iluminado de modo puntual, que da la sensación de algo con una claridad dominante. Con frecuencia, la construcción arquitectónica tiene adicionalmente un efecto luminoso de reloj astronómico, que sólo se produce en días o estaciones trascendentales; a la salida o la puesta del sol o en los solsticios, respectivamente.

Esta capacidad para conseguir una iluminación de luz diurna psicológica —y diferenciadamente puntual— se va perfeccionando cada vez más en el transcurso de la historia, encontrando su momento culminante en las iglesias de estilo barroco —por ejemplo, la iglesia de la Peregrinación en Birnau o la de Wies de Dominikus Zimmermann—, que guían la mirada del visitante desde la difusa claridad de la nave principal hacia la zona del altar inundada de luz, bajo cuya luz puntual sobresalen tallas en madera con adornos dorados de modo muy brillante y plástico.

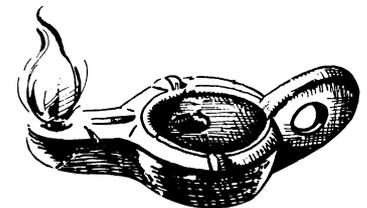
### 1.1.2 Iluminación artificial

También en el área de la iluminación artificial se puede hablar de un perfeccionamiento comparable; un desarrollo al cual, por cierto, se han puesto claras limitaciones debido a la insuficiente luminosidad de las fuentes de luz disponibles.

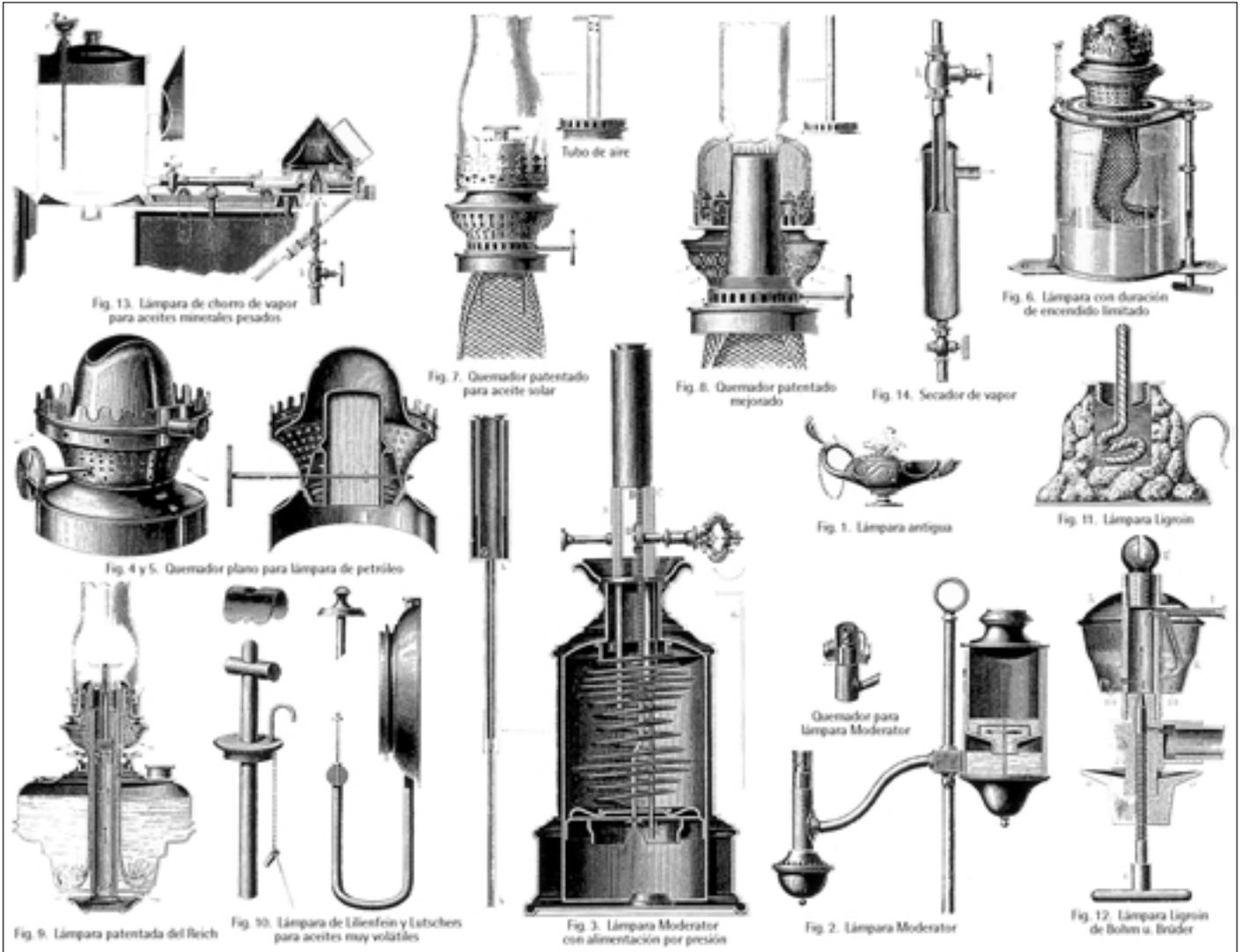
Al principio se encuentra la separación entre la llama brillante del fuego que da calor y el aprovechamiento por sepa-

rado de ramas ardientes fuera del hogar. En este caso resulta muy natural elegir piezas de madera fácilmente inflamables y una buena intensidad luminosa, o sea, sustituir la rama por la madera especialmente resinosa. En el siguiente paso ya no sólo se aprovecha una propiedad natural de la madera; con la antorcha se produce artificialmente la intensidad luminosa mediante la aplicación de materiales inflamables. Con el desarrollo de la lámpara de aceite y la candela, finalmente, se dispone de unas fuentes de luz relativamente seguras; de un modo económico se aprovechan escogidos combustibles, con lo que la antorcha queda reducida a la mecha como el medio de transporte para el aceite o la cera.

Típico candel de latón.



Lámpara de aceite griega, muy común antiguamente.



Lámparas y quemadores de la segunda mitad del siglo XIX. Partiendo de la construcción básica del quemador Argand, la lámpara de aceite se adapta a las diferentes exigencias a través de múltiples innovaciones técnicas. Se observan claramente las diferencias entre las lámparas de mecha plana y las más rentables de mecha redonda. Lámparas más recientes para petróleo transportan el combustible muy fluido sólo a través de la acción capilar de la mecha a la llama, lám-

paras más antiguas para aceites vegetales viscosos necesitan soluciones de abastecimiento más costosas: botellas con caída de presión o sistemas de émbolos impulsados por un muelle para alimentar a presión el quemador. Para aceites especialmente volátiles o viscosos existen lámparas especiales sin mecha, que mediante la propia presión del vapor de aceite volátil o debido a la compresión desde el exterior, proporcionan la mezcla de gas.

Con la lámpara de aceite, desarrollada en una época prehistórica, se ha conseguido por mucho tiempo el máximo escalon en el progreso luminotécnico. Es cierto que la lámpara en sí —más tarde llega el candil— se sigue desarrollando cada vez más, se crean magníficos candelabros de estilos cada vez más nuevos; la propia llama, y con ella su luminosidad, en cambio, no varían.

Pero como esta intensidad luminosa, en comparación con las actuales fuentes de luz, es muy reducida, queda la iluminación artificial como recurso en caso de urgencia. Al contrario de lo que ocurre con la luz diurna, que permite una iluminación diferenciada y soberana de todo el espacio, la claridad de la llama se limita siempre sólo a su inmediato alrededor. O sea, las personas se reúnen cerca de la fuente de luz o colocan ésta directamente al lado del objeto a iluminar. La noche se aclara sólo escasamente con este método; una iluminación abundante requiere innumerables y costosas luminarias y sólo es imaginable para suntuosas fiestas cortesanas. La iluminación arquitectónica en el sentido actual es casi exclusivamente un tema de la luz diurna hasta muy avanzado el siglo XVIII.



Lámpara de petróleo con quemador Argand.

### 1.1.3 Ciencias naturales e iluminación

La razón para el estancamiento en el desarrollo de potentes fuentes de luz artificial se encuentra en los insuficientes conocimientos de las ciencias naturales; en el caso de la lámpara de aceite, por las equivocadas ideas en cuanto a su comportamiento en la combustión. Hasta la aparición de la química moderna era válida la idea procedente de la antigüedad de que al quemarse una sustancia se liberaba el «flogisto». Según esta idea, una materia combustible de ceniza y flogisto (los antiguos elementos de tierra y fuego) se separa al quemarse: el flogisto se libera como llama, la tierra queda atrás como ceniza.

Basándose en esta teoría se entiende que una optimización de procesos de combustión es imposible, debido a que no se conoce el significado del suministro de aire para la llama. Sólo a través de los experimentos de Lavoisier se impone el conocimiento de que la combustión significa el almacenamiento de oxígeno y, por tanto, cada llama depende del suministro de aire. Los experimentos de Lavoisier se realizan durante los años setenta del siglo XVIII. Poco después, en 1783, los nuevos conocimientos se aplican a la luminotecnología. François Argand construye la lámpara Argand, definida por él mismo como «una lámpara de aceite con mecha en forma de tubo, donde el aire puede llegar a la llama tanto por el interior del tubo como desde el exterior de la mecha». Mediante este suministro mejorado de oxígeno y al mismo tiempo una mayor superficie de

mecha se consigue de pronto un gran avance en cuanto al aumento de la potencia luminosa. En el siguiente paso, mecha y llama se envuelven mediante un cilindro de cristal, cuyo efecto de chimenea proporciona un mayor caudal de aire y con ello un nuevo aumento de la potencia. Con la lámpara Argand se configura la forma definitiva de la lámpara de aceite, incluso las actuales lámparas de petróleo siguen funcionando según este inmejorable principio.

Muy pronto se conocen los instrumentos ópticos como ayuda al control de la luz. Ya en la antigüedad se utilizan y describen teóricamente los espejos; la leyenda dice de Arquímedes que frente a Siracusa y mediante espejos cóncavos incendió barcos enemigos.

Alrededor del cambio del primer milenio se encuentran en el área árabe y china trabajos teóricos sobre el modo de formar las lentes ópticas. A partir del siglo XIII estas lentes pueden demostrarse concretamente, la mayoría de las veces se utilizan como ayuda visual en forma de lupas (piedras de lectura) o gafas. Como material se utiliza en un principio berilio tallado, más tarde esta costosa piedra semipreciosa es sustituida por cristal, pudiéndose producir ahora en una calidad suficientemente clara. Aún hoy día el término alemán «Brille» para referirse a las gafas nos recuerda al material original para la ayuda visual, el berilio\*.

Hacia fines del siglo XVI los talladores de lentes holandeses desarrollan los primeros telescopios. En el siglo XVII estos aparatos son perfeccionados por Galilei, Kepler y Newton; se construyen microscopios y aparatos de proyección.

Al mismo tiempo, nacen teorías fundamentales sobre el comportamiento de la luz. Newton sostiene la tesis de que la luz se compone de partículas —una idea que se puede remontar hasta sus orígenes en la antigüedad—, mientras que Huygens concibe la luz como fenómeno ondulatorio. Ambas teorías rivalizan justificándose por una serie de fenómenos ópticos y coexisten en paralelo; hoy está claro que la luz no es ni una partícula pura, ni un fenómeno ondulatorio puro y debe entenderse como una combinación de ambos principios.

A través de la evolución de la fotometría —la ciencia de la medición de luz y de las iluminancias— (Boguer y Lambert, siglo XVIII) se encuentran finalmente los fundamentos científicos más esenciales para una luminotecnología funcionalmente apta.

A pesar de ello, se limita la aplicación de los principios conocidos, casi exclusivamente, a la construcción de aparatos ópticos, como el telescopio y el microscopio, es decir, a instrumentos que sirven

\* La pronunciación de «Bril-le» en alemán es muy similar a la del berilio: «Beryll». (Nota de la traductora.)



Christiaan Huygens



Isaac Newton

## 1.1 Historia

### 1.1.4 Fuentes de luz modernas

para la observación y dependen de las fuentes de luz del exterior. Un control de la luz mediante reflectores y lentes, como teóricamente es posible y alguna vez se ha probado, fracasa por la inaccesibilidad de las fuentes de luz existentes.

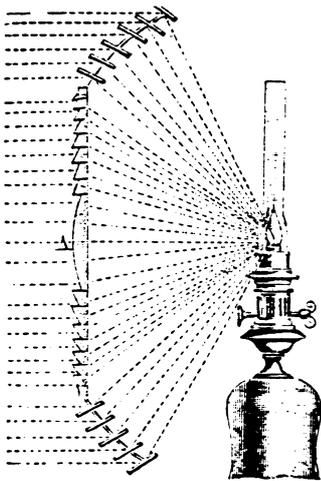
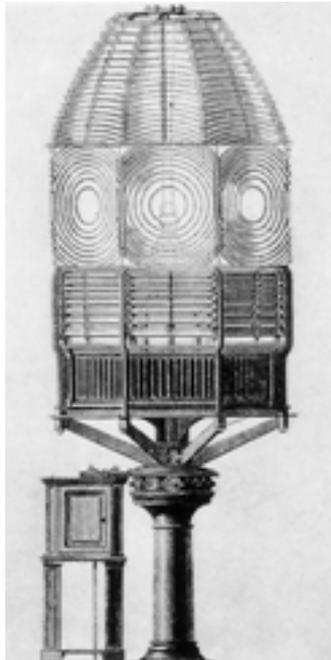
En el campo del alumbrado doméstico se puede admitir la ausencia de una luz orientable de origen lejano, ya que se compensa con la luz de la lámpara de aceite; en otros campos, en cambio, esta falta ocasiona graves problemas. Esto es lo que ocurre en situaciones de alumbrado en las que existe una distancia considerable entre la fuente de luz y el objeto a iluminar, sobre todo en el alumbrado de calles y la iluminación escénica; y en la técnica de la señalización, especialmente en la construcción de faros. Por este motivo no es de extrañar que la lámpara Argand, con su aumento considerable de la intensidad luminosa, no sólo sirva para proporcionar más claridad a la sala de estar, sino que encuentre precisamente en estos campos una enorme aceptación, utilizándola para el desarrollo de sistemas de control de la luz.

Esto es en primer lugar válido para el alumbrado de calles y de escenarios, donde se utiliza la lámpara Argand ya poco después de su desarrollo, pero sobre todo para el balizamiento luminoso de faros, que hasta entonces sólo podían abastecerse provisionalmente con brasas de carbón o un sinnúmero de lámparas de aceite. La propuesta de equipar los faros con sistemas compuestos por lámparas Argand y espejos parabólicos surge en 1785; seis años más tarde se hace realidad en el faro más prominente de Francia, en Cordouan. Finalmente, en 1820 Augustin Jean Fresnel desarrolla un sistema de lentes escalonadas y aros prismáticos que se pueden producir en un tamaño suficientemente grande para poder enfocar óptimamente la luz de los faros; también esta construcción es probada por primera vez en Cordouan. Las lentes Fresnel constituyen desde entonces el fundamento para cualquier balizamiento luminoso de los faros, pero además también son utilizadas en numerosos tipos de proyectores.

### 1.1.4 Fuentes de luz modernas

Con la lámpara Argand, la lámpara de aceite alcanzaba, a través del manejo más eficaz de la llama, su versión óptima como fuente de luz. A través del avance de las ciencias naturales, que posibilitan este último paso evolutivo, se desarrollarán fuentes de luz completamente nuevas, que revolucionarán la luminotecnia a pasos cada vez más rápidos.

Balizamiento luminoso de faro con lentes Fresnel y quemador Argand.



Lentes Fresnel y quemador Argand. En la parte interior del cono luminoso la luz es enfocada mediante una lente escalonada, en la parte exterior es desviada por separado a través de aros prismáticos.

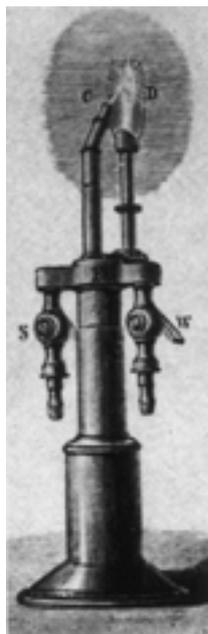


Augustin Jean Fresnel

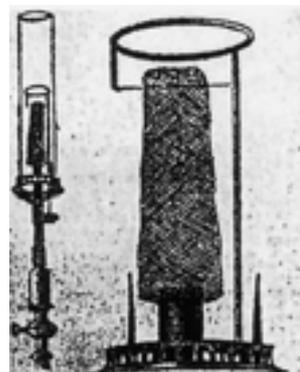


Alumbrado de esca-  
 parate con luz de gas  
 (alrededor de 1870).

Carl Auer v. Welsbach.



Luz de calcio de  
 Drummond.



Manguito de incandes-  
 cencia según Auer  
 v. Welsbach.

#### 1.1.4.1 Alumbrado de gas

La lámpara Argand recibe en primer lugar la competencia por parte del alumbrado por gas. Es bien sabido que existían gases combustibles desde el siglo XVII, pero el conocimiento y la producción sistemática de gases no se realizó hasta dentro del marco de la química moderna; casi simultáneamente se desarrolla mediante la lámpara Argand un procedimiento de producción para obtener gas de alumbrado del carbón de piedra.

Hacia fines del siglo XVIII se puede demostrar la eficiencia del alumbrado de gas a través de una serie de proyectos piloto —un auditorio en Lowen según proyecto de Jan Pieter Minckellaers, una fábrica, una casa particular e incluso en un coche por el ingeniero inglés William Murdoch—, con lo que la nueva fuente de luz alcanza iluminancias desconocidas. Pero para una distribución general queda todavía el obstáculo de la costosa producción del gas de alumbrado y la supresión de malolientes contaminaciones. Es cierto que se desarrollan pequeños dispositivos, denominados termolámparas, que posibilitan una producción de gas en casas de modo individual, proporcionando al mismo tiempo iluminación y calefacción; pero estos aparatos no tienen éxito.

El alumbrado de gas no resulta económico hasta que consigue centralizarse, distribuyéndose a través de tuberías. El alumbrado público actúa como impulsor, pero poco a poco también se conectan al suministro de gas los edificios públicos y finalmente las viviendas particulares.

Igual que con cualquier otra fuente de luz, también el alumbrado de gas se utiliza cada vez más eficientemente a través de una serie de nuevos desarrollos técnicos. Similar a como ocurre con la lámpara de aceite, se crean una serie de nuevas formas para los quemadores, que proporcionan un aumento en la intensidad luminosa al incrementarse la superficie de la llama. El principio de Argand del quemador circular con mecha tubular que mejora la combustión con el paso del aire también se puede aplicar al alumbrado de gas, que nuevamente lleva a eficacias luminosas superiores.

Pero el intento de producir mediante nuevos desarrollos del quemador Argand un exceso de oxígeno en la mezcla de gas lleva a un resultado sorprendente. Al quemarse por completo el carbono, se produce dióxido de carbono y desaparecen las partículas incandescentes responsables de la aparición de luz en la llama; aparece la ardiente, pero poco luminosa, llama del mechero de Bunsen. Por lo tanto, existen limitaciones en cuanto a la intensidad luminosa de llamas luminiscentes; para obtener un nuevo incremento del rendimiento se debe recurrir a otros principios de la producción de luz.

## 1.1 Historia

### 1.1.4 Fuentes de luz modernas

El posible inicio de una luz de gas altamente eficiente resulta del fenómeno de la luminiscencia térmica, la inducción de una sustancia luminosa por calentamiento. A diferencia de lo que ocurre con los radiadores térmicos, en este caso la eficacia luminosa y el color de luz no sólo dependen de la temperatura, sino también del tipo de sustancia calentada, obteniéndose más luz y de un color más blanco que con los radiadores térmicos.

La primera fuente de luz que trabaja según este principio es la luz de calcio, desarrollada por Drummond en 1826, en la que una piedra calcárea es impulsada con la ayuda de un mechero de gas detonante a la termoluminiscencia. La luz de calcio es, sin duda, muy efectiva, pero ha de ser regulada una y otra vez manualmente, de modo que sólo encuentra su aplicación como luz de efectos en el alumbrado escénico.

Es en 1890 cuando el químico austriaco Carl Auer von Welsbach desarrolla un método más practicable para el aprovechamiento de la termoluminiscencia. Auer von Welsbach impregna un cilindro hecho de tejido de algodón con una solución de tierras, que, al igual que sucede con la piedra calcárea, al calentarse desprenden una potente luz blanca. Estos llamados «manguitos camiseta» se colocan sobre los mecheros de Bunsen. Durante el primer funcionamiento se quema el algodón, luego sólo queda una estructura de tierras raras, el verdadero manguito incandescente. Mediante esta combinación de la llama extremadamente caliente del mechero de Bunsen y los manguitos camiseta de tierras raras, también se ha alcanzado lo más óptimo en el alumbrado de gas. Del mismo modo que hasta hoy día se utiliza la lámpara Argand como lámpara de petróleo, también el manguito incandescente se sigue utilizando para el alumbrado de gas, por ejemplo, para las lámparas de camping.



Bujía-Jablochkoff, con y sin cristal envolvente.

Lámpara de arco de Hugo Bremer. Un sencillo mecanismo de resorte autorregula la distancia de cuatro electrodos de carbono dispuestos en forma de V.

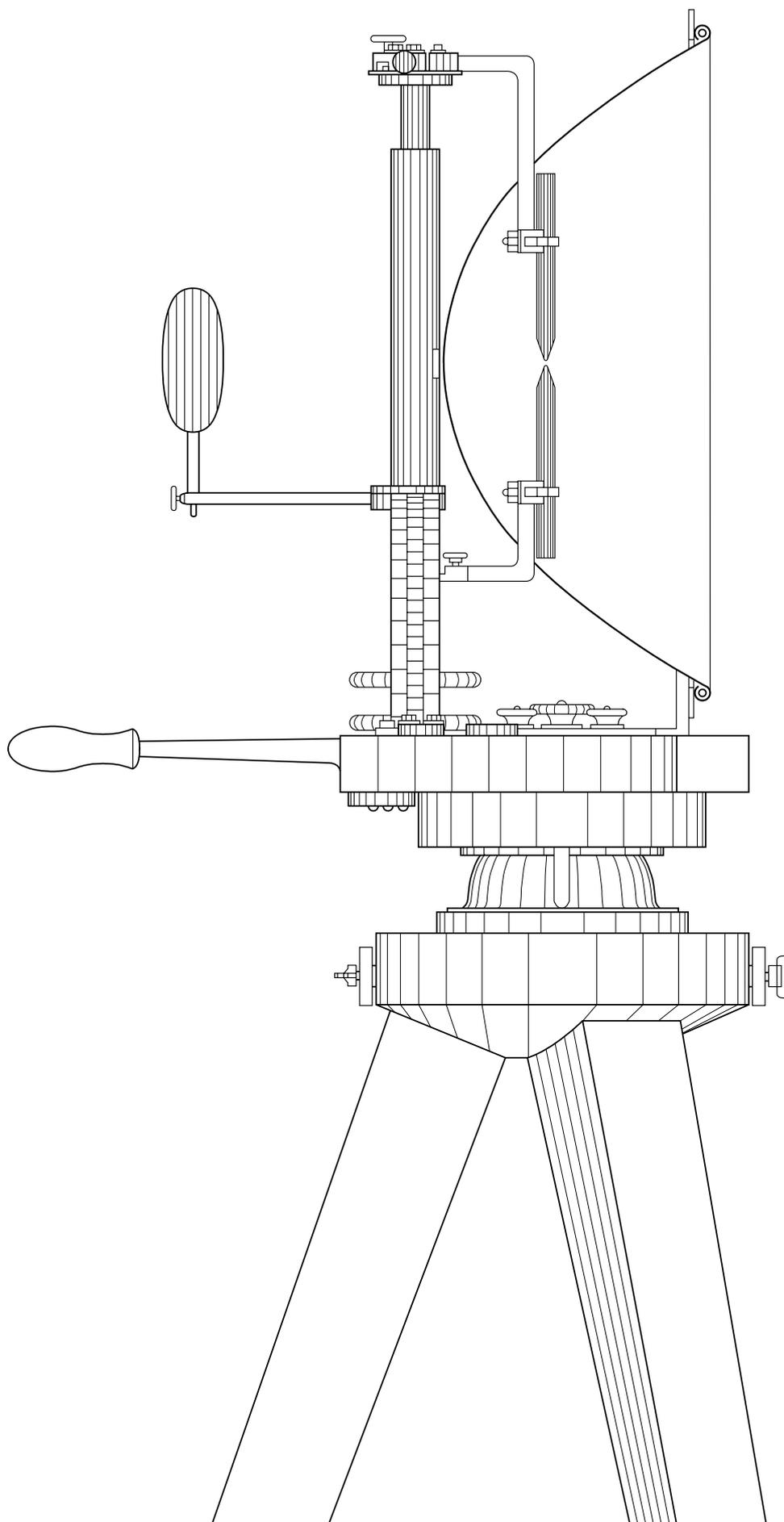


Luz de arco en la Place de la Concorde.

#### 1.1.4.2 Fuentes eléctricas de luz

También la luz de gas incandescente tiene el mismo destino que la mayoría de las fuentes de luz, que en la época de su perfeccionamiento ya se encuentran aventajadas por otros iluminantes. Esto vale para la tradicional vela (no se elimina el ennegrecimiento con el humo hasta 1824 mediante una mecha antepuesta), para la lámpara Argand, cuya marcha triunfal coincide con el desarrollo del alumbrado de gas, y también para la iluminación con manguitos incandescentes de gas, que debe entrar en competencia con las nuevas formas desarrolladas de la luz eléctrica.

A diferencia de lo ocurrido en los casos de la lámpara de aceite y el alumbrado de gas, que tuvieron unos comienzos poco luminosos, consiguiendo posteriormente un desarrollo con formas más potentes, en el caso de la luz eléctrica se obtiene primero la forma más luminosa. Ya a principios del siglo XIX se sabe que mediante el empleo de una tensión entre dos electrodos de carbono se puede producir un arco voltaico extremadamente luminoso. Pero al igual que ocurre con la luz de calcio de Drummond, hay que efectuar continuas nuevas regulaciones manuales, razón suficiente para que no se imponga esta nueva fuente de luz. Además, las lámparas de arco sólo funcionan de momento conectadas a costosas baterías.



Lámpara de arco Siemens de 1868. Un proyector orientable, según descripción con «espejo cóncavo, mecanismo de engranajes, trípode y disco anti-deslumbrante», la luminaria más antigua documentada con un dibujo encontrado en el archivo de Siemens.

1.1 Historia  
1.1.4 Fuentes de luz modernas



Heinrich Goebel: lámparas incandescentes experimentales (filamentos de carbón dentro de frascos de agua de colonia al vacío).



A mediados de siglo se construyen las primeras lámparas autorregulables, que eliminan la incómoda regulación manual, y sobre todo se dispone de generadores que proporcionan una alimentación eléctrica continuada. Pero de momento sólo se puede acoplar una sola lámpara de arco por fuente eléctrica; una conexión de lámparas en serie —la «división de la luz», tal como se denomina en el lenguaje del tiempo— no es posible debido a que los diferentes estados de encendido de cada una de las lámparas provocan que toda la línea se apague rápidamente.

Hay que esperar hasta los años setenta del siglo XIX para que este problema quede resuelto. Una solución simple es la bujía-Jablochhoff, donde dos electrodos de carbono paralelos están embutidos en un cilindro de yeso, quemándose uniformemente de arriba abajo. Una solución aún más compleja, pero también más segura, proporciona la lámpara diferencial —desarrollada en 1878 por el alemán Friedrich v. Hefner-Alteneck, un ingeniero de Siemens—, en la cual la corriente de la lámpara se mantenía constante regulando tanto la tensión del arco como su corriente mediante un sistema electromagnético.

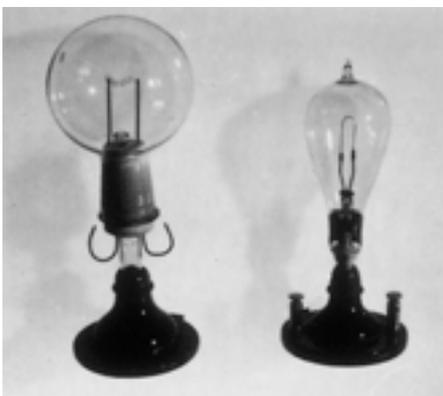
Joseph Wilson Swan: lámpara de Swan incandescente con varilla de grafito y casquillo de resorte.



Mediante la divisibilidad de la luz se convierte la lámpara de arco en una fuente de luz practicable, que no sólo se utiliza en casos aislados, sino que encuentra una amplia aplicación. Se aplica en todos aquellos lugares en los que se puede aprovechar su predominante intensidad luminosa: nuevamente en faros, en la iluminación escénica, pero sobre todo para cualquier forma de iluminación pública en exteriores. Para la aplicación en viviendas particulares, en cambio, no es tan adecuada, debido a que —una novedad en la luminotecnia— proporciona demasiada luz. Por lo tanto, para poder suprimir el alumbrado de gas en las viviendas son necesarias otras formas de iluminación eléctrica.



Thomas Alva Edison: lámparas-Edison en versión de filamentos de platino y de carbón, aún sin el típico casquillo roscado.



Que los conductores eléctricos se calientan con una resistencia suficientemente grande, que ocasionalmente incluso se ponen en incandescencia, se supo muy pronto; Humphrey Davy demuestra ya en 1802 —ocho años antes de su espectacular representación de la primera lámpara de arco— que se puede obtener luz eléctricamente mediante un filamento de platino. Igual que con la lámpara de arco, también en el caso de la lámpara incandescente son las dificultades técnicas las que impiden que esta nueva fuente de luz se imponga.

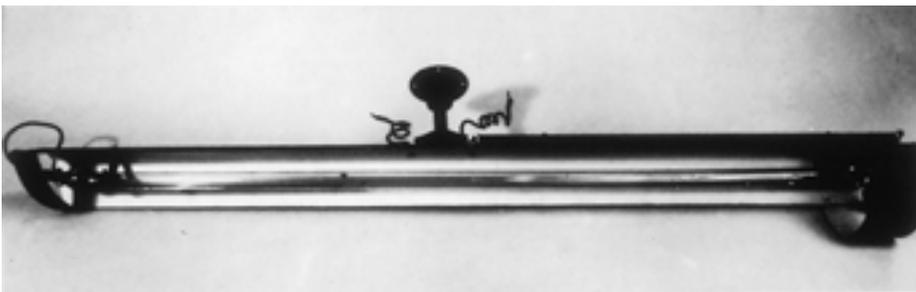
Pocos materiales tienen un punto de fusión lo suficientemente alto para poder posibilitar la incandescencia fotógena anterior a la fundición. Además, la gran resistencia requiere filamentos delgados, que son difíciles de fabricar, se rompen fácilmente y se consumen rápidamente con el oxígeno del aire. Por eso los primeros ensayos con filamento de platino o de

## 1.1 Historia

### 1.1.4 Fuentes de luz modernas

carbono no sobrepasan la mínima duración de encendido. Una prolongación clara de la duración de encendido no se consigue hasta que puede evitarse que el filamento —hasta entonces casi siempre fabricado de carbono o grafito— se consume mediante su colocación en una ampolla al vacío o rellena de gas inerte. Los pioneros son Joseph Wilson Swan, quien con su lámpara de grafito se adelanta nada menos que medio año a Thomas Alva Edison, pero sobre todo Heinrich Goebel, quien ya en 1854 fabricó lámparas eléctricas de filamentos de bambú carbonizado, hermetizadas en botellas de colonia vacías con una duración de vida de 220 horas.

Lámpara de descarga de vapor de mercurio de Cooper-Hewitt. Esta lámpara, en cuanto a su funcionamiento, es más o menos comparable al actual tubo fluorescente, pero aún no tiene materia fluorescente, de modo que proporcionaba muy poca luz visible. La lámpara está montada por el centro, como un brazo de la balanza, debido a que se enciende mediante una cuerda motriz al inclinarse el tubo.



Foyer con lámparas Moore.



Pero quien finalmente logró el éxito fue Edison, quien a partir de las construcciones experimentales de sus antecesores consiguió desarrollar, en 1879, un producto industrial en serie que en muchos puntos —hasta llegar a la construcción del casquillo roscado— correspondía a las actuales lámparas incandescentes. Lo único que aún necesita mejorarse es el filamento. Edison aprovecha al principio el filamento de bambú carbonizado de Goebel. Más tarde se desarrollan filamentos de carbón sintéticos, que se obtienen por inyección de nitrocelulosa. Pero un notable aumento de la eficacia luminosa, el punto débil de todas las lámparas incandescentes, no es posible hasta desarrollar el camino de los filamentos metálicos. Aquí destaca nuevamente Auer von Welsbach, quien ya hizo posible un alumbrado de gas eficiente con el desarrollo del manguito incandescente.

Auer utilizó filamentos de osmio, que se obtienen laboriosamente extrayendo una mezcla de polvo de osmio y un aglutinante a base de carbón. Pero la estabilidad de los filamentos es muy baja, de modo que se imponen en el mercado las más robustas lámparas de tántalo, que se desarrollan algo más tarde. La producción de éstas, a su vez, cesa en favor de las lámparas con filamento de wolframio, es decir, lámparas de tungsteno, un material que se sigue utilizando hoy día para los filamentos de las lámparas incandescentes.

Después de la lámpara de arco y la incandescente nacen las lámparas de descarga como tercera forma de iluminación eléctrica. También en este caso los primeros conocimientos físicos preceden en el tiempo a la realización práctica. Ya en el siglo XVII existen informes sobre luminiscencias en barómetros de mercurio; la primera demostración de una lámpara de descarga la proporciona Humphrey Davy, quien estudia sistemáticamente las tres formas de iluminación eléctrica a principios del siglo XVIII. Pero hasta la construcción de lámparas de descarga aptas para el consumo pasan casi ochenta años; sólo después de imponerse la lámpara incandescente aparecen, a principios del siglo XX, las primeras lámparas de descarga para fines de iluminación en el mercado. Se trata, por un lado, de la lámpara-Moore —un precursor del actual tubo fluorescente (neón)—, que trabaja con largos tubos de vidrio, de diversas formas, tensiones altas y una descarga eléctrica de alto vacío, así como de la lámpara de vapor de mercurio de baja presión, que se corresponde prácticamente con la actual lámpara fluorescente, pero sin la capa de polvo fluorescente.

La lámpara-Moore —como hoy día el tubo fluorescente— se utiliza sobre todo para la iluminación perimetral en la arquitectura y para fines publicitarios; su intensidad luminosa es demasiado baja para una función de iluminación real. En contrapartida, la lámpara de vapor de



Torre de luz americana  
(San José, 1885).

mercurio ofrece una notable eficacia luminosa, por lo que se convierte en competencia para la relativamente poco rentable lámpara incandescente. Pero frente a esta ventaja se encuentra ahora una insuficiente reproducción cromática, que sólo permite una utilización para los más sencillos cometidos de iluminación.

La solución a este problema se encuentra de dos maneras distintas. Una posibilidad consiste en igualar mediante sustancias luminosas añadidas las zonas espectrales que faltan en la descarga de vapor de mercurio. Con ello se produce la lámpara fluorescente, que realmente alcanza una buena reproducción cromática y, al mismo tiempo, debido al aprovechamiento de abundantes componentes ultravioletas existentes, ofrece una mayor eficacia luminosa.

El segundo principio consiste en el aumento de la presión del vapor de mercurio. Con ello desde luego sólo se obtiene una reproducción cromática moderada, pero se alcanza una eficacia luminosa considerablemente mejorada. Además, de este modo se pueden conseguir adicionalmente altas intensidades luminosas, con lo que la lámpara de vapor de mercurio de alta presión se convierte en la competidora de la lámpara de arco.

### 1.1.5 Planificación de iluminación cuantitativa

Se puede decir que unos cien años después del comienzo del estudio científico acerca de las fuentes de luz ya existen —al menos en su forma primitiva— todas las lámparas usuales en la actualidad. Si en toda la historia anterior sólo se disponía de la suficiente luz durante el día, la luz artificial, hasta entonces considerada una ayuda de emergencia, se convierte en una iluminación de igual condición.

Iluminancias similares a las de la luz diurna, sea en espacios interiores, por ejemplo en una vivienda o un puesto de trabajo, sea en la iluminación exterior, por ejemplo en calles y plazas, o en el alumbrado de edificios, son ya sólo una cuestión de esfuerzo técnico. Sobre todo en el alumbrado de calles se tiene la tentación de convertir la noche en día y con ello prácticamente eliminarla. En Estados Unidos se desarrollan proyectos que iluminan ciudades enteras mediante una trama de torres luminosas. Pero este alumbrado por proyectores aporta más desventajas que ventajas, debido al deslumbramiento y a los sombreados, de modo que pronto vuelve a desaparecer este estilo en el alumbrado de exteriores.

Tanto el intento de conseguir una iluminación que alcance toda la ciudad como su fracaso pueden considerarse síntomas para una nueva fase en el trato con la luz artificial. Si antes las insuficientes fuentes de luz resultaban ser el problema principal, ahora se sitúa en primer tér-

## 1.1 Historia

### 1.1.5 Planificación cuantitativa

#### 1.1.6 Principios

mino el trato conveniente con un exceso de luz; se debe determinar cuánta luz y qué formas de iluminación son necesarias en determinadas situaciones de alumbrado.

Sobre todo en el campo de la iluminación de puestos de trabajo se estudia intensivamente la influencia del tipo de iluminación e iluminancia sobre el aumento de la producción. Basándose en estudios fisiológicos de la percepción, se formalizan de este modo las recomendaciones, que, por un lado, exigen las iluminancias mínimas para determinadas tareas visuales y, por otro lado, indican las calidades mínimas para la reproducción cromática y la limitación de deslumbramiento.

En principio estas recomendaciones están pensadas para la iluminación de puestos de trabajo y sirven de orientación para otras aplicaciones. No obstante, adolecen de una clara orientación hacia el control de la cantidad de luz y se limitan a explorar y fundamentarse en la fisiología del ojo humano.

Que el objeto percibido en la mayoría de los casos es algo más que un simple cometido visual sin sentido, que el hombre que ve posee, aparte de la fisiología del ojo, una psicología de la percepción, no se tiene aquí en cuenta. Así, la planificación de la cantidad de luz se conforma con proporcionar una iluminación general uniforme, que haga justicia al más difícil cometido visual, manteniéndose además dentro de los límites de las normas en lo que se refiere al deslumbramiento y a la reproducción del color. Con esta luz el hombre percibe una arquitectura, pero las sensaciones que se transmiten con esta percepción, así como la aprehensión estética, quedan fuera del alcance de los principios aplicados en la iluminación.

### 1.1.6 Principios de una nueva planificación de iluminación

Por eso no sorprende que ya pronto junto a la luminotecnia de orientación cuantitativa se desarrollen los principios para una teoría de planificación, que se ajusta más a la iluminación arquitectónica y sus necesidades.

En parte estos conceptos se forman dentro del propio marco de la luminotecnia; aquí hemos de nombrar sobre todo a Joachim Teichmüller, el fundador del primer instituto alemán de luminotecnia, en Karlsruhe. Teichmüller definió el concepto de la «iluminación arquitectónica» como una arquitectura que entiende la luz como material de construcción, incluyéndolo conscientemente en toda la configuración arquitectónica. No por último y seguramente también siendo el primero, hace referencia a que la luz artificial puede superar a la luz diurna en la iluminación arquitectónica, si se diferencian y utilizan conscientemente sus posibilidades.

## 1.1 Historia

### 1.1.6 Principios

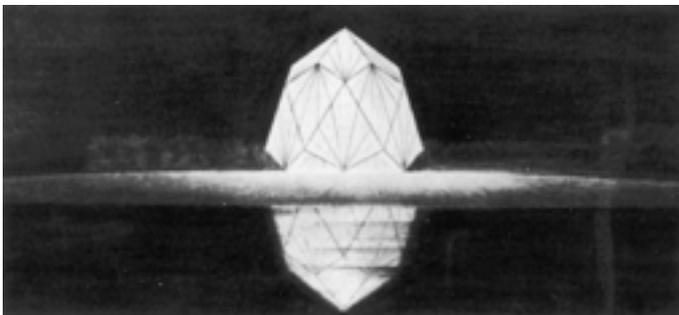
Más fuerte en cambio que dentro de la luminotecnia, que en general más bien se inclina hacia una filosofía cuantitativa de iluminación, se crean por los propios arquitectos nuevos conceptos en la iluminación arquitectónica. Para la arquitectura ya desde mucho antes eran conocidos el efecto de la luz sobre formas mejor marcadas y estructuradas procedentes de la iluminación diurna, así como el significado del juego entre luz y sombra.

Con la creación de fuentes de luz eficaces, se añaden a estos conocimientos en la técnica de luz diurna las posibilidades de la luz artificial. La luz ya no sólo tiene el efecto desde el exterior hacia el interior, sino que puede iluminar a gusto los espacios interiores e incluso dispersarse desde el interior hacia el exterior. Si Le Corbusier denominaba la arquitectura «el sabio, adecuado y maravilloso juego de los cuerpos en la luz», esto ya no sólo se refiere a la luz solar, sino que también incluye el espacio interior iluminado artificialmente.

De este nuevo conocimiento sobre la luz queda especialmente afectado el significado de grandes superficies de ventanas en la arquitectura de acristalamientos, que no sólo representan la apertura para facilitar la penetración al interior de la luz diurna, sino que por encima de ello determinan el efecto nocturno de la arquitectura artificialmente iluminada. Sobre todo por parte de los arquitectos «amantes del vidrio» se considera el edificio como una figura cristalina y luminiscente. Ideas utópicas de una arquitectura de cristal, ciudades luminosas de torres de luz y edificaciones acristaladas, tal como las de Paul Scheerbarth, de momento se proyectan en los mismos términos visuales planos y dibujos sobre cúpulas y cristales luminosos. No mucho después, en los años veinte del siglo xx, estas ideas en la arquitectura de cristal ya se realizan concretamente: grandes edificios o almacenes aparecen por la noche como articuladas figuras luminiscentes debido a la cambiante imagen de oscuras paredes y las más claras superficies acristaladas. La luminotecnia va claramente más allá de una simple creación de iluminancias, incluye las estructuras de la arquitectura iluminada en sus reflexiones. A pesar de ello, también este comienzo se queda aún atrás, debido a que el edificio se considera sólo como una totalidad, sobre todo si se mira como una vista exterior nocturna, donde se sigue ignorando al hombre observador en el interior del edificio. Hasta la Segunda Guerra Mundial, por tanto, los edificios destacan en parte por su muy bien diferenciada iluminación exterior, pero la tendencia hacia una iluminación reticulada de orientación cuantitativa y sin imaginación en los interiores del edificio prácticamente no tiene éxito.

Para llegar hasta los conceptos trascendentes de la iluminación arquitectónica, además de la luz y la arquitectura, se

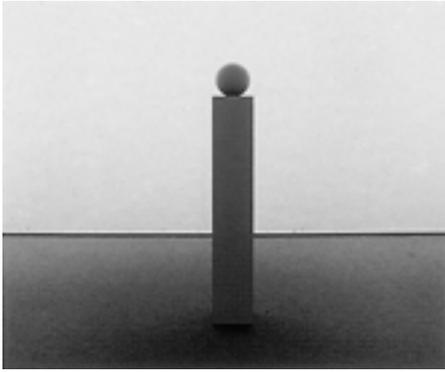
Joachim Teichmüller



Wassili Luckhardt (1889-1972): cristal sobre la esfera. Construcción de culto. Segunda versión. Tiza al aceite, alrededor de 1920.

J.Brinkmann, L.C. van der Vlugt y Mart Stam: Fábrica de Tabaco Van Nelle, Rotterdam, 1926-1930.





Luz para ver.

debe considerar también al hombre como tercer factor en el triángulo de actividad de la iluminación. Iniciativas hacia este reconocimiento proceden sobre todo de la psicología perceptiva. A diferencia de lo que ocurre en la investigación fisiológica, aquí no sólo se pregunta por el ojo, por los valores límites cuantitativos para la percepción abstracta de «tareas visuales». En el centro se encuentra más bien el hombre perceptivo, la idea de cómo se compone concretamente la realidad percibida en el proceso de la visión. A través de estos estudios se reconoce muy pronto que la percepción no es un simple proceso de reproducción visual, no es sacar fotografías del entorno. Numerosos fenómenos ópticos muestran más bien que en la percepción se realiza una compleja interpretación de los estímulos del entorno, que ojo y mente reproducen menos nuestra realidad que construyéndola.

En este trasfondo la iluminación recibe un significado totalmente nuevo. La luz no es ya sólo una fuerza prácticamente fototécnica, que se ocupa de proporcionar una exposición suficiente, sino que se convierte también en un factor decisivo para nuestra percepción. Por otra parte, la iluminación no sólo se ocupa de proporcionar la visibilidad general de nuestro entorno, sino que determina, como condición de percepción central, con qué prioridad y de qué modo se observan los diferentes objetos de nuestro entorno visual.

#### 1.1.6.1 Impulsos procedentes del alumbrado escénico

Los impulsos esenciales para una lumino-tecnia, que apunta hacia el hombre perceptivo, pueden recibirse de la planificación de iluminación del alumbrado escénico. En este caso queda totalmente en segundo plano la cuestión de la iluminación y la uniformidad de la iluminación, incluso el remarcar estructuras de edificios existentes no es importante. El objetivo de la iluminación escénica no es hacer visible el escenario real existente con sus instalaciones técnicas, lo que se pretende que se perciba son imágenes y ambientes cambiantes. Horas del día y cambios de tiempo, ambientes románticos o amenazantes se hacen visibles dentro de un solo decorado mediante una iluminación dirigida.

El alumbrado escénico, en cuanto a sus intenciones, traspasa con creces los objetivos de la iluminación arquitectónica —apunta hacia la creación de ilusiones—, mientras que en la iluminación arquitectónica se trata de hacer visibles estructuras reales. No obstante, el alumbrado escénico puede servir como ejemplo a la iluminación arquitectónica; dispone de métodos para crear diferenciados efectos luminosos y de instrumentos para producir estos efectos, ámbitos ambos en los

## 1.1 Historia

### 1.1.6 Principios

que la planificación de iluminación arquitectónica ha de recuperar un gran retraso. Así, no es de extrañar que el alumbrado escénico tenga una gran influencia sobre la evolución de la planificación de iluminación y numerosos luminotécnicos procedan del alumbrado escénico.

#### 1.1.6.2 Planificación de iluminación cualitativa

Una nueva filosofía de iluminación, que ya no se interesa exclusivamente por los aspectos cuantitativos, surge en Estados Unidos después de la Segunda Guerra Mundial. Entre sus pioneros hay que nombrar especialmente a Richard Kelly, quien reúne en un concepto unificado las sugerencias existentes procedentes de la psicología perceptiva y del alumbrado escénico. Kelly se desentiende del dato de una iluminación uniforme como criterio central de la planificación de iluminación. Sustituye la cuestión de la cantidad de luz por la de las calidades individuales de la luz, después de una serie de funciones de la iluminación, que están centradas hacia el observador perceptivo. Kelly distingue tres funciones básicas: *ambient light* (luz para ver), *focal glow* (luz para mirar) y *play of brilliance* (luz para contemplar).

*Ambient light* corresponde aproximadamente a la hasta entonces usual idea cuantitativa de la luz. Se facilita una iluminación básica, que es suficiente para la percepción de las tareas visuales dadas: la percepción de objetos y estructuras de edificios, la orientación en un entorno o la orientación en movimiento.

*Focal glow* va más allá de esta iluminación básica y tiene en cuenta las necesidades del hombre perceptivo en el entorno correspondiente. A través de la luz para mirar se destacan conscientemente determinadas informaciones de la iluminación general; zonas significativas se acentúan, mientras que lo menos importante queda en segundo término. A diferencia de lo que ocurre con la iluminación uniforme, se estructura el entorno visual, que se puede entender de modo rápido y unívoco. Adicionalmente se puede orientar la mirada del observador hacia determinados objetos, de modo que una iluminación focal no sólo aporta algo para la orientación, sino que también puede ser útil en la presentación de mercancías y complementos estéticos. *Play of brilliance* tiene en cuenta el hecho de que la luz no sólo ilumina objetos y destaca informaciones, sino que también puede convertirse en objeto de contemplación, en una fuente de información. En esta tercera función la propia luz aporta algo al efecto estético de un entorno; desde el reflejo de una sencilla llama de vela hasta una escultura luminosa se puede dar vida y ambiente a un espacio representativo mediante luz para contemplar. Mediante estas tres categorías fundamentales de la

iluminación se ha creado un efectivo tratado que posibilita una iluminación que hace justicia a la arquitectura iluminada y a los objetos de un entorno, así como a las necesidades del hombre perceptor. Partiendo de Estados Unidos, la planificación de iluminación se transforma poco a poco de una disciplina puramente técnica a una disciplina equitativa e indispensable en el proceso de la configuración arquitectónica; por lo menos para el área de grandes obras representativas se puede mientras tanto considerar la colaboración de un luminotécnico competente como algo normal.

### 1.1.6.3 Luminotecnía y planificación de iluminación

Con las exigencias a la capacidad de la planificación de iluminación crecen también las exigencias a los instrumentos utilizados; una iluminación diferenciada requiere luminarias especializadas, que se adaptan a cada cometido según sus características.

Así, la iluminación uniforme de una superficie de pared exige luminarias completamente distintas a las que requiere la acentuación de diferentes objetos, y la iluminación constante de un *foyer* requiere otras luminarias que la iluminación variable de un espacio de usos múltiples o una sala de exposiciones. Entre el desarrollo de las posibilidades técnicas y la aplicación de lo proyectado se da una interacción, en la que las necesidades proyectadas promueven nuevas formas de luminarias, pero por otro lado también el perfeccionamiento en lámparas y luminarias descubre nuevos ámbitos a la planificación.

Por eso los nuevos desarrollos luminotécnicos sirven sobre todo para la diferenciación espacial y la flexibilización de la iluminación. Aquí hay que nombrar ante todo el relevo de las luminarias de radiación libre para lámparas incandescentes y fluorescentes por numerosas luminarias reflectoras especializadas, que posibilitan una iluminación orientada y adaptada en cada caso a la finalidad de distintas zonas y objetos, desde la iluminación uniforme de grandes superficies mediante bañadores de pared o de techo, hasta la acentuación de una zona exactamente circunscrita mediante proyectores de contorno. Otras posibilidades para la planificación de iluminación resultan del desarrollo del rail electrificado, que permite una configuración variable de las instalaciones de iluminación y la posibilidad de adaptarse a las respectivas necesidades en utilizaciones alternativas.

Más recientes que los avances en la diferenciación espacial de la iluminación son los nuevos desarrollos en el ámbito de la diferenciación temporal, la luz programada. Mediante instalaciones compactas de control es posible orientar instalacio-

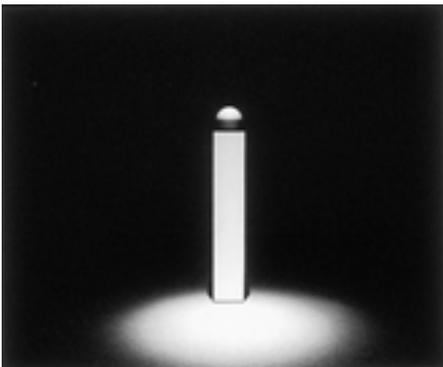
nes luminosas hacia una sola situación de aplicación y definir diferentes escenas de luz.

Cada escena de luz se ha adaptado a las exigencias de una situación espacial —las diferentes condiciones de un discurso realizado desde un estrado o una conferencia con diapositivas—, pero también a condiciones variables del entorno, como la cambiante intensidad de la luz diurna o la hora. La luz programada resulta por ello como una consecuencia lógica de la diferenciación espacial. Permite la utilización total de las posibilidades existentes de una instalación de iluminación, una transición simultánea entre las distintas escenas de luz que no sería posible con el costoso control manual. En la actualidad, se crean sobre todo innovaciones luminotécnicas en el campo de las fuentes de luz compactas. Para el área de las lámparas incandescentes podemos citar la lámpara halógena incandescente, que por el buen enfoque y su luz brillante proporciona nuevos impulsos a la iluminación representativa. En el caso de las lámparas de descarga se consiguen propiedades parecidas mediante las lámparas de halogenuros metálicos; así, la luz orientada también puede aplicarse eficazmente desde grandes distancias. Como tercer desarrollo innovador se debe nombrar la lámpara fluorescente compacta, que dispone de las ventajas del tubo fluorescente, pero con un volumen más pequeño, permitiendo de este modo un control óptico mejorado, por ejemplo en los especialmente económicos Downlights fluorescentes.

Aquí aún se ponen más instrumentos a disposición de la planificación de iluminación, que pueden utilizarse para una iluminación diferenciada y adaptada a las necesidades del hombre perceptor. También para el futuro se puede esperar que los avances de la planificación de iluminación partan del desarrollo continuado de lámparas y luminarias, pero sobre todo del consecuente aprovechamiento de una planificación cualitativamente orientada.

Las soluciones exóticas —por ejemplo en el campo de la iluminación por láser o por grandes sistemas reflectores— quedarán más bien como apariciones sueltas y no tendrán cabida en la práctica de planificación en general.

Luz para mirar.



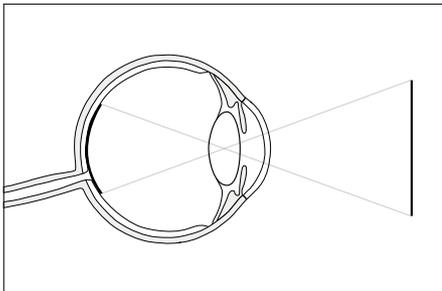
Luz para contemplar.



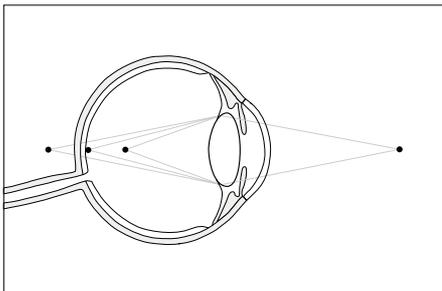
2.0

Fundamentos

# Percepción



Aberración esférica. Objetos proyectados quedan deformados por la curvatura de la retina.



Aberración cromática. Imagen borrosa por la refracción diferente de los colores espectrales.

La mayor parte de la información sobre el entorno le llega al hombre a través de los ojos. Para ello, la luz no sólo es indispensable y medio de la vista, sino que por su intensidad, su distribución y sus cualidades crea condiciones específicas que influyen sobre nuestra percepción.

En definitiva, la planificación de iluminación es la planificación del entorno visual del hombre; su objetivo es la creación de condiciones de percepción, que posibiliten trabajos efectivos, una orientación segura, así como su efecto estético. Las cualidades fisiológicas de una situación luminosa se pueden calcular y medir, pero al final siempre decide el efecto real sobre el hombre: la percepción subjetiva valora la bondad de un concepto de iluminación. La planificación de iluminación, por tanto, no se puede limitar sólo a la realización de principios técnicos, sino que también debe incluir reflexiones acerca de la percepción.

## 2.1.1 Ojo y cámara

Un principio extendido para la interpretación del procedimiento de percepción es la comparación del ojo con una cámara: en el caso de la cámara se proyecta a través de un sistema ajustable de lentes la imagen invertida de un objeto sobre una película sensible a la luz; un diafragma se ocupa de la regulación de la cantidad de luz. Después del revelado y la reversión al efectuar la ampliación se obtiene finalmente una imagen visible, bidimensional, del objeto.

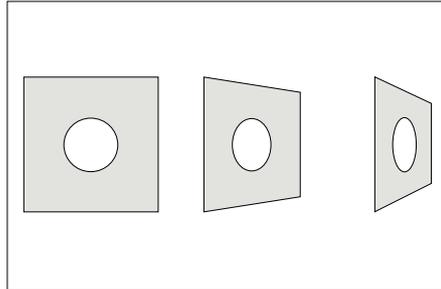
Del mismo modo, en el ojo se proyecta sobre el fondo ocular a través de una lente deformable una imagen invertida, el iris toma la función del diafragma y la retina —sensible a la luz— la del papel de la película. Por la retina se transporta la imagen, a través del nervio óptico, al cerebro, para que allí finalmente pueda recuperar su posición inicial y hacerse consciente en una determinada zona, la corteza visual.

La comparación entre cámara y ojo seduce por su evidencia. Sin embargo, no aporta nada para el esclarecimiento del propio procedimiento perceptivo. El fallo estriba en la suposición de que la imagen proyectada sobre la retina es idéntica a la imagen percibida. Que la imagen de la retina forma la base de la percepción es incuestionable; no obstante, existen considerables diferencias entre las percepciones reales de un entorno visual y la imagen sobre la retina.

En primer lugar se debe citar la deformación espacial de la imagen mediante la proyección sobre la superficie deformada de la retina: una línea recta se proyecta por regla general sobre la retina como curva. Frente a esta consignación esférica se encuentra una aberración cromática de igual evidencia: la luz de distintas longitudes de onda también se refracta distin-

2.1 Percepción  
2.1.2 Psicología de la percepción

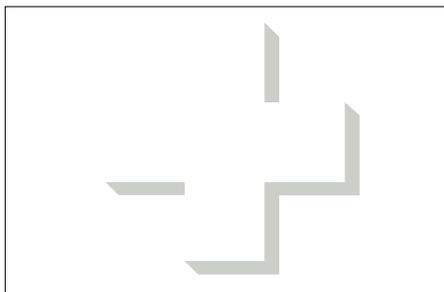
Percepción constante de una forma a pesar de la variación de la imagen retiniana por la perspectiva cambiante.



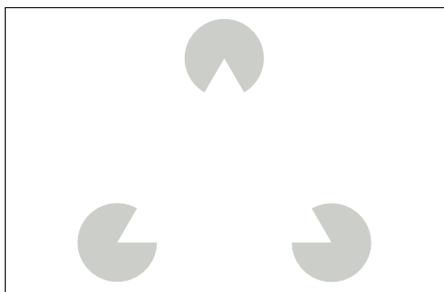
tamente, de modo que se crean anillos de Newton alrededor de los objetos.

El ojo es, por tanto, un instrumento óptico insuficiente, que crea una imagen retiniana deformada especialmente y sin corrección cromática. En cambio, estos fallos ya no aparecen en la percepción real, por lo que deben haber sido eliminados en el cerebro durante la transformación de la imagen.

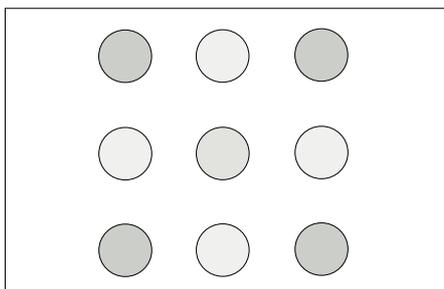
Más allá de esta corrección de fallos existen aún considerables diferencias trascendentes entre la imagen retiniana y la percepción real. Si se perciben objetos de disposición localizada, se forman sobre la retina en perspectiva imágenes deformadas. Así, por ejemplo, un rectángulo visto en ángulo produce una imagen retiniana trapecial. Pero esta imagen también podría haberse producido por una superficie trapecial, vista frontalmente, o por un número ilimitado de formas cuadradas dispuestas en ángulo. Se percibe una única forma, el rectángulo, que realmente ha provocado esta imagen. Incluso cuando observador u objeto se mueven perdura esta percepción de forma rectangular constante, aunque la forma de la imagen proyectada de la retina varía ahora constantemente por la cambiante perspectiva. Por lo tanto, la percepción no es sólo la simple visualización de la imagen proyectada en la retina; más bien se origina sobre todo por la interpretación de esta imagen.



Percepción de una sola forma debido a la formación de sombras con ausencia de contornos.



Reconocimiento de una forma completa debido a la evidencia dada por detalles esenciales.



Asimilación de un color a cada figura percibida. El color gris del círculo central se adapta al color blanco o negro de cada figura percibida compuesta por cinco círculos.

2.1.2 Psicología de la percepción

La idea—modelo del ojo como cámara no puede explicar la formación de la imagen percibida, sólo se ocupa de transportar el objeto a percibir desde el mundo exterior hasta la corteza visual. Para un entendimiento real de la percepción visual, es menos importante el transporte de la información de la imagen y más significativo el procedimiento de transformación de esta información, la construcción de impresiones visuales.

Surge aquí en primer lugar la cuestión de si la capacidad del hombre de percibir el entorno de modo ordenado es de nacimiento o aprendida, es decir, que se haya tenido que formar por experiencias. Por otra parte, también surge la cuestión de si para la imagen percibida sólo son responsables las impresiones sensoriales recibidas del exterior o si el cerebro transforma estos estímulos en una imagen visible mediante la aplicación de propios principios de orden.

Una respuesta unívoca a estas cuestiones es prácticamente imposible; la psicología de percepción sigue en este caso varias direcciones contradictorias entre sí. Cada una de estas direcciones puede enunciar una serie de pruebas para su modelo, pero ninguna de estas escuelas está en disposición de dar una explicación plausible.

Así, existen datos de que la organización espacial de la percepción es innata. Si colocamos animales, o incluso niños recién nacidos, sobre una placa de cristal transparente ubicada sobre un escalón, éstos evitan claramente la zona sobre el nivel con más profundidad visual. De modo que aquí existe un reconocimiento visual innato de la profundidad y la consiguiente sensación de peligro tiene preferencia ante la información del sentido del tacto, que muestra una superficie segura y plana. Por otro lado, se puede demostrar que la percepción también depende de experiencias previas. Así, se reconocen más rápidamente las estructuras conocidas que las desconocidas; las interpretaciones una vez identificadas de complicadas figuras visualizadas permanecen y graban las futuras percepciones.

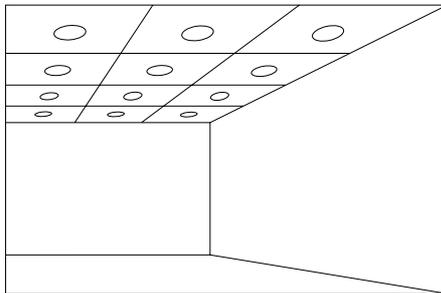
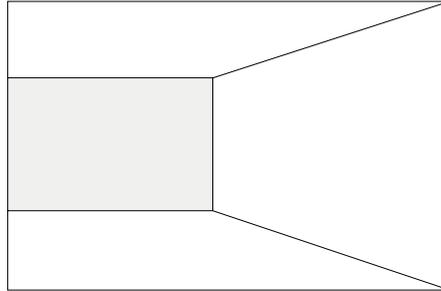
En este caso la experiencia y la expectativa pueden tener un efecto tan fuerte que las piezas que faltan de una forma se perciben restituidas —o determinados detalles corregidos— para adaptar el objeto a la expectativa.

Por consiguiente, tanto los mecanismos innatos como la experiencia desempeñan un papel en la percepción; probablemente el componente innato se ocupa de la organización fundamental de la percepción, mientras que la experiencia, a un nivel de transformación más elevado, aporta también algo para poder interpretar las figuras complejas.

Por lo que respecta a la cuestión de si sólo las impresiones sensoriales determinan la percepción o si se necesitan adicionalmente principios de orden psicológicos, existe documentación para ambas tesis. Por eso se puede explicar el hecho de que un campo gris mediano con contorno negro se perciba como gris claro y con contorno blanco como gris oscuro, por la transformación directa de los estímulos percibidos: la claridad percibida surge de la relación de claridad del campo gris y la del entorno más inmediato. Es decir, se forma una impresión visual que se basa exclusivamente en las impresiones sensoriales recibidas del exterior y no está influenciada por criterios propios de clasificación de la transformación mental.

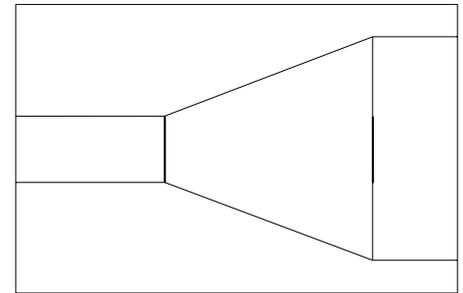
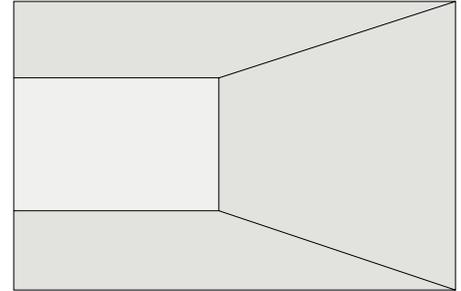
Por otro lado, se puede explicar el hecho de que las líneas verticales en un dibujo de perspectivas aparezcan considerablemente más grandes al fondo que delante, debido a que el dibujo percibido se interpreta de modo espacial. En otras palabras, para poder crear una imagen retiniana del mismo tamaño, como con una línea cercana, la línea más alejada debe ser más grande, es decir, la línea se interpreta y percibe en la profundidad del espacio como más grande con una longitud efectiva completamente igual.

Así, el conocimiento aparente de las relaciones de la distancia produce una variación de la percepción. Pero como las distancias en el dibujo son ficticias, existe un resultado de interpretación autónomo



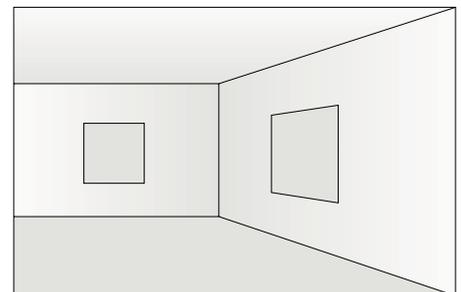
Constancia de la proporcionalidad. Con la interpretación en perspectiva de la imagen se percibe —a pesar de las imágenes retinianas de distintas medidas— un tamaño uniforme de las luminarias.

La percepción de la luminosidad del campo gris depende del entorno: con un entorno claro aparece un gris más oscuro mientras que con un entorno oscuro, el mismo gris se ve más claro.



En este caso la interpretación en perspectiva lleva a una ilusión óptica. La línea vertical posterior parece más larga que la de delante por la interpretación en perspectiva del dibujo, aunque su longitud es idéntica.

La uniformidad en la luminancia de la pared se interpreta como propiedad de la iluminación, con ello se percibe la reflectancia de la pared de modo constante. El valor de grises de las superficies de los cuadros con remarcados contornos, en cambio, se interpreta como una propiedad de los materiales, aunque su luminancia es idéntica a la de la esquina del espacio.



e independiente de estímulos externos por parte del cerebro. Por consiguiente, la percepción tampoco se basa en un solo principio bajo este modo de plantear la cuestión, sino que transcurre según varios mecanismos.

### 2.1.2.1 Constancia

Aunque no se puede aclarar el sistema de funcionamiento de la percepción con un único y sencillo principio, es interesante cuestionarse para qué objetivo sirven los diferentes mecanismos. Precisamente aparentes resultados fallidos ofrecen la posibilidad de analizar los modos de obrar y objetivos de la percepción. La ilusión óptica no se evidencia aquí como descuido de la percepción, sino como caso extremo de un mecanismo que aporta informaciones vitales bajo condiciones triviales. Aquí se muestra que los dos fenómenos antes descritos pueden ser explicados por un objetivo conjunto, sea la cambiante percepción de la luminosidad con superficies idénticas, sea la percepción incorrecta de líneas de la misma longitud.

Una de las tareas más importantes de la percepción es tener que distinguir las formas continuamente cambiantes y la distribución de luminosidad de la imagen retiniana entre los objetos fijos y los cambios del entorno. Pero como también los objetos fijos producen, por variaciones de la iluminación, la distancia o la perspectiva, imágenes retinianas de distintas formas, tamaños y distribución de luminosidad, deben existir mecanismos que a pesar de todo identifican estos objetos y sus propiedades, percibiéndolos como constantes.

La evaluación errónea de líneas de la misma longitud muestra que el tamaño de un objeto percibido no sólo reside en el tamaño de la imagen retiniana, sino que, además, se tiene en cuenta la distancia entre el observador y el objeto. A la inversa, en cambio, se utilizan objetos de tamaños conocidos para apreciar las distancias o reconocer el tamaño de objetos cercanos. En el área de la experiencia cotidiana este mecanismo resulta suficiente para percibir con seguridad los objetos y su tamaño. De este modo, no se percibe una persona a lo lejos como un enano, ni una casa en el horizonte como una caja. Sólo en situaciones extremas falla la percepción; los objetos visualizados en la Tierra desde un avión parecen diminutos, pero con distancias aún mayores, como por ejemplo la Luna, se obtiene finalmente una imagen completamente inexacta.

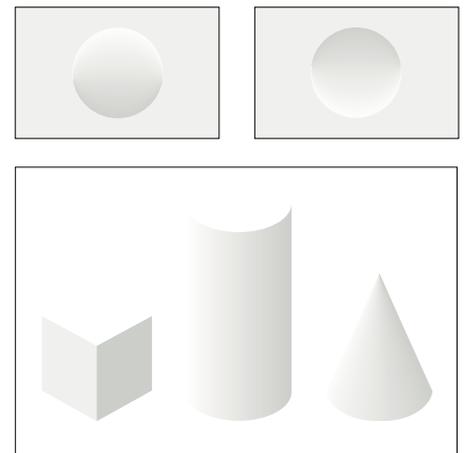
Mecanismos parecidos a los de la percepción de tamaños existen también para el equilibrio de la deformación perspectiva de objetos. Son los encargados de que los cambiantes trapezoides y elipses de la imagen retiniana en atención al ángulo

bajo el cual se observa el objeto se puedan percibir como apariciones espaciales de objetos constantes, rectangulares o redondos.

Para el campo de la planificación de iluminación hay especialmente otro grupo significativo de fenómenos de constancia que regula la percepción de luminosidad. Al identificar la reflectancia de una superficie (tomando como base de su grado de gris la luminosidad), se da el hecho de que una superficie, según la potencia de la iluminación del entorno, refleja una cantidad variable de luz, o sea, una luminancia diferente en cada caso. Así, el lado iluminado de un objeto monocolor muestra una luminancia mayor que el lado sombreado; un cuerpo negro bajo la luz solar puede presentar una luminancia bastante más elevada que un cuerpo blanco en un espacio interior. Si la percepción dependiera de la luminancia, no se podría reconocer la reflectancia como propiedad constante de un objeto. Aquí se debe aplicar un mecanismo que halla la reflectancia de una superficie por la proporción de las luminancias de esta superficie y de su entorno. De este modo, una superficie blanca se experimenta tanto en la luz como en la sombra como blanca, porque en relación a las superficies del entorno refleja siempre la mayor cantidad de luz. No obstante, como ejemplo límite se forma aquí el ejemplo antes descrito: dos superficies del mismo color, recibiendo una iluminación idéntica, se perciben con distinta luminosidad debido a las diferentes superficies del entorno. La capacidad del proceso de percepción de poder reconocer las reflectancias de objetos también con distintas iluminancias representa, no obstante, sólo un aspecto parcial. Sobre la percepción de la reflectancia de objetos también deben existir mecanismos, que posibilitan la transformación de luminosidades irregulares de las curvas y saltos de luminancias.

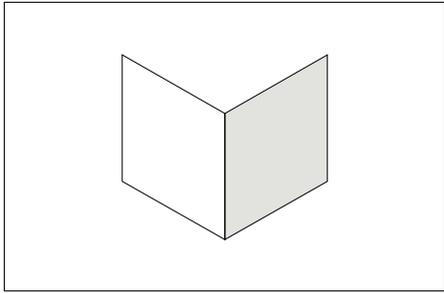
La distribución de luminancias sobre superficies es una manifestación cotidiana. Puede resultar por el tipo de la iluminación; un ejemplo es la disminución paulatina de luminosidad a lo largo de las paredes de un espacio iluminado con luz diurna por un solo lado. Pero también puede producirse por la forma cúbica del objeto iluminado; ejemplo de ello es la formación de sombras características sobre cuerpos cúbicos, como cubo, cilindro o esfera. Finalmente, una tercera razón para la existencia de diferentes luminancias puede ser causada por el tipo de la propia superficie; una reflectancia irregular, incluso con una iluminación uniforme, conduce a una luminancia no uniforme. Objetivo del acontecimiento perceptivo es decidir ante qué situación nos encontramos: si percibimos un objeto de un solo color, pero no uniformemente iluminado, espacialmente formado, o como un objeto iluminado uniformemente con reflectancia irregular.

La impresión espacial se determina por el postulado de la incidencia de la luz desde arriba. Al girar la imagen cambian elevación y profundidad.

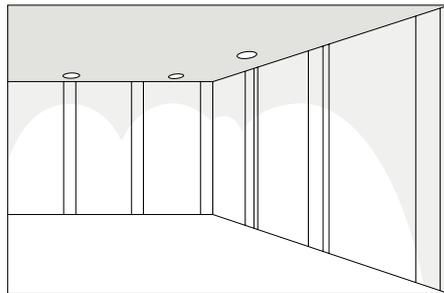
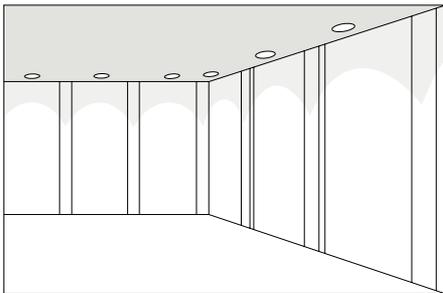
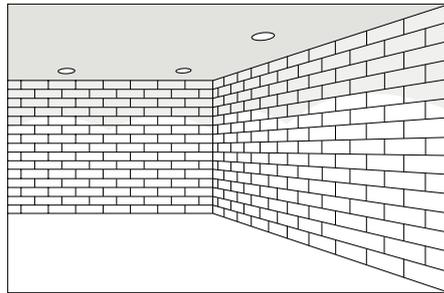
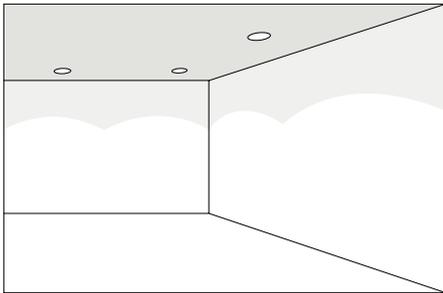


Únicamente se puede reconocer la forma espacial según la dirección de las sombras.

Cambio perceptivo de claro/oscuro a negro/blanco con la interpretación de una figura transformada cúbicamente.



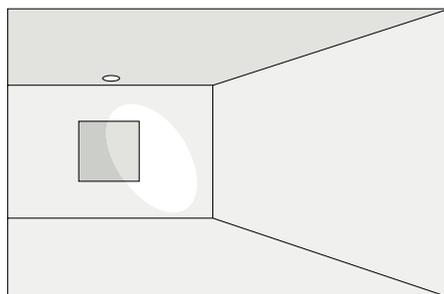
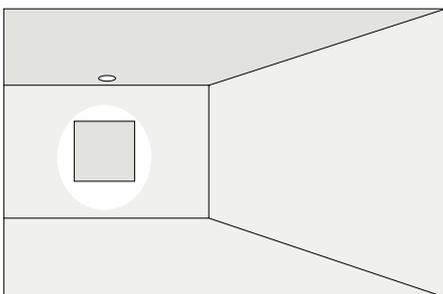
En una pared no estructurada las curvas luminosas se convierten en figuras dominantes; en una pared estructurada, en cambio, estas curvas de luz se interpretan como fondo y no se perciben.



Conos luminosos que no transcurren en concordancia con la estructura arquitectónica del espacio se perciben como molestas figuras autónomas.

Según su posición, un cono luminoso se percibe como fondo o como figura molesta.

Según su posición, un cono luminoso se percibe como fondo o como figura molesta.



En el ejemplo que se presenta junto a estas líneas este proceso se hace especialmente evidente. La carta doblada generalmente se percibe como si se viera desde el exterior (bordes hacia delante); en este caso aparece como blanca uniforme, pero iluminada por un solo lado. Pero si la carta se percibe como si se viera desde el interior (bordes hacia atrás), entonces aparece como iluminada uniformemente, pero teñida de negro en una mitad. La figura de la luminancia de la imagen retiniana, por tanto, tiene una interpretación diferenciada; en un caso se atribuye a un característico teñido blanco y negro del objeto percibido, en otro caso no aparece la diferente luminancia en la percepción de la tarjeta blanca aparentemente uniforme, se registra como característica de la situación luminosa.

Es decir, se trata de una propiedad característica de la percepción mostrar su preferencia por las interpretaciones sencillas y comprensibles. Los recorridos de luminancia, o se proyectan aquí principalmente por la imagen percibida o, de lo contrario, se destacan especialmente, dependiendo de si son interpretados como propiedad característica del objeto o como cualidad del entorno, en este caso la iluminación.

A la hora de la planificación de la iluminación se deberían tener en cuenta estos mecanismos. La primera consecuencia es que la impresión de una luminosidad uniforme no depende de una iluminación completamente simétrica, sino que puede alcanzarse mediante un recorrido uniforme de gradientes de luminancia.

Por otro lado, la distribución de luminancias irregulares puede conducir a situaciones confusas y poco claras de la iluminación. Esto ocurre por ejemplo si se reproducen sobre paredes conos luminosos irregulares y sin referencia hacia la arquitectura. En este caso se guía la atención del observador a un ejemplo de luminancia que ni se puede explicar por las propiedades de la pared, ni proporciona un sentido como peculiaridad de la iluminación. Los recorridos de luminancias, por lo tanto, y en especial si son irregulares, siempre deben ser interpretables a través de una referencia hacia la arquitectura del entorno.

Similar a como ocurre en la percepción de luminosidades, ésta también depende de los colores del entorno y del tipo de iluminación.

La conveniencia de interpretación de impresiones cromáticas resulta aquí sobre todo de la repercusión del continuo cambio de los colores de luz del entorno.

De este modo, se percibe constantemente un color tanto bajo la luz azulada del cielo cubierto, como bajo la luz solar directa más cálida: fotografías en color hechas bajo las mismas condiciones muestran claramente en cambio los esperados matices de color de cada tipo de iluminación.

La percepción, por tanto, está en condiciones para adaptarse correspondientemente a las propiedades cromáticas de la iluminación y garantizar de este modo, bajo condiciones cambiantes, una percepción constante de los colores. Pero esto sólo es válido si todo el entorno está iluminado con el mismo color de luz y el alumbrado no cambia tan rápidamente. Si se pueden comparar directamente diferentes situaciones de iluminación, se percibe el contraste de un color de luz discrepante. Esto ocurre cuando el observador se mueve entre espacios con diferente iluminación, pero sobre todo si en un solo espacio se aplican distintas lámparas o si en un espacio con acristalamiento de color se da la posibilidad de efectuar una comparación con la iluminación del exterior. La iluminación de un espacio con diferentes colores de luz, no obstante, puede ser oportuna si el cambio del color de luz se puede interpretar mediante una clara referencia hacia el entorno correspondiente.

#### 2.1.2.2 Leyes gestálticas

Tema de este capítulo hasta ahora ha sido sobre todo la cuestión de cómo se pueden percibir de modo constante las propiedades de los objetos —tamaño, forma, reflectancia y color— a pesar de las cambiantes imágenes retinianas. La cuestión de cómo se produce la percepción de los propios objetos ha sido excluida.

No obstante, antes de poder asignar a un objeto las propiedades, primero hay que reconocerlo, es decir, distinguirlo de su entorno. Esta identificación de un objeto, en la abundancia de los continuamente cambiantes estímulos de la retina, no es menos problemática que la percepción de su propia cualidad. Por lo tanto, surge la cuestión de cuáles son los mecanismos que regulan la percepción de objetos, o dicho de otro modo, cómo define el proceso de percepción las estructuras sobre las cuales pone su punto de mira y cómo lo distingue de su entorno. Un ejemplo nos ayudará a aclarar este proceso. En el dibujo que ilustra esta página se ve en la mayoría de los casos espontáneamente un florero blanco ante un fondo gris. Pero si se observa con atención se puede comprobar que también puede representar dos caras grises frente a frente sobre un fondo blanco. Una vez se hayan reconocido las caras ocultas, se pueden percibir alternativamente tanto las caras como el florero, pero sólo muy difícilmente las caras y el florero simultáneamente.

Es decir, en ambos casos se percibe una figura —por un lado el florero, por el otro las dos caras— que en cada caso se encuentra sobre un fondo del color contrario. Lo completo que resulta la separación del semblante y entorno, de figura y fondo, se muestra si se mueve mental-

mente la figura vista —en esto no se mueve el fondo. En nuestra imaginación, por tanto, forma el fondo una superficie, que se encuentra debajo de la figura y al mismo tiempo llena uniformemente todo el dibujo. Aparte de su color y su función como entorno no se atribuye otras propiedades al fondo, no se trata de otro objeto autónomo y no es afectado por modificaciones de la figura. Esta impresión no es influenciada por el conocimiento de que el «fondo» de nuestro ejemplo en realidad es otra figura: el mecanismo de percepción es más fuerte que la reflexión consciente.

En este ejemplo se muestra que los modelos complejos y contradictorios de la imagen retiniana son ordenados en el proceso de percepción para llegar a una interpretación más sencilla y evidente. Dentro de la imagen, al mismo tiempo, una parte de estas muestras se resume en la figura declarada como objeto de interés, mientras que el resto de la muestra se ve como fondo y de este modo es ampliamente ignorado en cuanto a sus propiedades.

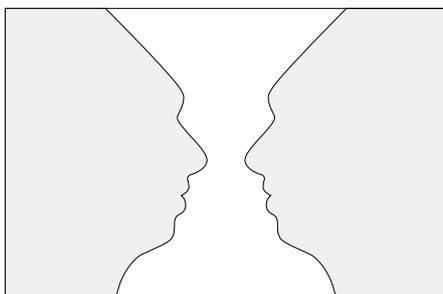
El hecho de que en ambas interpretaciones primero se perciba preferentemente el florero muestra, además, que el proceso interpretativo está sujeto a determinadas reglas; es decir, que se dejan formular leyes según las cuales se resumen determinadas disposiciones en figuras, en objetos de percepción.

Por encima de su valor para la descripción del proceso perceptivo, estas reglas también son de un interés práctico para el luminotécnico. Cada instalación de iluminación se compone de una disposición de luminarias, sea en el techo, sea en las paredes o en el espacio. Esta disposición, por el contrario, no se percibe directamente, sino que se organiza según las reglas de la percepción de formas en figuras. La arquitectura del entorno y los efectos luminosos de las luminarias proporcionan otras imágenes que se incluyen en la percepción.

En este caso puede ocurrir que estas estructuras se reorganicen visualmente de tal modo que en vez de las figuras pretendidas se perciban formas no previstas. Otro efecto no deseado puede ser que, como por ejemplo en el dibujo del tablero de ajedrez, figura y fondo no se puedan determinar con claridad, de modo que se crea una imagen inquieta y continuamente cambiante. Por eso a la hora de proyectar la disposición de las luminarias se deberían tener en cuenta también las leyes de configuración.

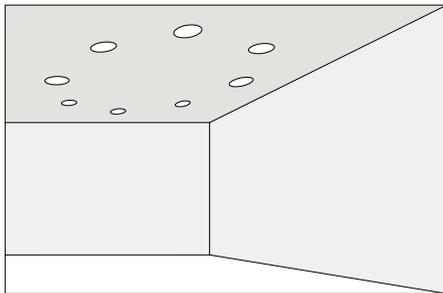
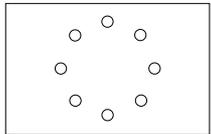
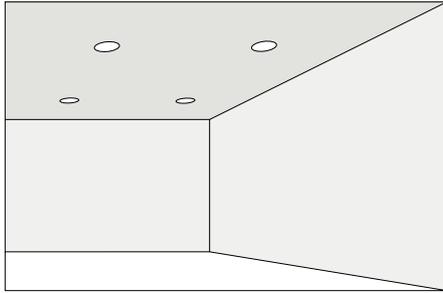
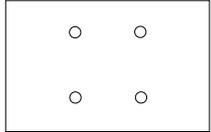
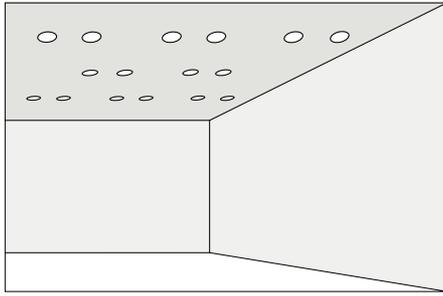
Un primer y esencial principio de la percepción de formas es la tendencia a interpretar *formas acabadas* como figura.

Por eso, las configuraciones acabadas no deben disponer necesariamente de un contorno continuado. Elementos dispuestos muy cerca el uno del otro se resumen por otra ley de configuración, la *ley de la proximidad*, y forman una sola figura. Este



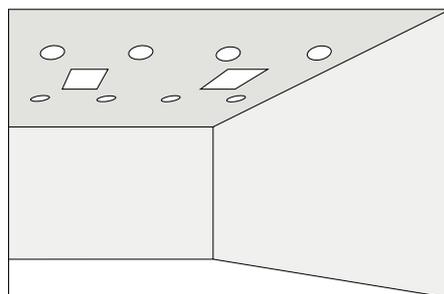
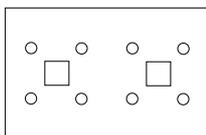
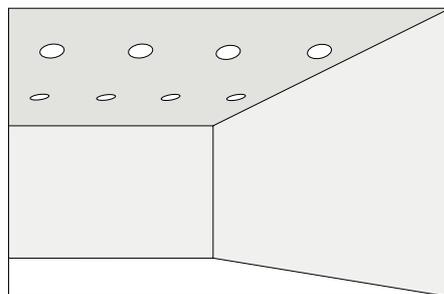
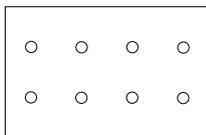
Según cómo se mire, se reconoce en el dibujo un florero o dos caras situadas frente a frente.

Ley de configuración de la proximidad. Las luminarias se agrupan en parejas.



Ley de configuración de la proximidad. Cuatro puntos se agrupan en un cuadrado, a partir de ocho puntos se forma un círculo.

La disposición de los Downlights se agrupa según la ley de la buena configuración en dos líneas. En cambio, por la adición de dos luminarias de retícula esta disposición se convierte en dos grupos de cinco, según la ley de configuración de la simetría.



es el caso del ejemplo adjunto: primero se percibe un círculo y luego una disposición circular de puntos. La organización de los puntos es tan fuerte que las líneas de unión pensadas entre los distintos puntos no transcurren en línea recta, sino sobre la línea circular; no se forma ningún cuadrado, sino un círculo perfecto.

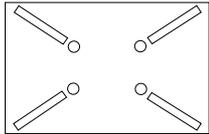
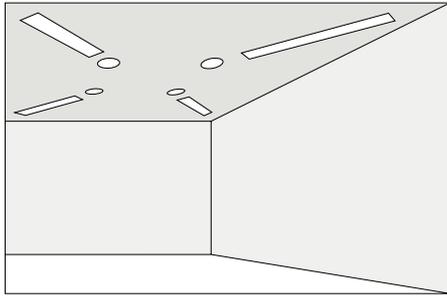
Paralelamente al efecto de la proximidad, existe otro mecanismo mediante el cual se pueden percibir como figura las formas acabadas incompletas. Una forma acabada se encuentra siempre por el *lado interior* de la línea que la limita; el efecto de la línea que da la forma, por tanto, sólo se produce en una dirección. Este lado interior es casi siempre idéntico al lado cóncavo, que abarca una limitación. Esto provoca que también aparezca un efecto de formas con curvas abiertas o ángulos que hacen visible una figura por el lado interior de la línea, es decir, parcialmente acabada. Si de este modo se da una interpretación plausible de la muestra de partida, el efecto del lado interior puede ser muy fuerte.

A menudo las muestras no tienen formas que según las leyes de unidad, de la proximidad o del lado interior se puedan organizar en figuras. Pero incluso en estos casos existen leyes de configuración que permiten la aparición preferente como figura de determinadas disposiciones. En este caso se transforma la disposición sencilla, lógica en el criterio de percibir una forma como figura, mientras las estructuras más complejas de la misma muestra desaparecen para la percepción en el fondo aparentemente continuo. Una posibilidad para la disposición lógica antes descrita es la *simetría*.

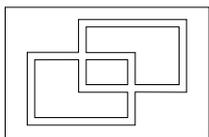
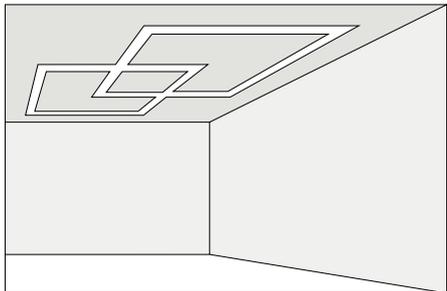
Un efecto similar sale de las formas paralelas, de la *anchura regular*. Aquí se dispone desde luego de una simetría severa, pero también se puede reconocer un principio de organización igual de claro, que conduce a una percepción preferenciada como figura. Si en una muestra no existe simetría o anchura regular, es un *estilo uniforme* para convertir una forma en figura.

Además de la capacidad de separar las formas de su entorno, es decir, distinguir figura y fondo, también se aclara en la percepción la relación entre sí de las figuras, sea en un resumen de formas individuales en una figura grande, sea en un resumen de varias formas en un grupo. También en este caso se sustenta nuevamente el principio fundamental, que ya se destacaba en la distinción de figura y fondo: la percepción preferenciada de figuras sencillas, ordenadas.

Una ley de configuración fundamental es aquí percibir líneas preferentemente como *curvas continuas* o rectas uniformes, o sea, evitando acodamientos y ramificaciones. La tendencia a percibir líneas continuas es tan fuerte que puede tener influencia en toda la interpretación de una imagen.



Ley de configuración de la continuidad. La disposición se interpreta como cruce de dos líneas.



Ley de la buena configuración. La disposición se interpreta como dos rectángulos superpuestos.

En el área de las formas de superficie, la ley de la continuidad corresponde a la ley de la *buena configuración*. Las formas se organizan de tal modo que en lo posible proporcionan figuras sencillas, ordenadas.

Al agrupar varias formas individuales, surgen, en efecto, parecidas leyes de configuración como en la organización de figura y fondo. Resulta aquí también un principio esencial, la *proximidad* de formas.

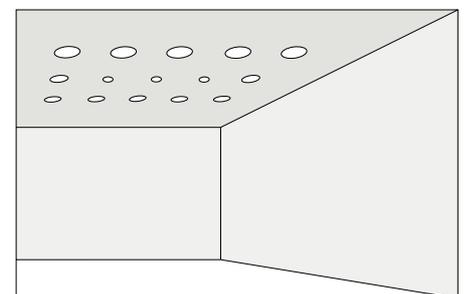
Otro criterio de la formación de grupos es de nuevo la *simetría*. Sobre todo en disposiciones simétricas alrededor de un eje vertical, en cada caso se agrupan las formas repetidas en parejas. Este efecto puede ser tan fuerte que la agrupación de formas vecinas, según la ley de la proximidad, no tenga lugar.

Además de la disposición espacial, para la unión en grupos también es responsable la composición de las propias formas. Así, las formas aquí presentadas como ejemplos no se organizan según su proximidad o una posible simetría de ejes, sino que se han unido en grupos de formas iguales. Este principio de la *homogeneidad* también resulta efectivo cuando las formas de un grupo no son idénticas, sino sólo parecidas.

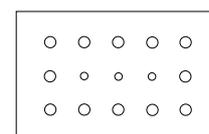
La última ley de configuración en la formación de grupos representa un caso especial en cuanto a que también aporta el elemento de movimiento. En la ley del *destino conjunto* no se trata del parecido de la estructura, sino de una transformación conjunta, sobre todo de la situación espacial, que une las formas en grupos. Esto se muestra muy gráficamente cuando algunas formas de un grupo hasta allí bien ordenadas se mueven conjuntamente, porque, al contrario al resto de las formas, están dibujadas en un folio superpuesto. En este caso el movimiento

conjunto de un grupo frente a la inmovilidad de las restantes formas conlleva una homogeneidad tan probable que la imagen inicial se reinterpreta espontáneamente.

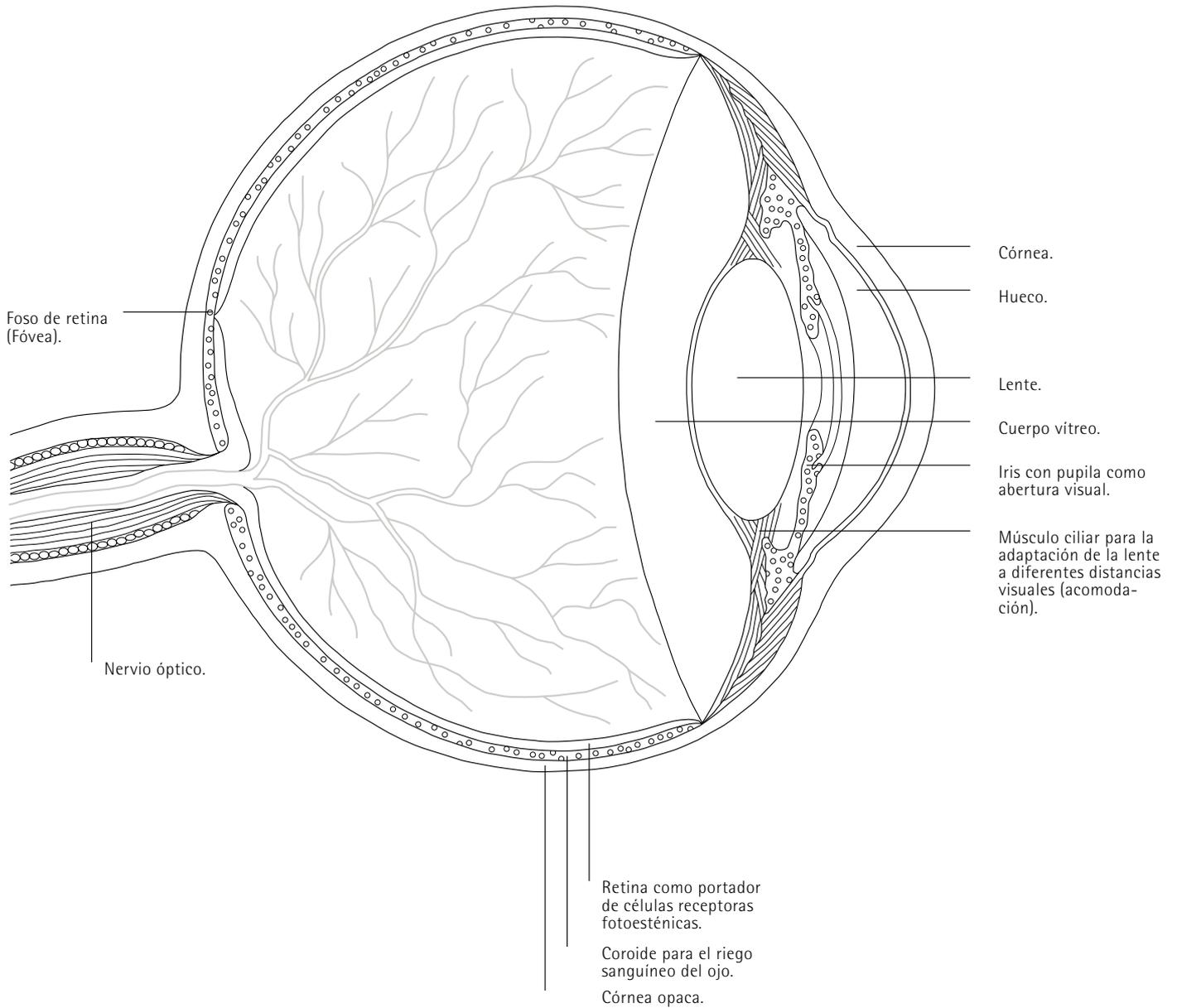
Estas leyes de configuración parecen a primera vista muy abstractas y sin significado para la planificación de iluminación. No obstante, desempeñan un papel significativo en cuanto a la evolución de las disposiciones de luminarias: una disposición planificada de luminarias puede desviarse en su eficiencia real completamente de su proyecto si su concepto ignora los mecanismos de la percepción.



Ley de configuración de homogeneidad. Luminarias homogéneas se coordinan en grupos.



Sección del ojo. Presentación esquemática de las partes significativas para la fisiología de la percepción.



### 2.1.3 Fisiología del ojo

Punto de partida en este capítulo es la reflexión según la cual para la descripción de la percepción visual del hombre no es suficiente con representar el ojo como sistema óptico. El resultado en sí de la percepción no se encuentra en la imagen del entorno sobre la retina, sino en la interpretación de esta imagen; en la diferenciación entre objetos con propiedades constantes y la variabilidad de su entorno. A pesar de esta preferencia en la transformación antes de la imagen, no se debe ignorar el ojo y sus cualidades; además de la psicología, por naturaleza también la fisiología del ojo resulta ser un factor esencial de la percepción.

El ojo es, ante todo, un sistema óptico para la reproducción de objetos sobre la retina. Más interesante que este sistema óptico, que ya se ha descrito en la comparación entre ojo y cámara, es la superficie sobre la cual se desarrolla la imagen: la retina. En esta capa se produce la conversión de luminancias en estímulos nerviosos; la retina, por tanto, debe poseer receptores sensibles a la luz para posibilitar la elevada resolución de la imagen visual.

Observándolo con más atención se muestra que estos receptores no están dispuestos simétricamente; la retina tiene una estructura complicada. En primer lugar, hay que nombrar la existencia de dos tipos de receptores diferentes, los conos y los bastoncillos. Tampoco la distribución espacial es uniforme. Sólo en un punto, el llamado «punto ciego», no hay receptores, debido a que allí desemboca el nervio óptico a la retina. Por otro lado, existe también una zona con una densidad receptora muy elevada, un área denominada fóvea, que se encuentra en el foco de la lente. En esta zona central se encuentra una cantidad extremadamente elevada de conos, mientras que la densidad de conos hacia la periferia disminuye considerablemente. Allí, en cambio, se encuentran los bastoncillos, inexistentes en la fóvea.

La razón para esta disposición de diferentes tipos de receptores se encuentra en la existencia de dos sistemas visuales en el ojo. El histórico—evolutivamente más antiguo de estos sistemas está formado por los bastoncillos. Sus propiedades especiales consisten en una sensibilidad luminosa muy elevada y una gran capacidad perceptiva para los movimientos por todo el campo visual. Por otro lado, mediante los bastoncillos no es posible ver en color; la precisión de la vista es baja, y no se pueden fijar objetos, es decir, observarlos en el centro del campo visual más detenidamente.

Debido a la gran sensibilidad a la luz, el sistema de bastoncillos se activa para ver de noche por debajo de aproximadamente 1 lux; las singularidades de ver de noche—sobre todo la desaparición de colores, la baja precisión visual y la mejor

visibilidad de objetos poco luminosos en la periferia del campo visual— se explican por las propiedades del sistema de bastoncillos.

El segundo tipo de receptor, los conos, forma un sistema con diferentes propiedades que determina la visión con mayores intensidades luminosas, es decir, durante el día o con iluminación artificial. El sistema de conos dispone de una sensibilidad luminosa baja y está sobre todo concentrado en el área central alrededor de la fóvea. Pero posibilita ver colores, teniendo también una gran precisión visual al observar objetos, que son fijados, es decir, su imagen cae en la fóvea.

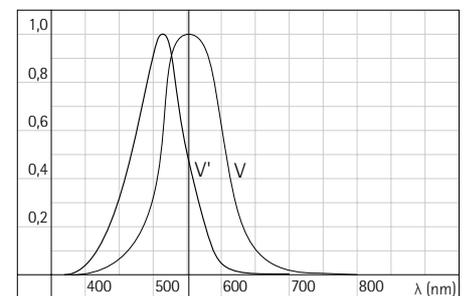
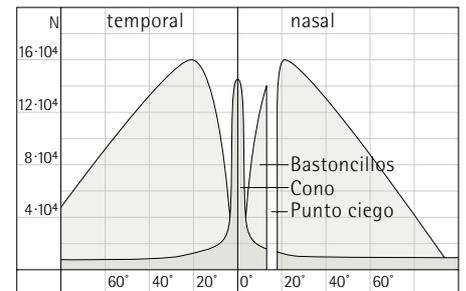
Contrariamente a como se ve con bastoncillos, no se percibe todo el campo visual de modo uniforme; el punto esencial de la percepción se encuentra en su centro. No obstante, la periferia del campo visual no está totalmente exenta de influencia; si allí se perciben fenómenos interesantes, la mirada se dirige automáticamente hacia ese punto, que luego se retrata y percibe con más exactitud en la fóvea. Un motivo esencial para este desplazamiento de la dirección visual es, además de movimientos que se presentan y colores o motivos llamativos, la existencia de elevadas luminancias, es decir, la mirada y la atención del hombre se dejan dirigir por la luz.

Una de las facultades más notables del ojo es su capacidad de adaptarse a diferentes situaciones de iluminación; percibimos nuestro entorno tanto bajo la luz de la luna como bajo la del sol, con diferencias de iluminancia del orden de  $10^5$ . Esta facultad del ojo se extiende incluso sobre un campo aún mayor: una estrella en el cielo nocturno, muy poco luminosa, se puede percibir, aunque en el ojo sólo alcanza una iluminancia de  $10^{-12}$  lux.

Esta capacidad de adaptación se origina sólo por una parte muy pequeña mediante la pupila, que regula la incidencia de la luz aproximadamente a una escala de 1:16; la mayor parte de la capacidad de adaptación la aporta la retina. Aquí se cubren por el sistema de bastoncillos y conos campos de distinta intensidad luminosa; el sistema de bastoncillos es efectivo en el campo de la visión nocturna (visión escotópica), los conos posibilitan la visión diurna (visión fotópica), mientras que en el período de transición de la visión crepuscular (visión mesópica) ambos sistemas receptores están activados. Aunque la visión es posible sobre un campo muy grande de luminancias, existen, para la percepción de contrastes en cada una de las distintas situaciones de iluminación, claramente limitaciones más estrechas.

La razón estriba en que el ojo no puede cubrir de una vez todo el campo de luminancias visibles, sino que en cada caso se tiene que adaptar a una determinada parte parcial más estrecha, donde entonces se hace posible una percepción

Cantidad N de conos y bastoncillos sobre el fondo ocular en función del ángulo visual.



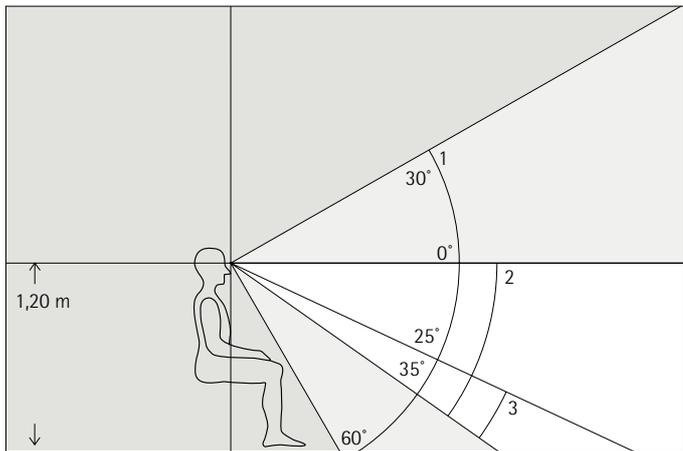
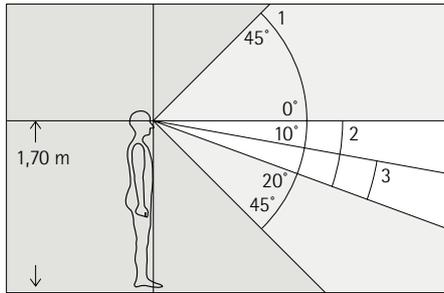
Sensibilidad relativa a la luz de conos V y bastoncillos V' en función de la longitud de onda  $\lambda$ .

## 2.1 Percepción

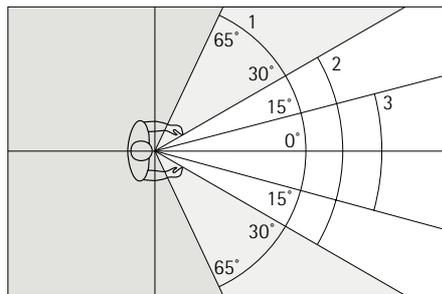
### 2.1.4 Objetos de percepción

diferenciada. Objetos que para un estado determinado de adaptación disponen de una luminancia demasiado elevada deslumbran, o sea, tienen un efecto indiferenciadamente claro; objetos con luminancias demasiado bajas, en cambio, tienen un efecto indiferenciadamente oscuro.

El ojo, sin duda, puede adaptarse a nuevos contrastes; para ello sólo elige un nuevo campo parcial igualmente limitado. Este proceso de adaptación necesita —adicionalmente tiempo; la nueva adaptación a situaciones más luminosas se desarrolla relativamente rápido, mientras que la adaptación a la oscuridad puede necesitar más tiempo. Ejemplos evidentes son las sensaciones de deslumbramiento que se producen con el cambio al salir de una sala oscura (por ejemplo, de un cine) a la luz del día o la ceguera transitoria al entrar en un espacio con una mínima iluminación, respectivamente. Tanto el hecho de que los contrastes de luminancia sólo pueden ser conformados por el ojo en un cierto volumen, como el hecho de que la adaptación a un nuevo nivel luminoso necesita tiempo tienen consecuencias sobre la planificación de iluminación; así, por ejemplo, en la planificación consciente de la escala de luminancias en un espacio o en la adaptación de niveles luminosos en áreas vecinas.



Espacio visual (1), espacio visual preferente (2) y campo de visión óptimo (3) de un hombre de pie (arriba) y un hombre sentado (centro y derecha) con tareas visuales verticales.



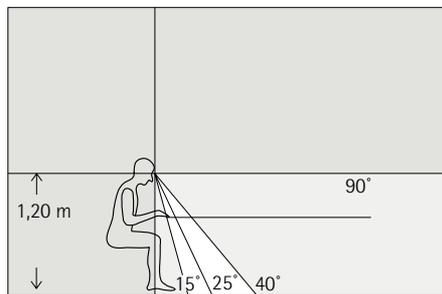
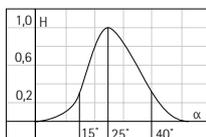
### 2.1.4 Objetos de percepción

Al describir los mecanismos del proceso de percepción y sus condiciones fisiológicas se mencionó sólo al margen un tercer campo: los contenidos de la percepción. Lo que se ha visto hasta ahora han sido «objetos» y «formas» de modo general o ejemplos escogidos mediante los cuales se hacía evidente un determinado mecanismo. Pero la percepción no percibe indistintamente cada objeto en el campo visual; la sola preferencia por el campo foveal, la fijación de pequeños, cambiantes detalles, demuestra que el proceso de percepción escoge a propósito determinados campos. Esta elección es inevitable, debido a que el cerebro no es capaz de transformar toda la información visual del campo de vista; no obstante, también resulta oportuno, porque no cada información que se puede recoger del entorno es de interés para aquel que lo percibe.

Cada intento de describir con sentido la percepción visual también debe ocuparse con los criterios según los cuales se realiza la elección de lo percibido. Un primer campo, donde se perciben a propósito las informaciones, resulta de la correspondiente actividad del perceptor. Esta actividad puede ser un determinado trabajo, el movimiento o cualquier otra función que se necesita para las informaciones visuales.

Las informaciones recibidas se diferencian según el tipo de actividad; un

Frecuencia H del ángulo visual con tareas visuales horizontales. Campo visual preferente entre 15° y 40°, ángulo visual preferente 25°.

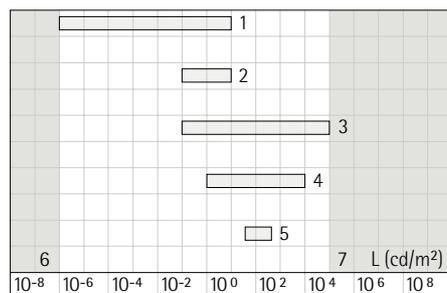


Campo visual preferenciado con tareas visuales horizontales. Ángulo visual preferente 25°.

Iluminancias típicas E y luminancias L con luz diurna e iluminación artificial.

	E (lux)
Luz solar	100000
Cielo cubierto	10000
Iluminación puesto trabajo	1000
Iluminación zona circulación	100
Alumbrado calles	10
Luz lunar	1

	L (cd/m <sup>2</sup> )
Sol	1000000000
Lámpara incandescente (mate)	100000
Lámpara fluorescente	10000
Nube con sol	10000
Cielo azul	5000
Techos luminosos	500
Luminarias rejilla alto brillo	100
Valores preferidos espacios interiores	50-500
Papel blanco con 500 lx	100
Pantalla (negativo)	10-50
Papel blanco con 5 lx	1



Zonas de luminancias L de la visión fotópica (1), visión mesópica (2) y visión escotópica (3). Luminancias (4) y luminancias en espacios interiores (5). Límite visual absoluto (6) y perceptibilidad del deslumbramiento absoluto (7).

conductor de coches tiene otras tareas visuales que un peatón; un mecánico de precisión emplea otras informaciones que un trabajador de almacén. Característica de una tarea visual puede ser, por ejemplo, el tamaño o la situación espacial; da lo mismo si la tarea visual se mueve o no, si se deben registrar pequeños detalles o pocos contrastes, si colores o estructuras de superficie son sus propiedades esenciales.

En cambio, estas características típicas permiten desarrollar condiciones de iluminación, bajo las cuales se puede percibir óptimamente la tarea visual; se pueden definir procedimientos de iluminación que optimizan la realización de determinadas actividades. Sobre todo en los campos laboral y de tráfico se han realizado comprobaciones para numerosas actividades y las de allí derivadas óptimas condiciones de percepción; éstas forman el fundamento de las normas y recomendaciones para la iluminación en lugares de trabajo y pasos de circulación.

Además de la necesidad específica de formación que resulta de una determinada actividad, existe otra necesidad fundamental de información visual. Esta necesidad informativa es independiente de determinadas situaciones, resulta de la necesidad biológica del hombre de informarse sobre el entorno. En tanto que a través de la creación de óptimas condiciones de percepción para determinadas actividades se posibilita sobre todo un modo efectivo de trabajar, la situación subjetiva en un entorno visual de la satisfacción depende de la necesidad informativa biológicamente condicionada.

Una gran parte de la información que se precisa resulta de la necesidad de seguridad del hombre. Para poder evaluar posibles peligros, es imprescindible comprender un entorno por su estructura. Esto se refiere tanto a la orientación —el conocimiento sobre la propia situación, los caminos y las posibles metas— como al conocimiento sobre las propiedades del entorno. Estos conocimientos o la ausencia de estas informaciones determinan nuestro bienestar y comportamiento. Causan la atención inquieta y tensa en situaciones desconocidas o peligrosas, pero también proporcionan la tranquilidad y la relajación en un ambiente conocido y seguro.

Luego se necesitan más informaciones sobre el medio ambiente para poder adaptar el comportamiento a cada situación. Esto incluye el conocimiento sobre el tiempo y la hora del día, así como el saber sobre acontecimientos en los alrededores. De no disponer de estas informaciones, por ejemplo en grandes edificios sin ventanas, se experimenta a menudo la situación como algo poco natural y opresivo.

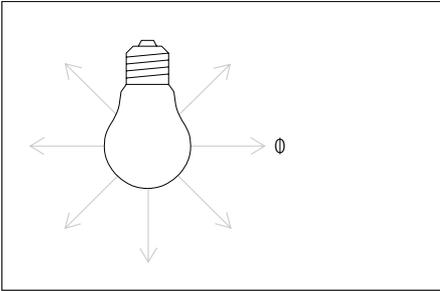
Un tercer campo surge de las necesidades sociales del hombre. En este estado se deben equilibrar las exigencias que se

contradicen mutuamente, después del contacto con otros hombres y un campo privado limitado. Tanto por las actividades que se deben realizar en un entorno, como por las fundamentales necesidades biológicas, se forman puntos esenciales para el registro de informaciones visuales. Campos que prometen una información significativa —sea por sí solos, sea por la acentuación con ayuda de la luz— son percibidos con preferencia; llaman la atención sobre sí. El contenido informativo de un objeto en primer lugar es responsable de su elección como tema de percepción. Pero más allá de esta circunstancia el contenido informativo también influye sobre el modo en que un objeto es percibido y evaluado.

Esto se muestra especialmente evidente en el fenómeno del deslumbramiento. Una ventana de cristal opalino produce deslumbramiento con una iluminación exterior suficientemente fuerte; un hecho que se puede explicar fisiológicamente por el gran contraste entre la luminancia de la ventana y la luminancia claramente más baja de las paredes circundantes. Con una ventana que da la posibilidad de tener una vista interesante a los alrededores, desde luego el contraste resulta aún mayor, en cambio, el deslumbramiento esperado no tiene lugar. Por lo tanto, no se puede explicar el deslumbramiento exclusivamente de modo fisiológico. Se da con más intensidad cuando una superficie clara, pero exenta de información, atrae la mirada; en cambio, incluso elevados contrastes de luminancia se pueden experimentar como antideslumbrantes si el área percibida puede ofrecer informaciones interesantes. Aquí se hace patente que no es oportuno dar información sobre medidas lumínicas —por ejemplo valores límite para luminancias o iluminancias— fuera de contexto, ya que la percepción real de estas medidas está influenciada por la transformación de las informaciones existentes.

## Medidas y unidades

El flujo luminoso  $\Phi$  es una medida para la potencia de luz de una fuente luminosa.



$$[\Phi] = \text{Lumen (lm)}$$

### 2.2.1 Flujo luminoso

El flujo luminoso describe toda la potencia de luz dada de una fuente luminosa. Fundamentalmente, se podría registrar esta potencia de radiación como energía dada en la unidad *vatio* (W). No obstante, el efecto óptico de una fuente luminosa no se describe acertadamente de este modo, ya que la radiación se registra sin distinción por todo el margen de frecuencias y por ello no se tiene en cuenta la diferente sensibilidad espectral del ojo. Mediante la inclusión de la sensibilidad espectral ocular resulta la medida *lumen* (lm).

Un flujo radiante dado dentro del valor máximo de la sensibilidad espectral ocular (fotópica, 555 nm) de 1 W produce un flujo luminoso de 683 lm. Por el contrario, el mismo flujo radiante en márgenes de frecuencia de menor sensibilidad, produce, según la curva  $-V(\lambda)$ , unos flujos luminosos correspondientemente más pequeños.

### 2.2.2 Eficacia luminosa

La eficacia luminosa describe el grado de acción de un iluminante. Se expresa mediante la relación del flujo luminoso dado en lumen y la potencia empleada en vatios. El máximo valor teóricamente alcanzable con total conversión de la energía en luz visible sería 683 lm/W. Las eficacias luminosas reales varían según el medio de luz, pero siempre quedan muy por debajo de este valor ideal.

### 2.2.3 Cantidad de luz

Se denomina cantidad de luz el producto de tiempo por flujo luminoso dado; la cantidad de luz registra, por tanto, la energía lumínica dada en un espacio de tiempo. Por regla general, esta cantidad de luz se indica en  $\text{klm} \cdot \text{h}$ .

### 2.2.4 Intensidad luminosa

Una fuente luminosa puntual e ideal radia su flujo luminoso de manera uniforme en todas las direcciones del espacio, su intensidad luminosa es en todas direcciones la misma. En la práctica, no obstante, siempre se da una distribución espacial irregular del flujo luminoso, que en parte es condicionada por la disposición de los medios de luz y en parte originada por la conducción consciente de la luz. Por lo tanto, es conveniente indicar una medida para la distribución espacial del flujo lu-

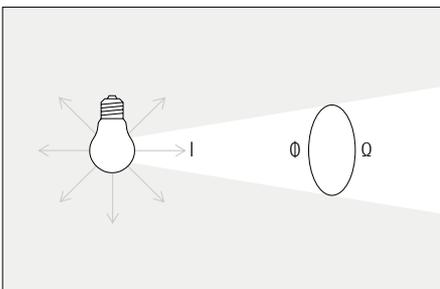
$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

$$[\eta] = \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

$$Q = \Phi \cdot t$$

$$[Q] = \text{lm} \cdot \text{h}$$

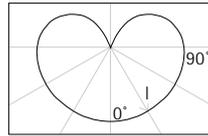
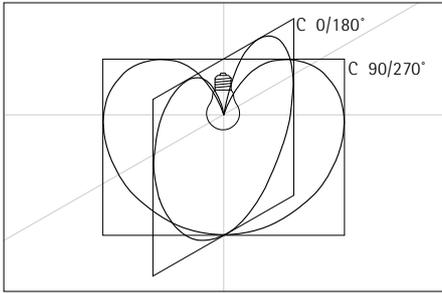
La intensidad luminosa  $I$  es una medida para el flujo luminoso  $\Phi$  dada por ángulo  $\Omega$ .



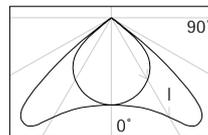
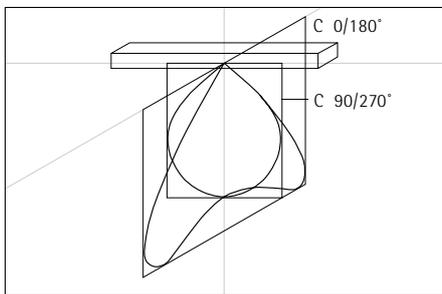
$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

$$[I] = \frac{\text{lm}}{\text{sr}}$$

$$\frac{\text{lm}}{\text{sr}} = \text{Candela (cd)}$$



Superficie de distribución de intensidad luminosa de una fuente de luz con radiación de rotación simétrica. Un corte en el nivel C por esta superficie de distribución de intensidad luminosa produce la curva de distribución de intensidad luminosa.



Superficie y curvas de distribución de intensidad luminosa (nivel C 0/180° y C 90/270°) de una luminaria con radiación simétrica de eje.

minoso, es decir, la intensidad luminosa de la luz.

La candela como unidad de la intensidad luminosa es la única unidad base de la luminotecnica, de la cual se derivan todas las demás medidas luminotécnicas. La candela se definía originalmente por la intensidad luminosa de una vela normalizada, más tarde sirvió como norma el polvo de torio, que con la temperatura solidificaba el platino; desde 1979 se define la candela por una fuente radiante, que radia con una frecuencia de  $540 \cdot 10^{12}$  Hz  $1/683$  W por estereorradián.

La distribución espacial de la intensidad luminosa de una fuente de luz da una superficie de distribución de intensidad luminosa tridimensional como gráfica. La sección por este cuerpo de distribución de intensidad luminosa produce la *curva de distribución de intensidad luminosa*, que describe la distribución de intensidad luminosa en un nivel. La intensidad luminosa se anota con ello normalmente en un sistema de coordenadas polares como función del ángulo de irradiación. Para poder comparar directamente la distribución de la intensidad luminosa de diferentes fuentes de luz, las indicaciones se refieren cada vez a 1000 lm del flujo luminoso. En caso de las luminarias simétricas de rotación, es suficiente con una sola curva de distribución de intensidad luminosa para describir la luminaria; las luminarias simétricas de eje necesitan dos curvas, que normalmente se representan en un solo diagrama. Para luminarias de haz intensivo, por ejemplo proyectores para la escena, no es suficiente la exactitud del diagrama de coordenadas polares, de modo que aquí es más usual una presentación en el sistema de coordenadas cartesianas.

Curva de distribución de intensidad luminosa normalizada en 1000 lm presentada en coordenadas polares y cartesianas. El intervalo angular, dentro del cual disminuye la máxima intensidad luminosa  $I'$  en  $I'/2$ , caracteriza el ángulo de irradiación  $\beta$ . El ángulo de apantallamiento  $\alpha$  es complementario del ángulo límite de apantallamiento  $\gamma_G$  a  $90^\circ$ .

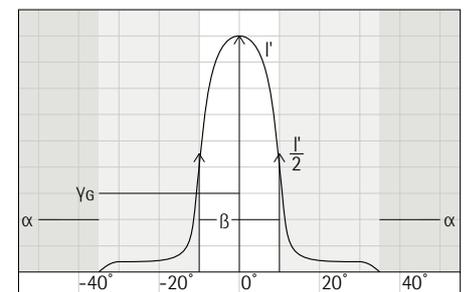
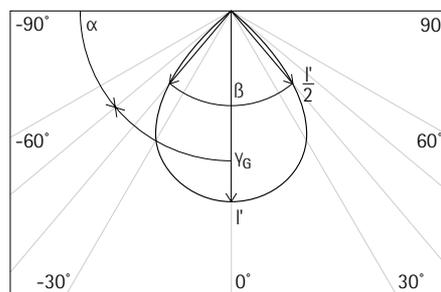
$$I = I' \cdot \Phi$$

$$[I] = \text{cd}$$

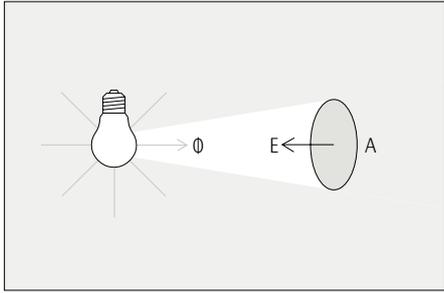
$$[I'] = \text{cd/klm}$$

$$[\Phi] = \text{klm}$$

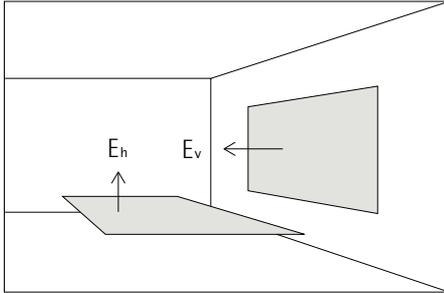
Cálculo de la intensidad a 1000 lm.



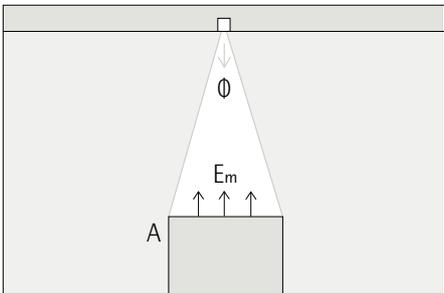
Iluminancia E como medida para el flujo luminoso que incide por unidad de superficie A.



Iluminancia horizontal  $E_h$  e iluminancia vertical  $E_v$  en espacios interiores.

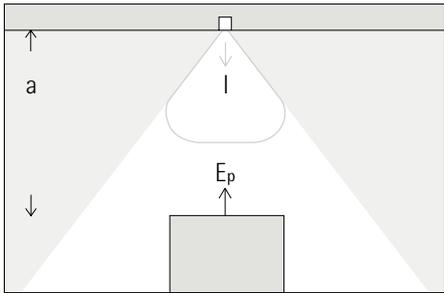


La iluminancia horizontal media  $E_m$  se calcula por el flujo luminoso  $\Phi$ , que cae sobre la superficie observada A.



$$E_m = \frac{\Phi}{A}$$

La iluminancia en un punto  $E_p$  se calcula por la intensidad luminosa I y la distancia a entre la fuente de luz y el punto observado.



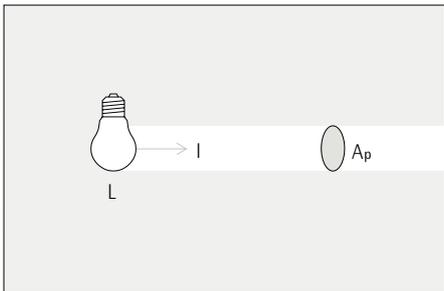
$$E_p = \frac{I}{a^2}$$

$$[E_p] = \text{lux}$$

$$[I] = \text{cd}$$

$$[a] = \text{m}$$

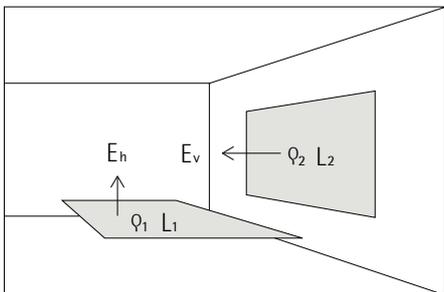
La iluminancia L de una superficie autoluminosa resulta de la proporción entre intensidad luminosa I y su superficie aparente  $A_p$ .



$$L = \frac{I}{A_p}$$

$$[L] = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

La luminancia de una superficie iluminada de reflexión difusa es proporcional a la iluminancia y la reflectancia de la superficie.



$$L_1 = \frac{E_h \cdot \rho_1}{\pi}$$

$$L_2 = \frac{E_v \cdot \rho_2}{\pi}$$

$$[L] = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$

$$[E] = \text{lx}$$

### 2.2.5 Iluminancia

La iluminancia es una medida para la densidad del flujo luminoso. Se ha definido como la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie y el área de la misma. La iluminancia no está sujeta a una superficie real, se puede determinar en cualquier lugar del espacio, y puede derivar de la intensidad luminosa. La iluminancia, además, disminuye con el cuadrado de la distancia desde la fuente de luz (ley fotométrica de distancia).

### 2.2.6 Exposición luminosa

Como exposición luminosa se entiende el producto de la iluminancia y la duración de la exposición luminosa con la que se ilumina una superficie. La exposición luminosa juega sobre todo un papel en el cálculo de la carga luminosa sobre objetos expuestos, por ejemplo en museos.

### 2.2.7 Luminancia

Mientras la iluminancia registra la potencia de luz que cae sobre una superficie, la luminancia describe la luz que procede de esta superficie. Esta luz, sin embargo, puede partir por sí misma de esta extensión (por ejemplo, con una luminancia de lámparas y luminarias). Aquí la luminancia se define como la relación de la intensidad luminosa y la superficie proyectada verticalmente a la dirección de irradiación.

No obstante, la luz también puede ser reflejada o transmitida por la superficie. Para materiales de reflexión difusa (mates) y para los de transmisión difusa (opacos), se puede calcular la luminancia desde la iluminancia y la reflectancia o transmitancia, respectivamente. Con ello, la luminancia constituye la base de la claridad percibida; la sensación real de claridad, no obstante, aún queda bajo la influencia del estado de adaptación del ojo, de las proporciones de contraste del entorno y del contenido de información de la superficie vista.

# Luz y fuentes de luz

La luz, base de todo lo visible, es para el hombre una aparición natural. Claridad, oscuridad y el espectro de colores visibles nos resultan tan familiares que otra percepción en una zona de frecuencia distinta y con sensaciones cromáticas diferentes nos resulta casi inconcebible. Pero en realidad la luz visible sólo es una pequeña parte del espectro bastante más ancho de las ondas electromagnéticas, que alcanzan desde los rayos cósmicos hasta las ondas radioeléctricas.

Que sea precisamente el área desde 380 hasta 780 nm, la «luz visible», la que conforme la base de la visión humana, desde luego no es casualidad. Justo esta área se encuentra relativamente regular como radiación solar a disposición en la Tierra y de este modo puede servir como base fiable de la percepción.

Es decir, el ojo humano aprovecha una de las partes disponibles del espectro de las ondas electromagnéticas para informarse sobre su entorno. Percibe la cantidad y la distribución de la luz, que es irradiada o reflejada por cuerpos, para informarse sobre su existencia o su cualidad, y el color de la luz irradiada para obtener una información adicional sobre estos cuerpos.

El ojo humano se ha adaptado a la única fuente de luz de la que ha dispuesto durante millones de años: el sol. Así, el ojo es lo más sensible en esta área, donde también se encuentra el máximo de la radiación solar, y así también la percepción cromática está sintonizada al espectro continuado de la luz solar.

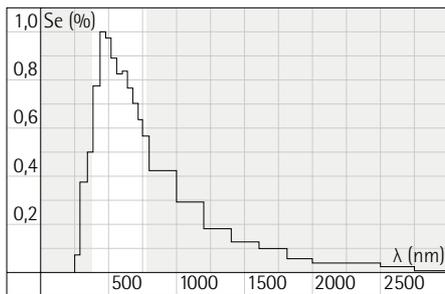
La primera fuente de luz artificial fue la llama luminiscente del fuego, donde partículas incandescentes de carbono producían una luz que, al igual que la

solar, dispone de un espectro continuado. Durante mucho tiempo la técnica de la producción de luz se basó en este principio, que, desde luego empezando por la antorcha y las astillas de pino, pasando por la candela y la lámpara de aceite, hasta la luz de gas, tuvo un aprovechamiento cada vez más efectivo.

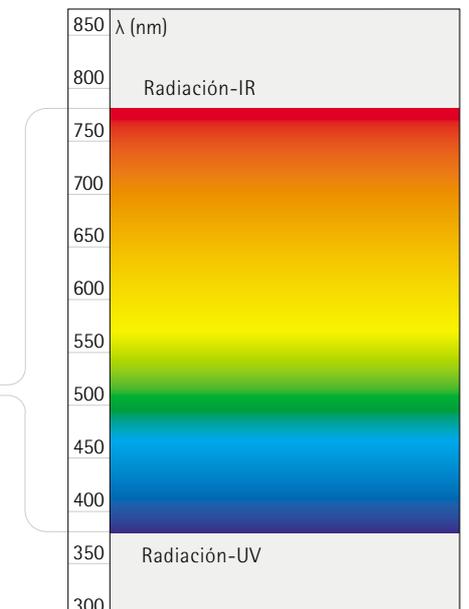
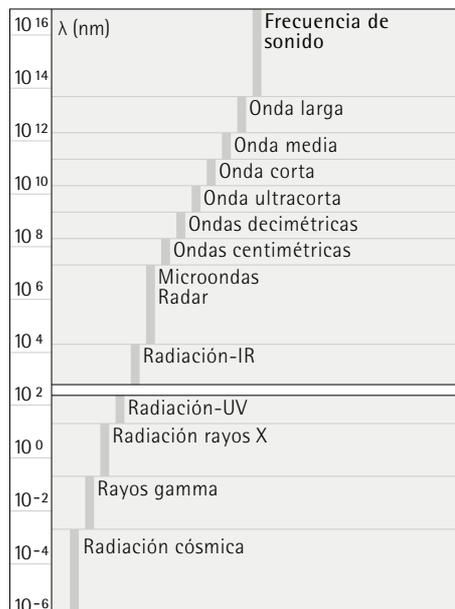
Con la evolución del manguito de incandescencia para el alumbrado de gas en la segunda mitad del siglo XIX se supera el principio de la llama luminiscente; en su lugar se colocaba una materia, mediante cuyo calentamiento se conseguía dar luz. La llama ya sólo servía para producir la temperatura necesaria.

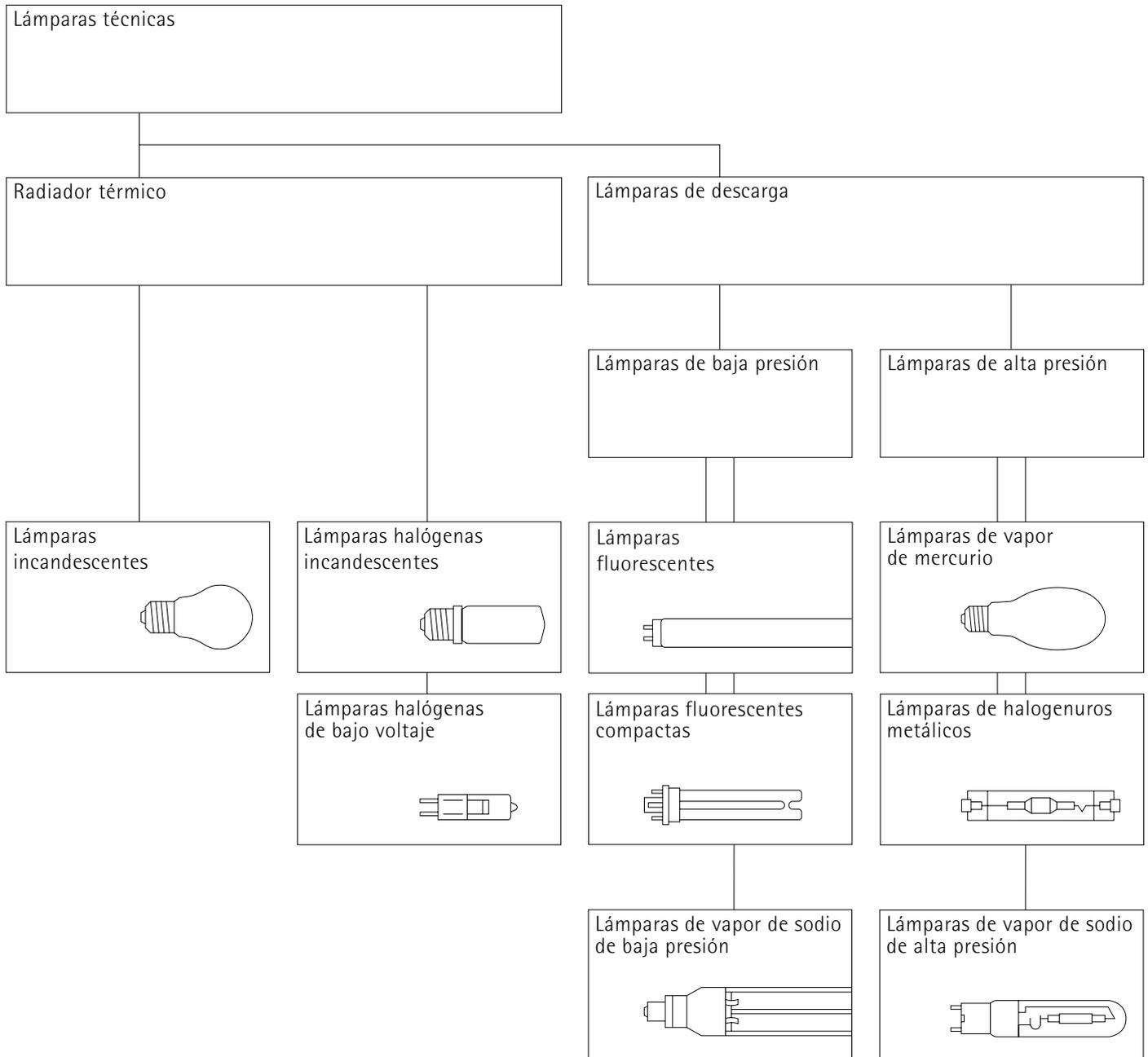
Casi simultáneamente surgió una competencia para la iluminación de mechas para gas de alumbrado con el desarrollo de las lámparas eléctricas de arco y de incandescencia, a las cuales se añadirían las de descarga a fines del siglo XIX.

En los años treinta del siglo XX ya se había sustituido casi por completo la luz de gas por un surtido de alumbrantes eléctricos, sobre cuyos sistemas de funcionamiento se basan todas las fuentes de luz modernas. Las fuentes de luz eléctricas se pueden subdividir en dos grupos principales que se distinguen por diferentes procedimientos para convertir la energía eléctrica en luz. Un primer grupo lo constituyen los radiadores térmicos, que abarcan lámparas incandescentes y halógenas-incandescentes. El segundo grupo lo constituyen las lámparas de descarga y abarca un amplio espectro de fuentes luminosas, por ejemplo, todas las formas de lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de vapor de mercurio o vapor de sodio, así como lámparas de halógenos metálicos.



Distribución espectral relativa  $S_e(\lambda)$  de la radiación global (luz solar y celeste). El campo de radiación visible tiene el fondo claro, comprende desde 380 hasta 780 nm.





Descripción de la clasificación de fuentes luminosas eléctricas según el tipo de producción de luz. En las lámparas técnicas se hace en primer lugar la distinción entre radiadores térmicos y lámparas de descarga; el grupo de lámparas de descarga se subdivide adicionalmente en

lámparas de baja y alta presión. En la evolución temporal de los distintos grupos se muestra claramente la tendencia hacia las fuentes de luz compactas, como lámparas halógenas de bajo voltaje, lámparas fluorescentes compactas o lámparas de halogenuros metálicos.

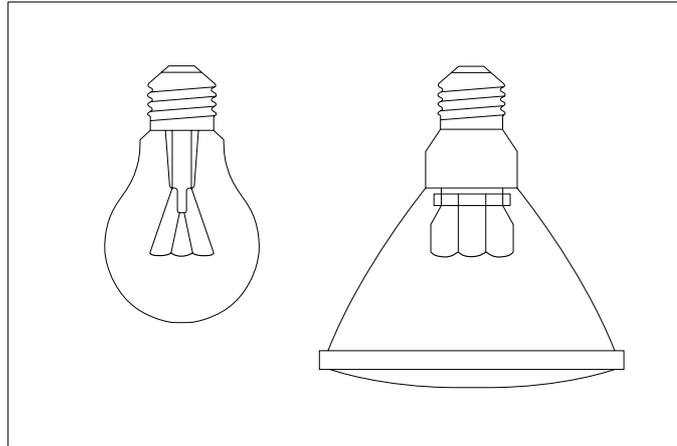
### 2.3.1 Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente es un radiador térmico: un filamento de metal empieza a estar incandescente cuando es calentado suficientemente por corriente eléctrica. Con el aumento de temperatura el espectro de la luz irradiada se desplaza al área de longitudes de onda más cortas: la incandescencia roja del filamento se transforma en la luz color blanco cálido de la lámpara incandescente. La temperatura del filamento importa, en este caso, según tipo de lámpara y potencia, hasta 3000 K; en el caso de las lámparas halógenas incandescentes incluso sobrepasa los 3000 K. El máximo de irradiación con estas temperaturas se encuentra aún en la zona infrarroja, de modo que en comparación a la parte visible, emite una radiación infrarroja muy elevada, pero en contrapartida una radiación-UV muy baja. Otra subida de la temperatura de la lámpara, que originaría el correspondiente aumento del rendimiento luminoso y un color de luz más frío, queda excluida por la ausencia de un material de filamento apropiado.

Como todos los cuerpos sólidos calentados —o el gas altamente comprimido del sol—, la lámpara incandescente irradia un espectro continuado; la curva de estímulos de la distribución de irradiación espectral, por tanto, está cerrada y no se compone de líneas únicas. El calentamiento de los filamentos incandescentes se consigue mediante su elevada resistencia eléctrica; la energía eléctrica se convierte en energía de radiación, una parte de la cual es visible como luz. Pero frente a este sencillo principio aún existen considerables problemas prácticos en la construcción de una lámpara incandescente. Así, son pocos los materiales conductores —que disponen de un punto de fusión suficientemente elevado y al mismo tiempo por debajo del punto de fusión de una velocidad de evaporación tan mínima— que se pueden utilizar para filamentos incandescentes.

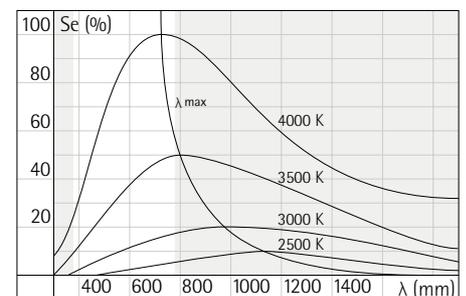
En la práctica, hoy día, para la fabricación de filamentos incandescentes se utiliza casi exclusivamente tungsteno, porque sólo se funde a 3653 K y dispone de una mínima velocidad de evaporación. El tungsteno se transforma en finos alambres, conformándolos en filamentos dobles o sencillos.

El filamento se encuentra en el interior de una ampolla de vidrio blando, relativamente grande, para poder mantener bajas las pérdidas de luz por residuos, que se originan debido a la evaporación del tungsteno (ennegrecimiento). Para evitar la oxidación del filamento, con menor potencia de luz la ampolla está evacuada, mientras que con mayor potencia está rellena de nitrógeno o de una mezcla de nitrógeno y gas noble. El relleno de gas, además, aumenta por su aislamiento térmico la temperatura del filamento, pero al mismo tiempo reduce la evaporación del

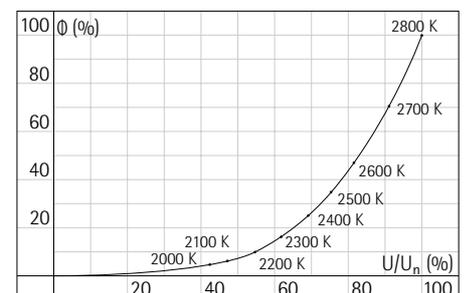


Lámparas incandescentes con filamento de tungsteno en una ampolla de vidrio evacuada o rellena de gas. Lámpara de uso corriente de radiación libre (izda.) y lámpara de vidrio prensado con reflector parabólico incorporado (dcha.)

Distribución espectral  $S_e(\lambda)$  de un radiador térmico con diversas temperaturas de filamento. Con el aumento de la temperatura el máximo de la radiación se desplaza a la zona visible.



Variación de la temperatura de color (K) en función del porcentaje de regulación de una lámpara de incandescencia y flujo luminoso relativo en proporción a la tensión aplicada  $U/U_n$ .



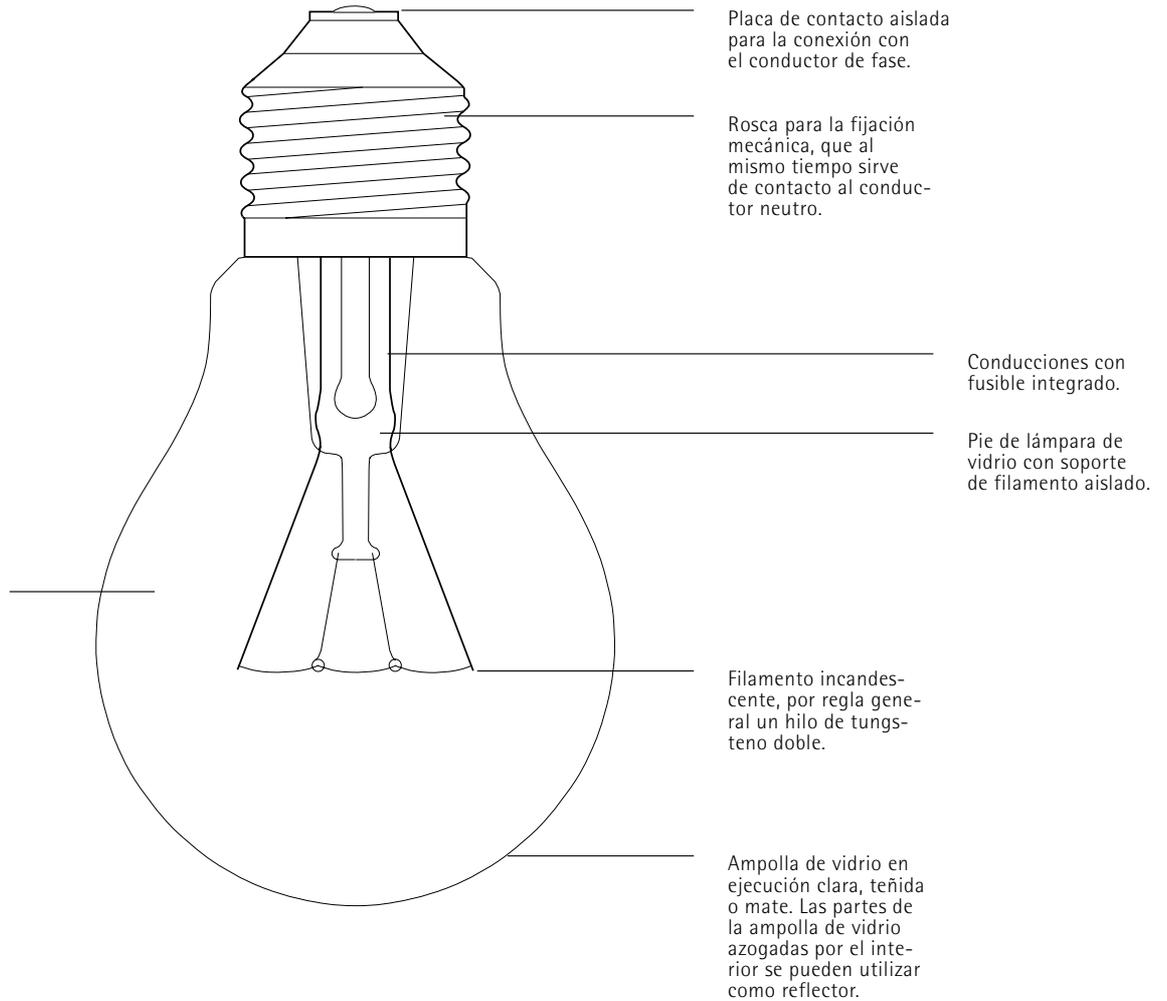
## 2.3 Luz y fuentes de luz

### 2.3.1 Lámparas incandescentes

Lámpara incandescente para uso corriente: el principio de la producción de luz mediante un filamento calentado eléctricamente es conocido desde 1802. Las primeras lámparas incandescentes con aptitudes funcionales fueron

obra de Heinrich Goebel, en 1854, pero la penetración definitiva hacia la fuente de luz más extendida hay que agradecerse a Thomas Alva Edison, quien en 1879 desarrolló la hasta hoy día usual forma de la lámpara incandescente.

El interior de la lámpara puede estar al vacío o lleno de un gas inerte.



tungsteno y posibilita mayores potencias de luz o una duración de vida más prolongada, respectivamente. Como gases nobles sirven sobre todo el argón y el criptón, aunque este último, que sin duda permite una temperatura de servicio más elevada —y con ello la potencia de luz—, sólo se utiliza en lámparas de aplicaciones especiales dado su elevado precio.

Lo que resulta característico para las lámparas incandescentes es su baja temperatura de color: se siente más cálida que la luz diurna. El espectro continuado de la lámpara incandescente produce una excelente reproducción cromática.

Como fuente de luz puntual con elevada luminancia, la luz de las lámparas incandescentes produce brillo sobre materiales resplandecientes y se puede conducir bien con medios ópticos, de modo que se puede dar tanto el enfoque estrecho de luz acentuada como una iluminación de radiación amplia.

Las lámparas incandescentes pueden regularse sin problemas con dimmer. No necesitan aparatos adicionales para su servicio y pueden funcionar en cualquier situación de encendido. Sin embargo, su eficacia luminosa es más baja y su duración de vida relativamente corta, por lo que ésta depende principalmente de la tensión de servicio. No obstante, en la actualidad se desarrollan lámparas incandescentes que, por un procedimiento de vapor dicróico de la ampolla de la lámpara, devuelven la parte infrarroja de luz sobre el filamento, consiguiendo así una temperatura de filamento más elevada y una eficacia luminosa un 40 % más alta.

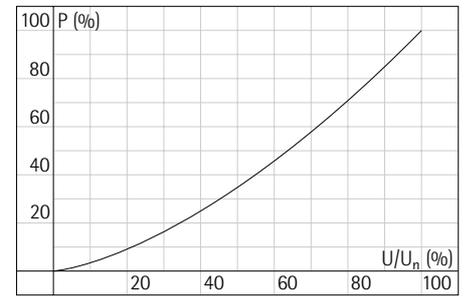
Las lámparas incandescentes A (de uso corriente) se pueden adquirir en muchas formas, sus ampollas pueden ser claras, mates u ópalos. Para la aplicación bajo condiciones especiales (en espacios con peligro de explosión, fuertes cargas mecánicas, etc.) y para el campo decorativo se pueden obtener formas especiales.

Una segunda forma básica la constituyen las lámparas R (reflectoras). También están sopladas con vidrio blando, pero por su forma y una metalización parcial en su interior, orientan la luz, mientras que en el caso de las lámparas-A ésta es irradiada en todas direcciones.

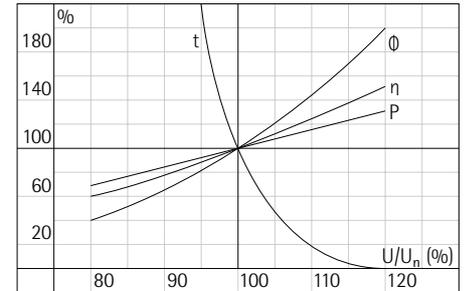
Una tercera forma son las lámparas PAR (reflector parabólico). Están fabricadas en vidrio prensado, para poder alcanzar una gran termoestabilidad y una elevada exactitud de formas; mediante un reflector parabólico se puede lograr un definido ángulo de irradiación.

En un subgrupo de las lámparas PAR, las lámparas de haz frío, se utiliza un selectivo azogamiento dicróico, es decir, reflectante. Reflectores dicróicos reflejan la luz visible, pero dejan pasar una gran parte de la radiación infrarroja, que abandona la lámpara en sentido contrario a la radiación de luz. Así, la carga calorífica sobre objetos iluminados puede reducirse aproximadamente a la mitad.

Potencia relativa P de lámparas incandescentes en funcionamiento con regulación por dimmer.

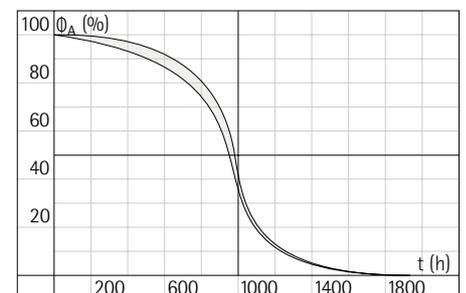
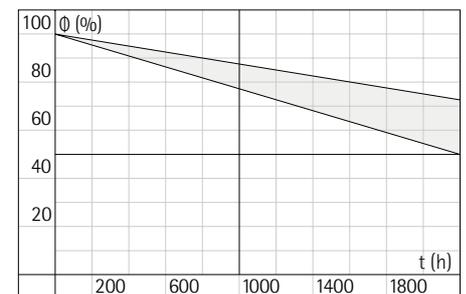
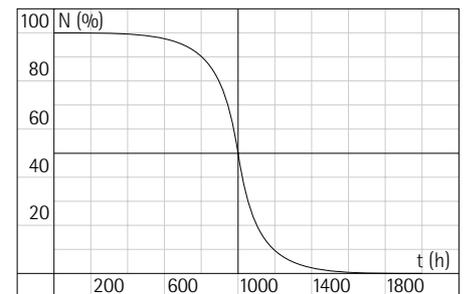


Influencia de sobreten-sión y tensión inferior sobre el flujo luminoso  $\Phi$ , rendimiento lumino-soso  $\eta$ , potencia eléc-trica P y duración de vida t.



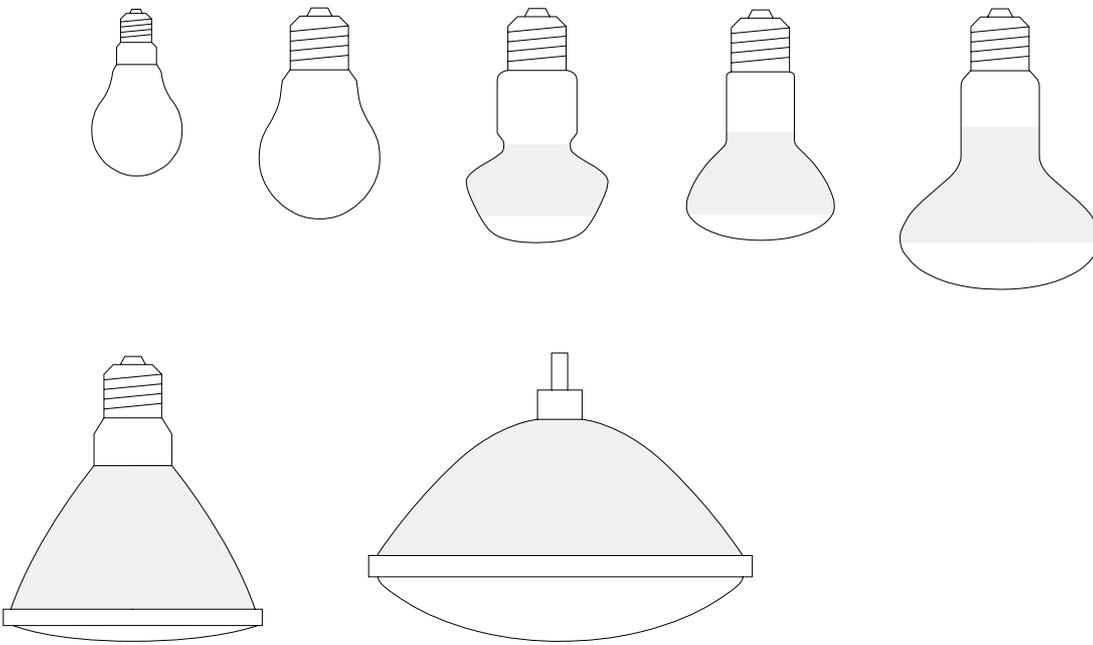
- flujo luminoso  $\frac{\Phi}{\Phi_n} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^{3,8}$
- eficacia luminosa  $\frac{\eta}{\eta_n} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^{2,3}$
- potencia eléctrica  $\frac{P}{P_n} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^{1,5}$
- duración de vida  $\frac{t}{t_n} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^{-1,4}$
- temperatura de color  $\frac{T_f}{T_{fn}} = \left(\frac{U}{U_n}\right)^{0,4}$

Relación exponencial entre la tensión relativa U/U\_n y las medidas eléctricas y luminotécnicas.



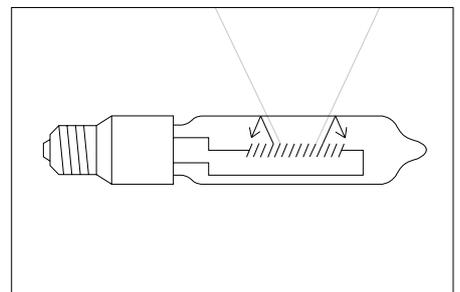
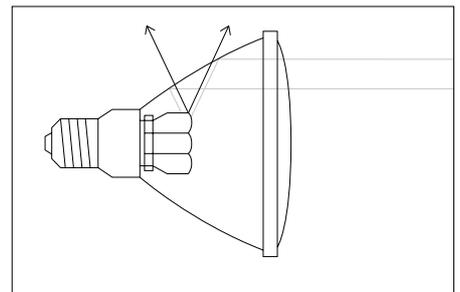
Lámparas N en funcionamiento como función t. Depreciación del flujo luminoso. Flujo luminoso de instalación  $\Phi_A$  como producto de  $N \cdot \Phi$ .

2.3 Luz y fuentes de luz  
2.3.1 Lámparas incandescentes



Imágenes superiores (de izda. a dcha.): lámpara decorativa en forma de gota, lámpara de uso corriente, lámpara reflectora con ampolla de vidrio blando, reflector elipsoide y reflector parabólico. Imágenes inferiores: lámpara reflectora con ampolla de vidrio prensado y reflector parabólico de gran rendimiento, disponible en ejecución (Spot) haz intensivo y haz extensivo (Flood). Debido a la elevada termoestabilidad también aplicable en el exterior (izda.); lámpara reflectora de vidrio prensado de mayor potencia (dcha.).

Lámpara de vidrio prensado con reflector dicroico de haz frío. La luz visible se refleja, la radiación infrarroja se transmite. De este modo se reduce la carga calorífica de objetos iluminados.



Lámpara incandescente con ampolla de vidrio de recubrimiento dicroico (*hot mirror*). En este caso se transmite luz visible; en cambio, la radiación infrarroja se refleja hacia el filamento y, por la subida de temperatura del filamento, proporciona un rendimiento luminoso aumentado.

2.3.1.1 Lámparas halógenas incandescentes

Lo que menos se opone a la construcción de potentes lámparas incandescentes es el punto de fusión del tungsteno (que con 3563 K se encuentra aún relativamente lejos de las aprox. 2800 K de la temperatura de servicio de las lámparas incandescentes), y lo que más, la creciente velocidad de evaporación de los filamentos por el aumento de temperatura. El ennegrecimiento de la ampolla de vidrio lleva primero a una menor potencia luminosa y finalmente a que el filamento se funda. Un aumento de la potencia luminosa, por tanto, significa una duración de vida más corta de la lámpara.

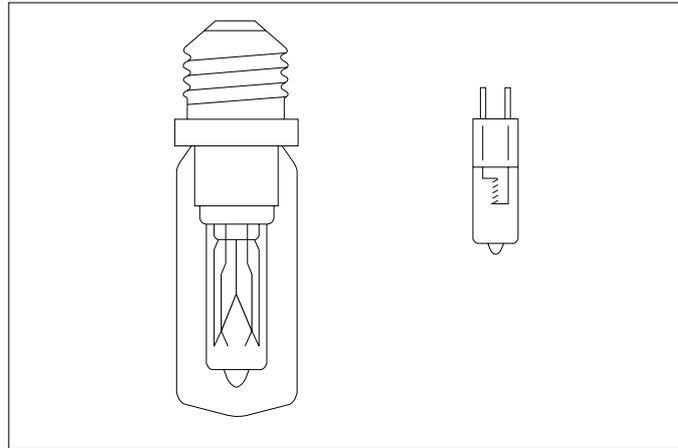
Una posibilidad técnica para evitar la pérdida de material del filamento es la adición de halógenos para el llenado de gas de la lámpara: el tungsteno evaporado se une con el halógeno en un halogenuro metálico, que con la temperatura en la zona exterior de la lámpara es gaseiforme y de este modo no puede depositarse sobre la ampolla de vidrio. En el filamento bastante más caliente el halogenuro metálico se vuelve a separar en tungsteno y halógeno y el tungsteno es conducido nuevamente al filamento.

El proceso de formación de halogenuros metálicos, sobre el cual se basa la lámpara halógena incandescente, presupone no obstante una temperatura de la ampolla de la lámpara de más de 250 °C.

Esto se consigue mediante una ampolla compacta de vidrio de cuarzo, que envuelve ajustadamente el filamento. Debido a la forma compacta de la lámpara, se posibilita, junto al aumento de la temperatura, un aumento de la presión del gas, que así reduce la velocidad de evaporación del tungsteno.

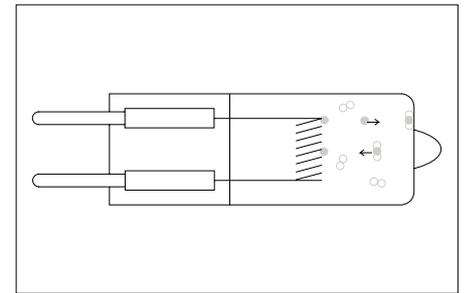
Frente a la lámpara incandescente tradicional, la lámpara halógena incandescente da una luz más blanca, consecuencia de la temperatura de empleo de 3000 a 3300 K, pero su color de luz sigue situado dentro de la tonalidad blanco cálido. La reproducción cromática es excelente por el espectro continuado. Por su forma compacta, representa una fuente puntual ideal, que permite una orientación particularmente buena de la luz, posibilitando efectos de luz especialmente brillantes. El rendimiento luminoso de estas lámparas —sobre todo en el campo del bajo voltaje— es superior al de las lámparas incandescentes tradicionales. También en las lámparas halógenas incandescentes se están desarrollando actualmente formas de ampollas con vapor dicróico, que tienen unos rendimientos de luz considerablemente superiores.

La duración de vida de estas lámparas es superior a la de las tradicionales incandescentes. Las halógenas incandescentes permiten la regulación del flujo luminoso y, al igual que las incandescentes tradicionales, no necesitan equipos adicionales de

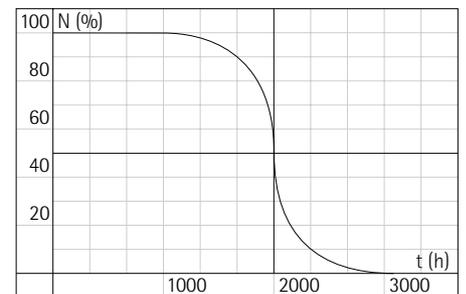


Lámpara halógena incandescente para tensión nominal con casquillo-rosca y doble envoltorio (izda.). El doble envoltorio posibilita el funcionamiento sin vidrio protector. Lámpara halógena de bajo voltaje con casquillo-clavija y filamento axial en una ampolla de vidrio de cuarzo (dcha.).

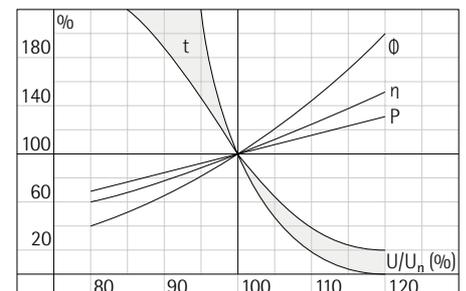
Ciclo halógeno: unión de tungsteno evaporado y halógenos a halogenuros de tungsteno en la zona periférica. Separación del halogenuro de tungsteno en el área del filamento.



Lámparas N en funcionamiento como función t.



Influencia de sobretensión y baja tensión sobre el flujo luminoso  $\Phi$ , eficacia luminosa  $\eta$ , potencia eléctrica P y duración de vida t.



estabilización; no obstante, las de bajo voltaje sólo funcionan conectadas a un transformador. En las lámparas con casquillo doble, de proyección y especiales para el área de estudios la disposición de enfoque se encuentra frecuentemente limitada. Algunas lámparas halógenas incandescentes funcionan con un vidrio protector.

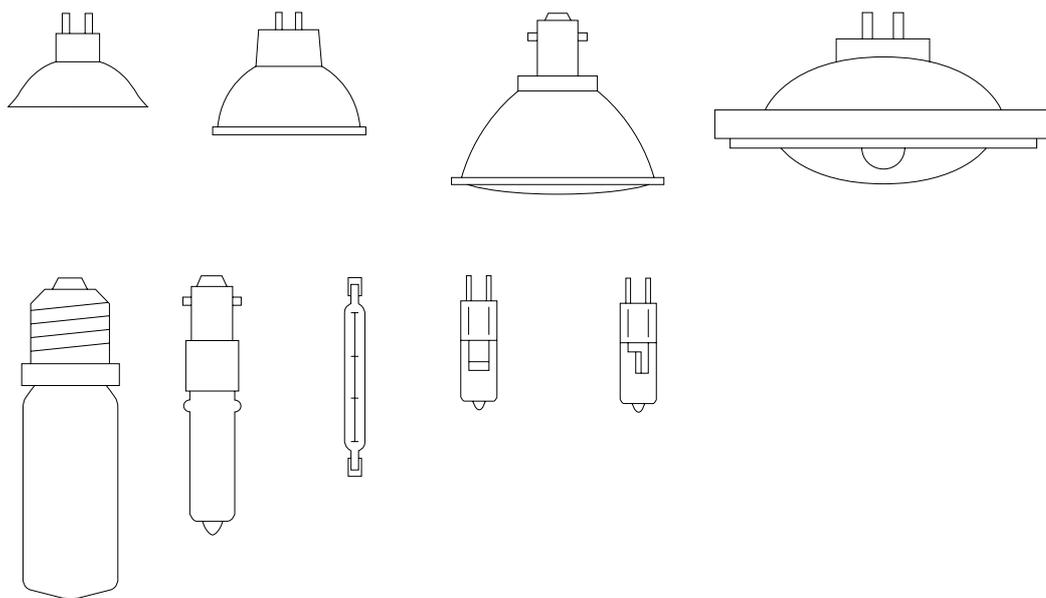
Como casi todas las lámparas incandescentes convencionales, se pueden adquirir para el servicio con tensión de red. Normalmente están provistas de casquillos especiales, pero algunas también tienen casquillo de rosca E27 y adicionalmente una envuelta de vidrio exterior, pudiéndose utilizar como las lámparas incandescentes convencionales.

Además de las anteriores, también las halógenas de bajo voltaje ganan cada vez más en importancia. Las ventajas de esta fuente de luz —sobre todo la elevada potencia de luz con medidas más reducidas—, que hasta la fecha se aprovechaban

sobre todo en los faros de los automóviles, han encontrado paralelamente una amplia aplicación en el campo de la iluminación arquitectónica.

Las reducidas medidas de la lámpara de bajo voltaje posibilitan, por tanto, construcciones de luminarias compactas y un enfoque muy exacto de la luz. Las lámparas halógenas de bajo voltaje se pueden adquirir para distintas tensiones (6 / 12 / 24 V) y en diferentes formas. También se fabrican lámparas de radiación libre y combinaciones de lámpara y reflector o reflector de haz frío, respectivamente.

Lámparas halógenas incandescentes y halógenas de bajo voltaje usuales para la iluminación de espacios interiores.

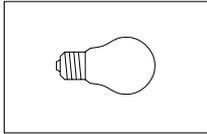


Imágenes superiores (de izda. a dcha.): lámpara halógena de bajo voltaje con casquillo-clavija y reflector de aluminio, con casquillo-clavija y reflector de haz frío de vidrio, con casquillo de bayoneta y reflector de aluminio, con reflector de aluminio para mayores potencias.

Imágenes inferiores (de izda. a dcha.): lámpara halógena incandescente para tensión nominal con casquillo de rosca E27 y ampolla envolvente, con casquillo de bayoneta y con doble casquillo; lámpara halógena de b.v. con filamento transversal y con filamento axial.

## 2.3 Luz y fuentes de luz

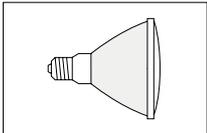
### 2.3.1 Lámparas incandescentes



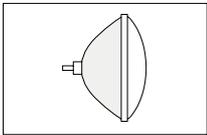
Lámpara convencional				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
A60	60	730	107	60
A60	100	1380	107	60
A65	150	2220	128	65
A80	200	3150	156	80
Casquillo: E27/EE40		Vida: 1000 h		



Lámpara reflectora				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
R63	60	650	103	63
R80	100	1080	110	80
R95	100	1030	135	95
Casquillo: E27		Vida: 1000 h		

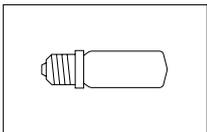


Lámpara reflectora parabólica				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
PAR38	60	600	136	122
	80	800		
	120	1200		
Casquillo: E27		Vida: 2000 h		

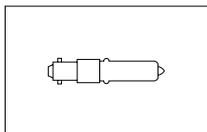


Lámpara reflectora parabólica				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
PAR56	300	3000	127	179
Casquillo: GX16d		Vida: 2000 h		

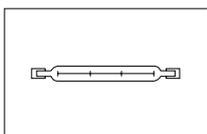
Lámparas convencionales, lámparas reflectoras y dos formas usuales de lámparas de vidrio prensado para tensión de red con indicación del tipo de lámpara, potencia P, flujo luminoso Ø, longitud l y diámetro de la lámpara d.



Lámpara halógena incandescente				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
QT32	75	1050	85	32
	100	1400	85	
	150	2500	105	
	250	4200	105	
Casquillo: E27		Vida: 2000 h		

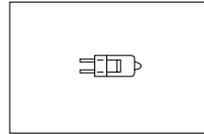


Lámpara halógena incandescente				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
QT18	75	1050	86	18
	100	1400	86	
	150	2500	98	
	250	4200	98	
Casquillo: B15d		Vida: 2000 h		

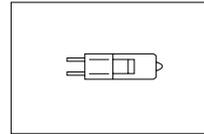


Lámpara halógena incandescente				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
QT-DE12	100	1650	75	12
	150	2500	75	
	200	3200	115	
	300	5000	115	
	500	9500	115	
Casquillo: R7s-15		Vida: 2000 h		

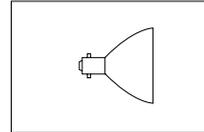
Lámparas halógenas incandescentes para tensión de red en formas de casquillo a un lado o doble.



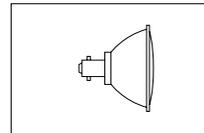
Lámpara halógena de b. v.				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
QT9	10	140	31	9
	20	350		
Casquillo: G4		Vida: 2000 h		



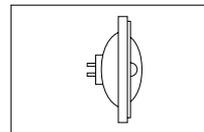
Lámpara halógena de b. v.				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
QT12	50	950	44	12
	75	1600		
	100	2500		
Casquillo: GY6,35		Vida: 2000 h		



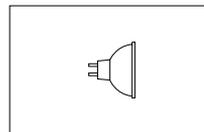
Lámpara halógena reflectora de b. v.				
Tipo	P (W)	l (cd)	l (mm)	d (mm)
QR38	20	7000	38	38
QR58	50	18000	59	58
Casquillo: B15d		Vida: 2000 h		



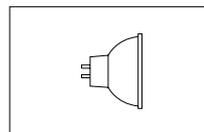
Lámpara halógena reflectora de b. v.				
Tipo	P (W)	l (cd)	l (mm)	d (mm)
QR70	20	5000	50	70
	75	15000		
	75	19000		
Casquillo: B15d		Vida: 2000 h		



Lámpara halógena reflectora de b. v.				
Tipo	P (W)	l (cd)	l (mm)	d (mm)
QR111	50	20000	45	111
	75	25000		
	100	45000		
Casquillo: G53		Vida: 2000 h		



Lámpara halógena reflectora de haz frío b. v.				
Tipo	P (W)	l (cd)	l (mm)	d (mm)
QR-CB35	20	5000	37/44	35
QR-CBC35	35	8000		
Casquillo: GZ4		Vida: 2000 h		



Lámpara halógena reflectora de haz frío b. v.				
Tipo	P (W)	l (cd)	l (mm)	d (mm)
QR-CB51	20	8000	45	51
QR-CBC51	35	13000		
	50	15000		
	65/70	20000		
Casquillo: GX5,3		Vida: 3000 h		

Lámparas halógenas de bajo voltaje, radiación libre, con reflector metálico o con reflector de haz frío de vidrio tratado al vapor.

### 2.3.2 Lámparas de descarga

A diferencia de lo que ocurre en las lámparas incandescentes, en las lámparas de descarga la luz no se produce por un filamento calentado, sino por la excitación de gases o vapores metálicos. Para ello se produce una tensión entre dos electrodos en un tubo de descarga llenado con vapores metálicos, que originan una corriente de electrones entre los electrodos. Durante su trayecto por el recipiente de descarga los electrones chocan con átomos de gas, los cuales, con la suficiente velocidad de los electrones, son estimulados para la emisión de radiación. Para cada tipo de gas es característica una determinada combinación de longitudes de onda emitidas; cada vez es emitida una radiación de uno o varios márgenes estrechos de frecuencias.

Si la velocidad de los electrones aumenta más, al chocar los átomos de gas ya no son estimulados, sino ionizados; el átomo de gas es descompuesto en un electrón libre y un ion de carga positiva. La cantidad de las partículas cargadas eléctricamente y efectivas en el tubo de descarga aumenta progresivamente y produce el correspondiente incremento de radiación.

Las lámparas de descarga tienen otras cualidades que las incandescentes. En primer lugar, por el tipo de luz irradiada. Mientras que en las lámparas incandescentes se emite un espectro continuado, cuyo curso depende casi exclusivamente de la temperatura del filamento, las lámparas de descarga irradian un espectro con distintas rayas características para los gases o vapores metálicos utilizados. Además, las líneas espectrales irradiadas pueden encontrarse en todas las áreas del espectro, desde la radiación infrarroja y la zona visible hasta la radiación ultravioleta. Por cantidad y dispersión de las líneas espectrales se obtiene luz con el más variado efecto cromático; mediante diferentes llenados de lámpara se pueden producir —de modo dirigido— colores de luz y luz blanca de las más diversas temperaturas. Sobre todo es posible sobrepasar el límite indicado de 3650 K en los radiadores térmicos y producir una luz similar a la diurna con elevadas temperaturas de color. Otro camino para una producción dirigida de colores de luz resulta de la utilización de sustancias luminosas en las paredes interiores del tubo de descarga. Sobre todo la radiación ultravioleta, que aparece en algunas descargas de gas, es convertida en luz visible por estas sustancias luminosas fluorescentes, donde nuevamente mediante la elección y la mezcla adecuada de materias fluorescentes se pueden producir definidos colores de luz.

Incluso por la variación de la presión en el tubo de descarga se pueden modificar las propiedades de una lámpara de descarga: con una presión más alta se

amplían las líneas espectrales emitidas, de modo que el espectro se rellena y se acerca a un reparto continuado; por eso se mejora la reproducción cromática y por regla general también la eficacia luminosa de la lámpara.

Además de las diferencias en el tipo de luz producida, existen también diferencias en las condiciones de servicio entre las lámparas incandescentes y las de descarga. Las primeras pueden funcionar sin instalaciones adicionales en la red: inmediatamente después de ser conectadas emiten luz. En cambio, para las lámparas de descarga deben darse condiciones especiales de encendido y servicio.

Para encender una lámpara de descarga es imprescindible que dentro del tubo de descarga fluya la suficiente corriente de electrones. Como quiera que el gas a estimular no está ionizado antes del encendido, es necesario que los electrones estén preparados por unas disposiciones de encendido especiales. Después del encendido de la lámpara de descarga se produce, por la enorme ionización del gas estimulado, un aumento continuado de corriente en la lámpara, que destruiría la misma en muy poco tiempo. Para evitarlo, hay que limitar esta corriente mediante una reactancia.

Es decir, tanto para el encendido como para el servicio de lámparas de descarga son necesarios elementos adicionales. En algunos casos éstos ya se encuentran integrados en la lámpara, pero por regla general se instalan en la luminaria aparte de la lámpara.

Comportamiento de encendido y potencia dependen de la temperatura de servicio; esto en parte lleva a construcciones con ampollas de vidrio adicionales. Con frecuencia la lámpara necesita enfriarse algunos minutos después de una interrupción de corriente antes de un nuevo encendido; un reencendido inmediato sólo es posible con una tensión de encendido muy elevada. En algunas lámparas existen normativas para la disposición de encendido.

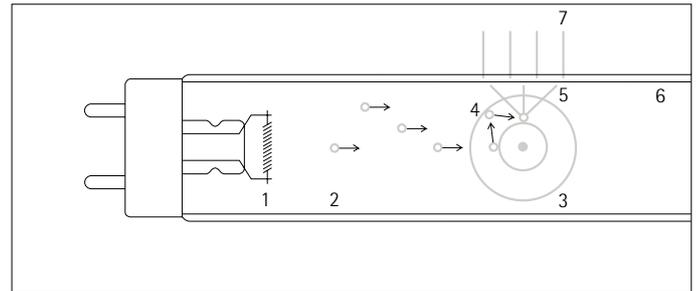
Según la presión de servicio, las lámparas de descarga pueden subdividirse en dos grupos principales con distintas propiedades. Un grupo está formado por lámparas de descarga de baja presión. Para el llenado de las lámparas se utilizan en este caso gases nobles o mezclas de gas noble y vapor metálico con una presión muy por debajo de 1 bar. Debido a la baja presión en el tubo de descarga, prácticamente no se producen interacciones entre las moléculas del gas, se radia un puro espectro de rayas.

La potencia de luz de estas lámparas depende sobre todo del volumen de lámparas, que por unidad de volumen es relativamente baja. Para conseguir una suficiente potencia de luz, las lámparas deben tener grandes tubos de descarga.

Las lámparas de descarga de alta presión, en cambio, se activan con una pre-

sión claramente por encima de 1 bar. Debido a la alta presión y las altas temperaturas que se originan, se producen interacciones en el gas de descarga. La luz ya no sólo se emite en las estrechas líneas espectrales de las lámparas de descarga de baja presión, sino en márgenes de frecuencia más anchos. Generalmente, se desplaza la radiación emitida con la presión en aumento hacia el área del espectro de ondas más largas.

La potencia de luz por unidad de volumen es bastante mayor que en las descargas de baja presión; los tubos de descarga son pequeños. Las lámparas de descarga de alta presión, por tanto, representan —como ocurre con las incandescentes— fuentes de luz puntuales con una elevada luminancia de las lámparas. Por regla general, los propios tubos de descarga se encuentran rodeados por un doble envoltente adicional, que estabiliza la temperatura de servicio de la lámpara, al tiempo que sirve como filtro UV y se puede utilizar como portador de una capa fluorescente.



Los electrones (2) que salen del electrodo (1) impactan con los átomos de mercurio (3). Con ello se estimulan los electrones del átomo de mercurio (4), que emiten entonces la radiación-UV (5). La radiación-UV se transforma en luz visible (7) a través del recubrimiento fluorescente (6).

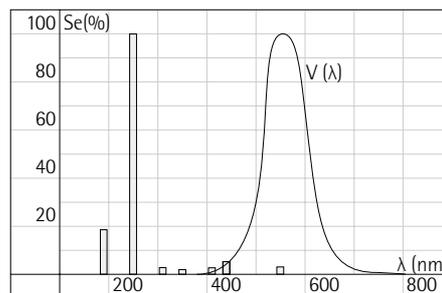
### 2.3.2.1 Lámparas fluorescentes

La lámpara fluorescente es una lámpara de descarga que trabaja con vapor de mercurio. Dispone de un recipiente de descarga en forma de tubo con un electrodo en cada extremo. El llenado de gas se compone de un gas noble, que facilita el encendido controlando la descarga, y de una pequeña cantidad de mercurio, cuyo vapor durante la impulsión emite radiación ultravioleta. El interior del tubo de descarga está recubierto con una capa de sustancias emisoras, que, debido a la fluorescencia, transforman la radiación ultravioleta de la lámpara en luz visible.

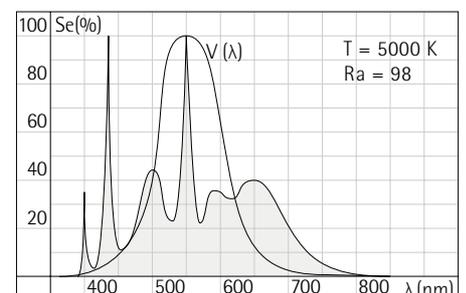
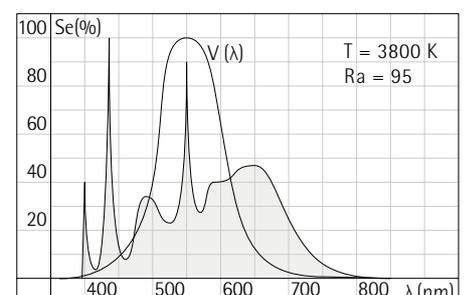
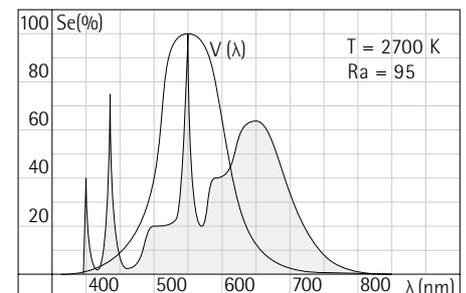
Para facilitar el encendido de la lámpara fluorescente, los electrodos casi siempre están acabados como filamento incandescente, llevando adicionalmente una capa de óxido metálico (emisor), que favorece la salida de electrones. Los electrodos se precalientan en la salida, un impulso de tensión causa entonces el encendido de la lámpara.

Mediante la combinación de adecuadas sustancias luminosas se pueden conseguir diferentes colores de luz. Se combinan frecuentemente tres sustancias luminosas, cuya mezcla produce un color de luz blanco, que se encuentra en la tonalidad del blanco cálido, blanco neutro o blanco luz diurna, según la proporción de las distintas materias fluorescentes.

Contrariamente a parecidas fuentes de luz puntiformes, como por ejemplo la lámpara incandescente, la luz de las lámparas fluorescentes es irradiada desde una gran superficie. Por ello se produce principalmente luz difusa, que resulta menos adecuada para una iluminación acentuada dirigida y más para una iluminación uniforme y de grandes superficies.



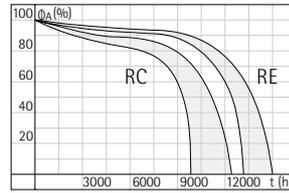
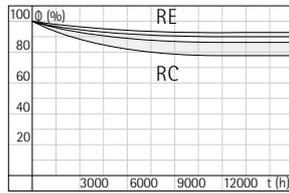
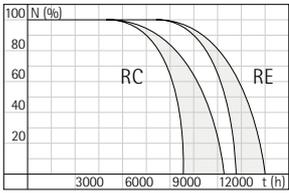
Distribución espectral relativa  $S_e(\lambda)$  de la lámpara de descarga de vapor de mercurio de baja presión. La radiación emitida se encuentra ampliamente fuera de la sensibilidad ocular  $V(\lambda)$ .



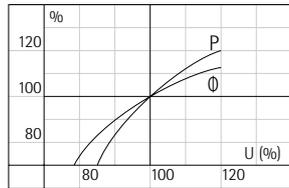
Distribución espectral relativa  $S_e(\lambda)$  de lámparas fluorescentes usuales con una reproducción cromática muy buena del color de luz blanco cálido (arriba), blanco neutro (centro) y blanco luz diurna (abajo).

## 2.3 Luz y fuentes de luz

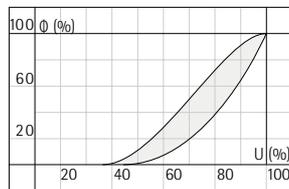
### 2.3.2 Lámparas de descarga



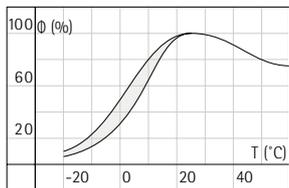
Lámparas N en funcionamiento. Depreciación del flujo luminoso y flujo resultante de una instalación  $\Phi_A$  como producto de  $N \times \Phi$ . Para reactancias convencionales (RC) o electrónicas (RE).



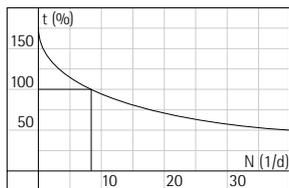
Influencia de sobretensión y baja tensión sobre flujo luminoso  $\Phi$  y potencia eléctrica  $P$ .



Flujo luminoso  $\Phi$  de lámparas fluorescentes en servicio con regulación por dimmer.



Relación del flujo luminoso de la lámpara  $\Phi$  de la temperatura del entorno  $T$ .



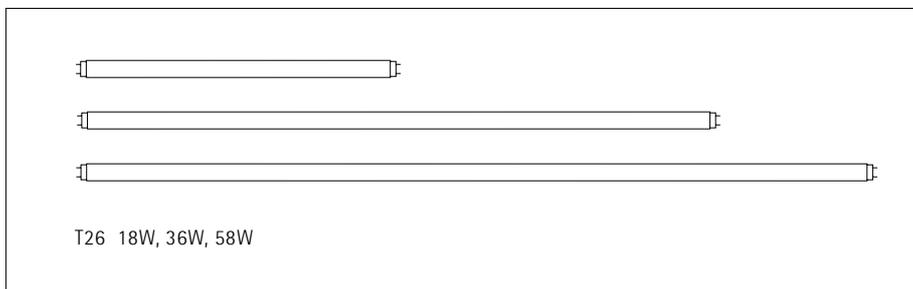
Duración de vida según la frecuencia de conexión por día  $N$ . La duración de vida nominal del 100 % se consigue con una frecuencia de conexión de 8 conexiones por cada 24 horas.

Por la difusa luz de la lámpara fluorescente se forman suaves sombras. Sobre superficies brillantes se produce sólo poco brillo. Formas espaciales y cualidades de material por tanto no se acentúan. Por su espectro discontinuo las lámparas fluorescentes disponen de propiedades de reproducción cromática que divergen de las incandescentes. Pese a que ya por la sola combinación de menos sustancias luminosas se deja producir luz blanca de cualquier temperatura de color, esta luz tiene una peor reproducción cromática que la luz con un espectro continuado por la falta de partes espectrales. Para poder fabricar lámparas fluorescentes con una muy buena reproducción cromática se deben combinar numerosas sustancias luminosas de tal forma que se produzca una distribución comparable al correspondiente espectro continuado. Las lámparas fluorescentes disponen de un elevado rendimiento luminoso. Su duración de vida es igualmente elevada, aunque con repetidas conexiones de frecuencia se acorta. Para su funcionamiento se necesitan tanto cebador como reactancias; disponen de encendido inmediato y alcanzan al poco tiempo su total potencia luminosa. Después de cortes en el fluido eléctrico, es posible el reencendido inmediato. También es posible regular su flujo luminoso. No existe ninguna limitación en cuanto a la disposición de encendido.

Las lámparas fluorescentes tienen casi siempre forma de tubo, cuya longitud depende de la potencia de luz; como formas especiales se pueden adquirir en forma de U o circular. El diámetro de las lámparas es de 26 mm (ahora también 16 mm). Las más antiguas con un diámetro de 38 mm ya no tienen tanta importancia.

Las lámparas fluorescentes se pueden adquirir en numerosos colores de luz, donde sobre todo juegan un papel los colores de luz blanco cálido, blanco neutro y blanco luz diurna, pero también se pueden conseguir lámparas de colores y para fines especiales las lámparas-UV (por ejemplo en la iluminación de alimentos). La reproducción cromática puede mejorarse a costa de la eficacia luminosa; elevadas eficacias luminosas, en cambio, condicionan un empeoramiento de la reproducción cromática.

Estas lámparas con electrodos precalentados se encienden normalmente mediante un cebador externo, pero también existen ejecuciones que, por ayudas integradas de encendido, pueden prescindir del cebador. Estas se aplican sobre todo en luminarias blindadas para las áreas con peligro de explosión.



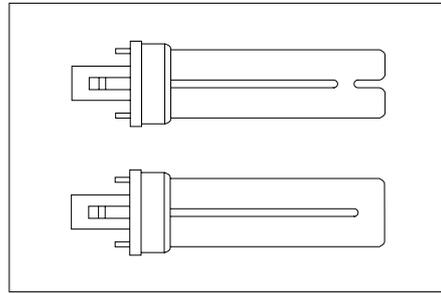
Proporciones de longitud de las lámparas fluorescentes usuales T26.

#### 2.3.2.2 Lámparas fluorescentes compactas

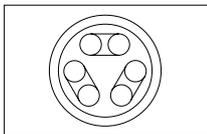
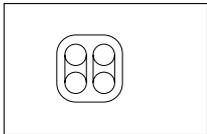
Las lámparas fluorescentes compactas no se diferencian en su modo de funcionar de las lámparas fluorescentes convencionales. No obstante, disponen de una

## 2.3 Luz y fuentes de luz

### 2.3.2 Lámparas de descarga

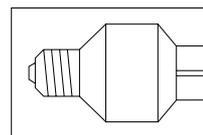
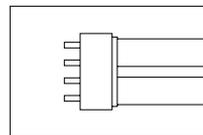
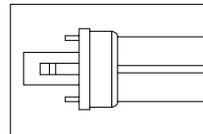


A diferencia de las lámparas fluorescentes convencionales, las fluorescentes compactas disponen de tubos de descarga con retorno hacia un solo casquillo.



Disposiciones en tubo con lámparas fluorescentes compactas: TC/TC-L (arriba), TC-D (centro), TC-DEL (abajo).

Lámparas fluorescentes compactas con casquillo bipolar y cebador integrado (arriba), casquillo tetrapolar para el servicio con reactancia electrónica (centro), casquillo-rosca con reactancia integrada para el servicio directo a tensión de red (abajo).



forma más compacta, que se consigue por un tubo de descarga curvo o por la combinación de varios cortos. En algunas el tubo de descarga lleva un envoltorio de vidrio, que cambia el aspecto y las propiedades luminotécnicas de la lámpara.

Las lámparas fluorescentes compactas tienen en principio las mismas propiedades que las fluorescentes convencionales, es decir, una elevada eficacia luminosa y una larga duración de vida. Su potencia luminosa, no obstante, es limitada debido al volumen relativamente bajo del tubo de descarga. Pero al mismo tiempo y debido a su forma compacta tienen otras cualidades y campos de aplicación. Así, surge la posibilidad de aplicar las lámparas fluorescentes no sólo en luminarias de retícula, sino también en luminarias reflectoras (por ejemplo, Downlights). De este modo se puede conseguir un buen enfoque de la luz, que mediante la proyección de sombras acentúa las propiedades de los objetos iluminados.

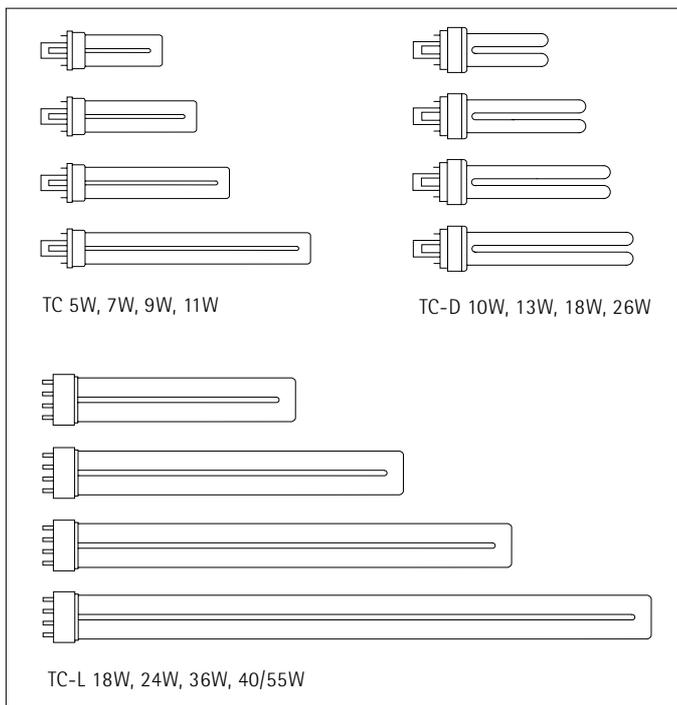
En las lámparas fluorescentes compactas no se puede regular el flujo luminoso cuando llevan cebador integrado, pero se pueden adquirir otros tipos con cebador externo y casquillo tetrapolar que posibilitan el funcionamiento con reactancias electrónicas y regulador de intensidad lumínica.

Las lámparas fluorescentes compactas se suministran sobre todo en forma de tubo, en el que por lámpara siempre se combinan dos o cuatro tubos de descarga. Para el funcionamiento son necesarios cebador y reactancia; en las lámparas bipolares, sin embargo, el cebador ya se encuentra integrado en el casquillo.

Además de estas formas estándar, que están equipadas con casquillos clavija y previstas para el servicio a reactancias, existen también lámparas fluorescentes compactas con cebador y reactancia integrados; están provistas con casquillo de rosca y se pueden utilizar como las lámparas incandescentes. Algunas de estas lámparas llevan adicionalmente envoltorios de vidrio en formas cilíndricas o esféricas para conseguir un mayor parecido a las lámparas incandescentes. En cambio, al aplicar estas lámparas en luminarias para lámparas incandescentes hay que tener en cuenta que las propiedades de la luminaria pueden empeorar debido al mayor volumen de la lámpara.

#### 2.3.2.3 Tubos luminosos (neón)

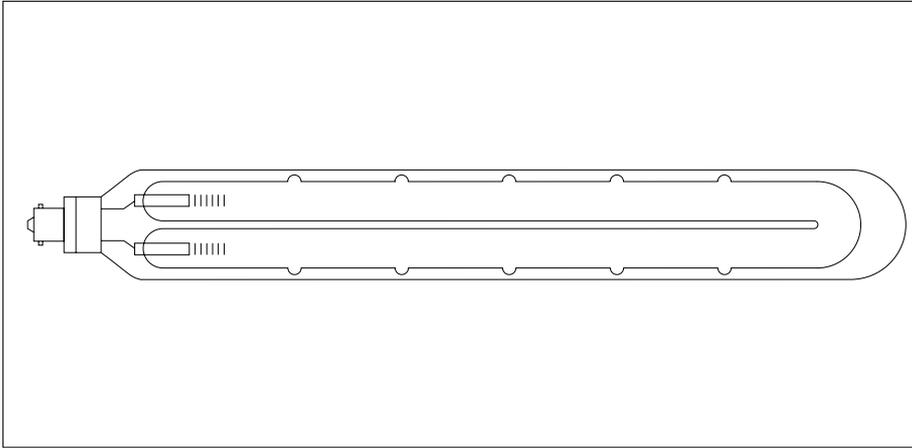
Los tubos luminosos trabajan con la descarga de baja presión en gases nobles o mezclas de gas noble y vapores de mercurio, pero, a diferencia de lo que ocurre con las lámparas fluorescentes, disponen de electrodos sin calentamiento, de modo que es necesario que funcionen y sean encendidas con tensiones altas. Como para instalaciones con una tensión de 1000 V y tensiones superiores existen



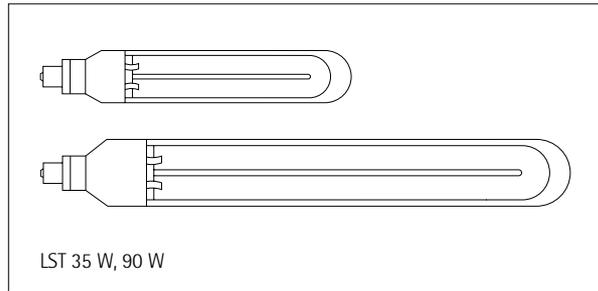
Proporciones de las lámparas fluorescentes compactas usuales de los tipos TC, IC-D y TC-L.

## 2.3 Luz y fuentes de luz

### 2.3.2 Lámparas de descarga



Lámpara de vapor de sodio de baja presión con tubo de descarga en forma de U en una ampolla al vapor dicróico. Mediante la capa dicróica se refleja la radiación infrarroja de la lámpara hacia el tubo de descarga y de este modo se acelera el alcance de la necesaria temperatura de servicio.



Proporciones de las lámparas de vapor de sodio de baja presión más usuales (LST).

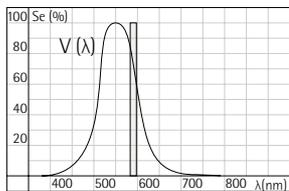
prescripciones especiales, se instalan a menudo tubos luminosos con menos de 1000 V, pero también se pueden adquirir lámparas de descarga de alta tensión, que funcionan a más de 1000 V.

Los tubos fluorescentes disponen de un rendimiento luminoso claramente más bajo que las lámparas fluorescentes convencionales; su duración de vida es alta. Con una pura descarga de gas noble sólo se pueden producir pocos colores de luz, así, por ejemplo, rojo con llenado de neón o azul con llenado de argón. Para ampliar el espectro de los colores disponibles, en primer lugar se pueden utilizar tubos teñidos de descarga. No obstante, casi siempre se añade mercurio al gas noble y la radiación-UV producida se transforma mediante sustancias luminosas en colores deseados de luz. Los tubos fluorescentes necesitan una reactancia; funcionan con transformadores, que proporcionan la tensión de encendido y servicio lo suficientemente alta, encienden inmediatamente y es posible el reencendido inmediato después de un corte eléctrico. Para la disposición de encendido no existen limitaciones.

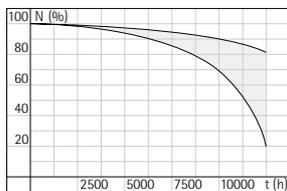
Los tubos luminosos disponen de tubos de descarga, que se presentan en diferentes diámetros y longitudes. Según para qué finalidad se pueden fabricar en las más diversas formas tubulares, así por ejemplo para motivos escritos y logotipos. Existen a disposición numerosos colores de luz.

#### 2.3.2.4 Lámparas de vapor de sodio de baja presión

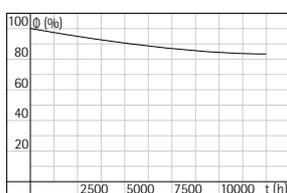
Las lámparas de vapor de sodio de baja presión son comparables a las fluorescentes en cuanto a su construcción y función. En lugar de utilizar vapor de mercurio se estimula aquí vapor de sodio. De ello resultan algunas diferencias esenciales frente a las lámparas fluorescentes. En primer lugar el encendido de las lámparas de vapor de sodio resulta más difícil que en el caso de las de vapor de mercurio, debido a que el sodio compacto —contrario al mercurio fluido— no produce ningún vapor metálico a temperatura ambiente. En las lámparas de vapor de sodio, por tanto, se debe realizar el encendido con ayuda del llenado adicional de gas noble; sólo el calor del llenado de gas noble permite la evaporación del sodio, de modo que se llega a la verdadera descarga de vapor metálico. Por ello, las lámparas de sodio de baja presión necesitan una alta tensión de encendido y una duración relativamente larga para el calentamiento hasta alcanzar la máxima potencia. Para poder garantizar una suficiente temperatura de servicio de la lámpara, el tubo de descarga lleva, además, a menudo en el área infrarroja, un envolvente de vidrio reflectante. Otra diferencia estriba en el tipo de radiación producida. Mientras que



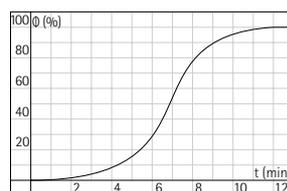
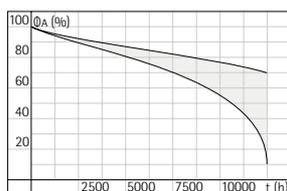
Distribución espectral  $S_e(\lambda)$  de la descarga de vapor de sodio de baja presión. El espectro de raya emitido se encuentra próximo a la máxima sensibilidad ocular, pero no favorece la reproducción de colores debido a su carácter monocromático.



Lámparas N en funcionamiento. Depreciación del flujo luminoso. Flujo resultante de una instalación  $\Phi_A$  como producto de  $N \cdot \Phi$ .



Comportamiento en el arranque: flujo luminoso de la lámpara  $\Phi$  en función del tiempo t.



el vapor estimulado de mercurio a baja presión emite sobre todo una luz ultravioleta, que con ayuda de materias fluorescentes se transforma en luz visible, el vapor de sodio ya emite luz visible. Por lo tanto, las lámparas de vapor de sodio no necesitan materias fluorescentes.

Por otra parte, el rendimiento luminoso de estas lámparas resulta tan elevado que el volumen de lámpara necesario es considerablemente más pequeño que en las lámparas fluorescentes. La cualidad más destacable de las lámparas de vapor de sodio de baja presión es su extraordinaria eficacia luminosa. Como estas lámparas además tienen una larga duración de vida, resultan ser la fuente de luz más económica disponible.

El vapor de sodio de baja presión da luz exclusivamente en dos líneas espectrales muy contiguas; la luz irradiada es monocromáticamente amarilla. Debido a su carácter monocromático no produce ninguna aberración cromática en el ojo y por lo tanto proporciona una gran precisión visual.

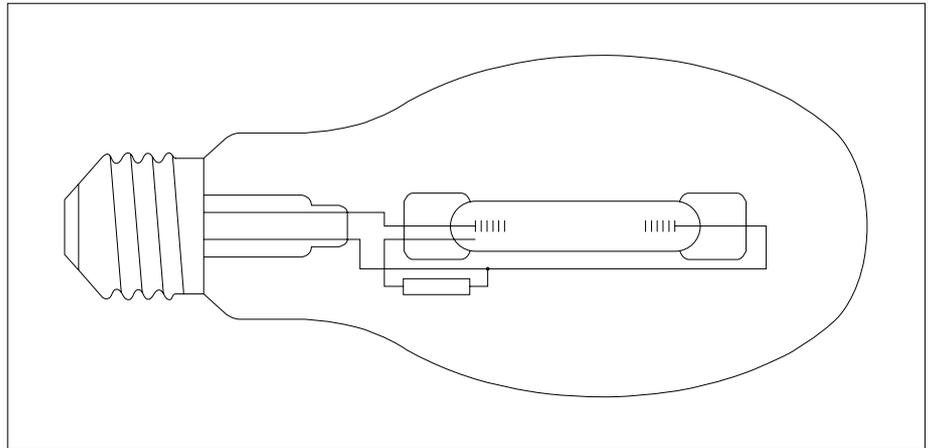
Frente a estas ventajas, en cambio, tenemos como clara desventaja la extraordinariamente mala calidad de la reproducción cromática. En sentido estricto, ni se puede hablar de reproducción cromática, sólo se percibe un amarillo distintamente saturado desde el puro color hasta el negro. Ésta es la razón por la cual este tipo de lámpara es ampliamente suplantado en su propia zona de aplicación —la iluminación de exteriores— por la misma lámpara, pero de alta presión.

Para el funcionamiento de algunas lámparas cilíndricas es necesaria una combinación de cebador-reactancia, pero casi siempre se utiliza un transformador de campo de dispersión como elemento cebador-reactancia. Las lámparas de vapor de sodio de baja presión necesitan para el arranque un tiempo de calentamiento de algunos minutos, así como un breve enfriamiento antes de volver a encenderla nuevamente después de un corte en el fluido eléctrico. Si se utilizan equipos especiales de estabilización es posible el reencendido inmediato. La disposición de encendido es limitado.

Las lámparas de vapor de sodio de baja presión tienen generalmente un tubo de descarga en forma de U, y ocasionalmente en forma cilíndrica, que lleva adicionalmente una ampolla de vidrio.

### 2.3.2.5 Lámparas de vapor de mercurio de alta presión

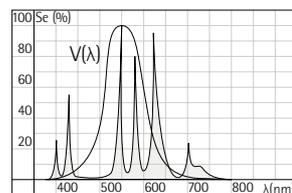
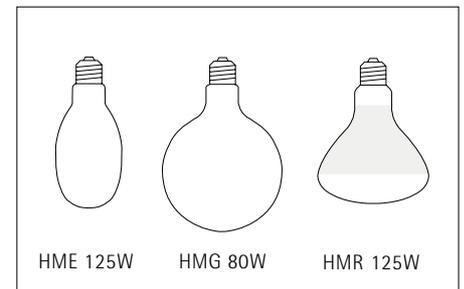
Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión disponen de un tubo de descarga corto de vidrio de cuarzo, que contiene una mezcla de gas noble y mercurio. En ambos extremos del tubo están dispuestos los electrodos, muy cerca de uno de los cuales se encuentra un electrodo auxiliar adicional para el encendido de la lámpara.



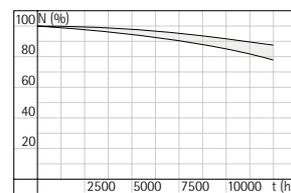
Lámpara de vapor de mercurio de alta presión con tubo de descarga de vidrio de cuarzo y doble envoltorio elíptico. El doble envoltorio lleva generalmente una capa

de una sustancia luminosa, que transforma la radiación-UV de la lámpara en luz visible, mejorando así el rendimiento de luz y la reproducción cromática.

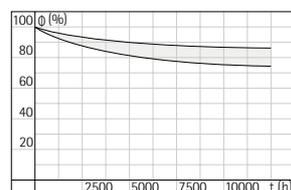
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión más usuales: con doble envoltorio elíptico (HME), doble envoltorio esférico (HMG) y reflector integrado (HMR).



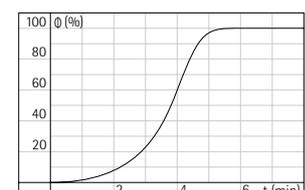
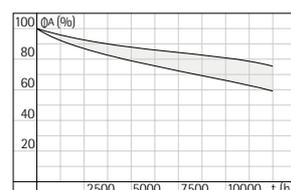
Distribución espectral relativa  $S_e(\lambda)$  de la descarga de vapor de mercurio de alta presión.



Lámparas N en funcionamiento. Depreciación del flujo luminoso. Flujo resultante de una instalación  $\Phi_a$  como producto de  $N \cdot \Phi$ .



Comportamiento en el arranque: flujo luminoso de la lámpara  $\Phi$  en función del tiempo t.



## 2.3 Luz y fuentes de luz

### 2.3.2 Lámparas de descarga

El tubo de descarga lleva un doble envolvente adicional, que estabiliza la temperatura de la lámpara, protegiendo el tubo de descarga de corrosiones externas. El doble envolvente puede llevar adicionalmente una capa fluorescente para variar el color de luz de la lámpara.

Al encender la lámpara se origina en primer lugar una descarga de efluvios en el electrodo auxiliar, que progresivamente se extiende hasta el segundo electrodo principal. Si el gas de la lámpara se ioniza de este modo, se origina un arco eléctrico entre los electrodos principales, que en este instante corresponden a una descarga de baja presión. Sólo cuando todo el mercurio se ha evaporado debido a la descarga de arco y se ha producido la suficiente sobrepresión debido al calor que se ha formado, se llega a la propia descarga de alta presión, con lo cual se da toda la potencia de luz.

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión disponen de una eficacia luminosa media; su duración de vida es muy larga. Forman una fuente luminosa relativamente compacta, de modo que se puede orientar su luz con medios ópticos.

La luz de estas lámparas tiene un color blanco azulado debido a la ausencia de la parte de rojo del espectro emitido. La reproducción cromática es regular, pero se mantiene constante durante toda la duración de vida de la lámpara. A menudo se consigue un color blanco neutro o blanco cálido y una reproducción cromática mejorada mediante sustancias luminosas adicionales.

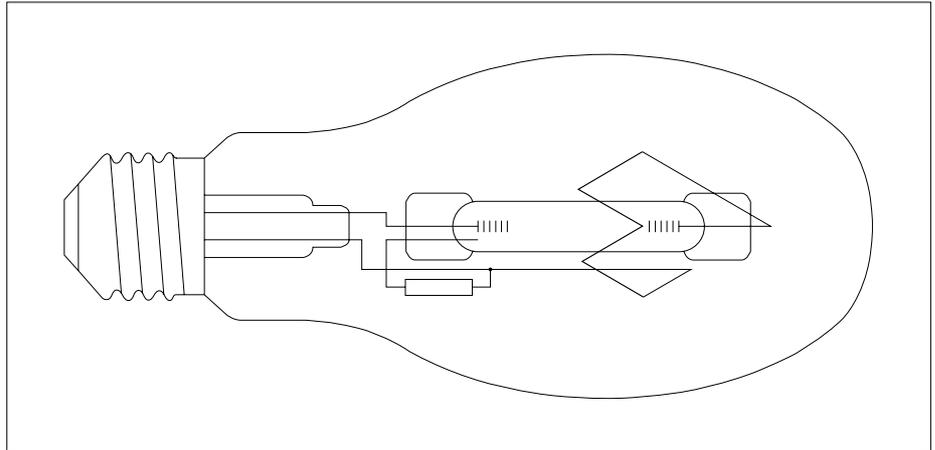
Estas lámparas no necesitan cebador por el electrodo auxiliar integrado, pero para su funcionamiento es necesaria una reactancia. También necesitan un tiempo de calentamiento de algunos minutos y una fase de enfriamiento más larga antes del reencendido después de posibles cortes en el fluido eléctrico. La disposición de enfoco no está limitada.

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión se pueden adquirir en diferentes formas, sus envolventes exteriores pueden ser esféricos, elípticos o fungiformes, esta última versión está conformada como lámpara reflectora.

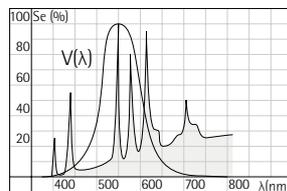
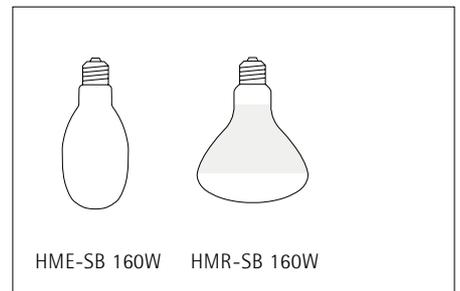
#### 2.3.2.6 Lámparas de luz mezcla

Las lámparas de luz mezcla corresponden en su construcción a las de vapor de mercurio de alta presión, pero disponen de un filamento incandescente adicional en el envolvente de vidrio exterior que está conectado en serie con el tubo de descarga. El filamento incandescente adopta aquí el papel de un limitador de corriente, de modo que una reactancia exterior sería innecesaria. Además, se completa la ausencia de la parte de rojo del espectro del mercurio mediante la luz de color blanco cálido del filamento incandescente, por lo que se mejora la reproducción cromática.

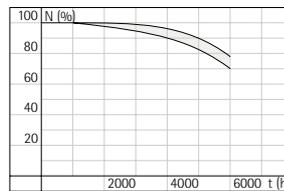
Lámpara de mezcla con un tubo de descarga de vidrio de cuarzo para la descarga de alta presión del vapor de mercurio y un filamento incandescente adicional que actúa como resistencia adicional, limitando el espectro en el área roja. La ampolla envolvente de forma elíptica lleva generalmente una capa dispersadora de luz.



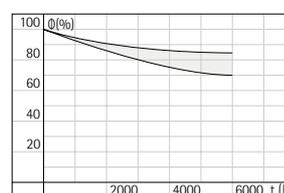
Lámpara de mezcla usual con envolvente elíptico (HME-SB) o con reflector integrado (HMR-SB).



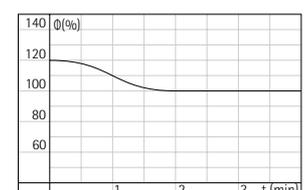
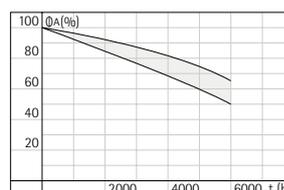
Distribución espectral relativa  $S_e(\lambda)$  de una lámpara de mezcla con la suma de los espectros de la descarga de alta presión del vapor de mercurio y el filamento incandescente.



Lámparas N en funcionamiento. Depreciación del flujo luminoso. Flujo resultante de una instalación  $\Phi_A$  como producto  $N \cdot \Phi$ .



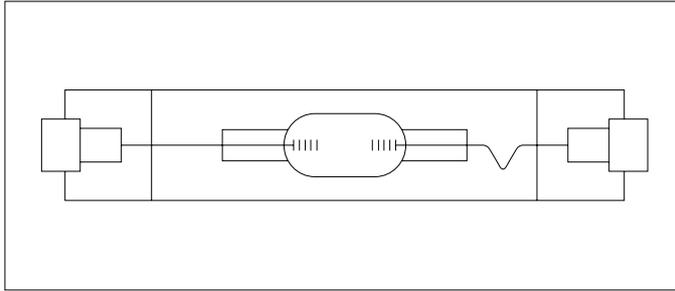
Comportamiento en el arranque: flujo luminoso de la lámpara  $\Phi$  en función del tiempo t.



## 2.3 Luz y fuentes de luz

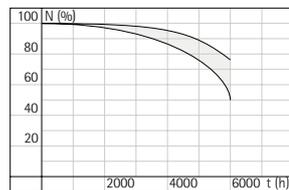
### 2.3.2 Lámparas de descarga

Lámparas de halogenuros metálicos de dos casquillos con tubo de descarga compacto y ampolla de vidrio de cuarzo.

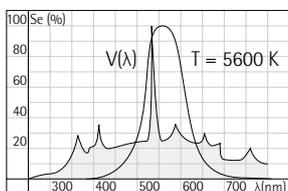
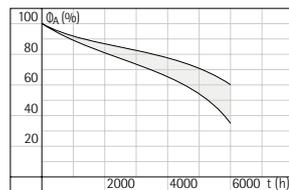
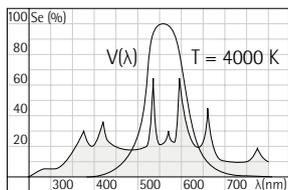
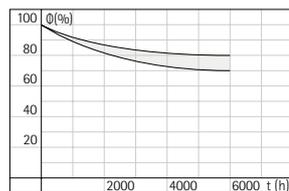
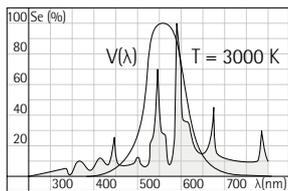


Las lámparas de luz mezcla disponen a menudo de sustancias luminosas adicionales para la mejora del color de luz y la eficacia luminosa.

Las lámparas de luz mezcla tienen propiedades similares a las de vapor de mercurio de alta presión. No obstante, la eficacia luminosa y la duración de vida son claramente inferiores, de modo que no tienen mayor importancia en la iluminación arquitectónica. Como no necesitan ni cebador ni reactancia y disponen de un casquillo E27, pueden utilizarse como las lámparas incandescentes. Las lámparas de luz mezcla emiten luz inmediatamente después del encendido por el filamento incandescente. Después de algunos minutos disminuye la parte de lámpara incandescente y la descarga de vapor de mercurio alcanza toda su potencia. Antes del reencendido después de un corte en el fluido eléctrico necesitan una fase de enfriamiento. Estas lámparas no permiten la regulación del flujo luminoso y la disposición de enfoque está limitada en algunos tipos de lámparas. Se pueden adquirir en forma elíptica o como lámpara reflectora fungiforme.

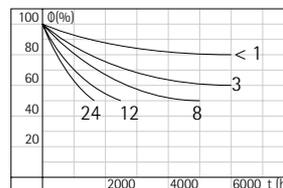


Lámparas N en funcionamiento. Depreciación del flujo luminoso. Flujo resultante de una instalación  $\Phi_a$  como producto de  $N \cdot \Phi$ .

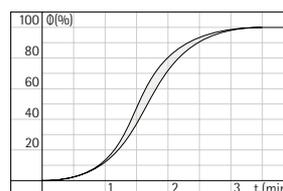


Distribución espectral relativa  $S_e(\lambda)$  de lámparas de halogenuros metálicos usuales en los colores de luz blanco cálido (arriba), blanco neutro (en medio) y blanco luz diurna (abajo).

Disminución del flujo luminoso  $\Phi$  según frecuencia de de 24, 12, 8, 3 y < 1 encendidos por día.



Comportamiento en el arranque: flujo luminoso de la lámpara  $\Phi$  en función del tiempo t.



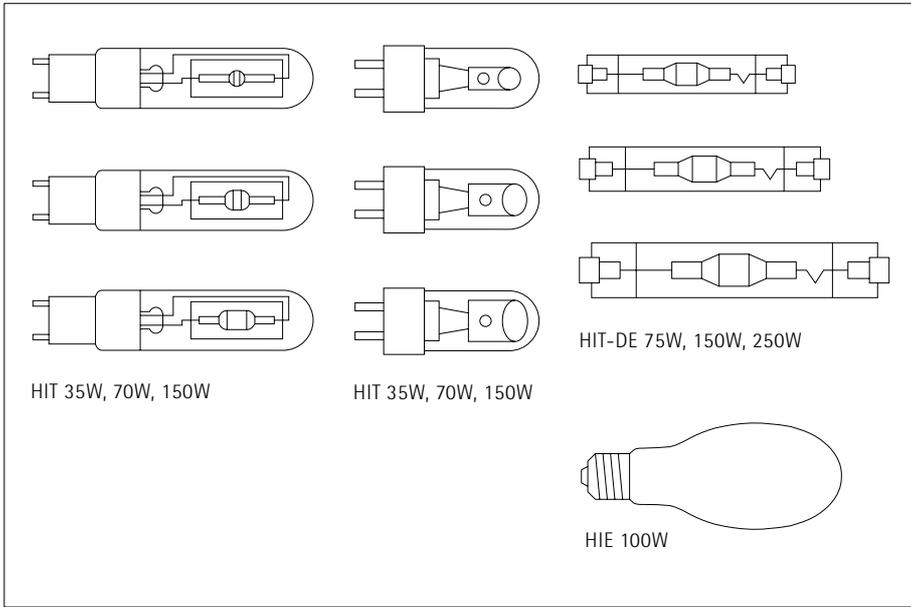
#### 2.3.2.7 Lámparas de halogenuros metálicos

Las lámparas de halogenuros metálicos son de desarrollo ulterior a las de vapor de mercurio de alta presión, por lo que son comparables en construcción y función, pero contienen además del mercurio una mezcla de halogenuros metálicos. Frente a los metales puros las combinaciones halogenadas disponen en este caso de la ventaja de tener un punto de fusión bastante más bajo, de modo que también se pueden utilizar metales, que con las temperaturas de servicio de la lámpara no forman vapores metálicos.

Debido al añadido de halogenuros metálicos se consigue un aumento de la eficacia luminosa y sobre todo una reproducción cromática considerablemente mejorada. Mediante las adecuadas combinaciones de metal se deja producir un espectro de varias líneas, parecido a como es en las lámparas fluorescentes; con combinaciones especiales se puede alcanzar un espectro casi continuado de numerosas líneas. Por lo tanto, no es necesario añadir una materia fluorescente para mejorar la reproducción cromática. La parte de mercurio de la lámpara sirve sobre todo como ayuda de encendido y para la estabilización de la descarga; como los halogenuros metálicos se han evaporado por la inicial descarga de vapor de mercurio, estos vapores metálicos sirven esencialmente para la producción de luz.

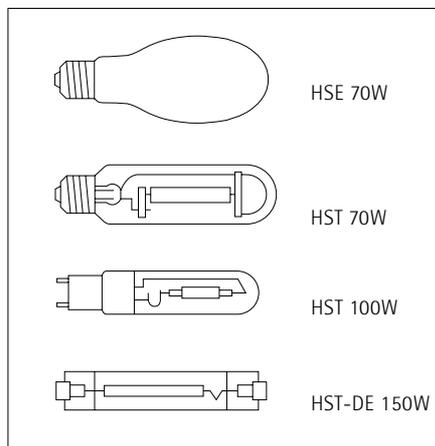
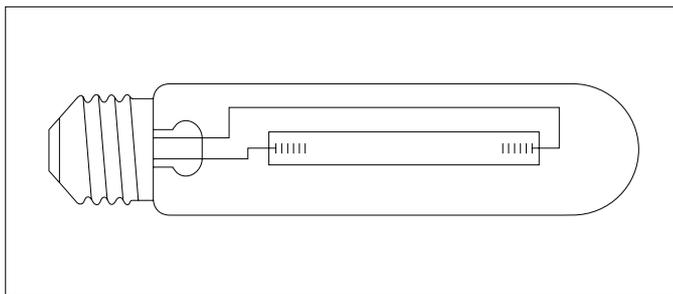
No obstante, debido a la existencia de halógenos dentro de la lámpara, no se consideran los electrodos auxiliares como dispositivo de encendido. Por eso estas lámparas necesitan cebadores externos.

2.3 Luz y fuentes de luz  
2.3.2 Lámparas de descarga



Lámparas con halogenuros metálicos más usuales: con un casquillo (HIT), con casquillo doble (HIT-DE) y con ampolla elíptica (HIE).

Lámpara de vapor de sodio de alta presión de un casquillo con tubo de descarga cerámico y ampolla adicional.



Lámparas de vapor de sodio de alta presión usuales, de un casquillo y ampolla elíptica (HSE), ampolla tubular (HST), así como de doble casquillo con ampolla tubular (HST-DE).

Las lámparas de halogenuros metálicos disponen de una eficacia luminosa extraordinaria y al mismo tiempo de una buena reproducción cromática; su duración de vida nominal es elevada. Representan fuentes luminosas compactas, de modo que su luz puede orientarse bien ópticamente. Pero la reproducción cromática no es constante; varía entre las diferentes lámparas de una serie y cambia en función de la duración de vida y de las condiciones del entorno (esto es especialmente llamativo en los tipos de lámparas color blanco cálido). Estas lámparas necesitan para su funcionamiento tanto cebadores como reactancias. Necesitan algunos minutos de calentamiento y un poco de tiempo para el enfriamiento antes del reencendido después de cortes en el fluido eléctrico. En algunos tipos con doble casquillo se consigue mediante cebadores especiales o reactancias electrónicas un reencendido inmediato. Normalmente no se regula el flujo luminoso de las lámparas de halogenuros metálicos. La disposición de enfoque casi siempre está limitada.

Las lámparas de halogenuros metálicos se pueden adquirir en formas tubulares con uno o dos casquillos, como lámpara elíptica y como lámpara reflectora, y están disponibles en los colores de luz blanco cálido, blanco neutro y blanco luz diurna.

2.3.2.8 Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Al igual que ocurre con el vapor de mercurio, también en las descargas de vapor de sodio se puede ampliar el espectro de la luz emitida mediante el aumento de la presión del vapor. Con la presión suficientemente alta se obtiene un espectro casi continuado con unas propiedades mejoradas de la reproducción cromática; en vez de la luz monocromáticamente amarilla de la lámpara de vapor de sodio de baja presión se produce una luz de color amarillento hasta blanco cálido con una reproducción cromática de moderada a buena. La mejora de la reproducción cromática, no obstante, se consigue a cambio de una reducción de la eficacia luminosa. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión son comparables en construcción y función a las de vapor de mercurio de alta presión, también disponen de un pequeño tubo de descarga que a su vez lleva otra ampolla de vidrio. Mientras que en las lámparas de vapor de mercurio de alta presión el tubo de descarga se fabrica en vidrio de cuarzo, el de las lámparas de vapor de sodio de alta presión se fabrica en óxido de aluminio, dado que los agresivos vapores de sodio que se originan por la alta presión atacarían el vidrio. Las lámparas disponen de un llenado a base de gases nobles y una amalgama de mercurio-sodio, en el que el gas noble y la parte

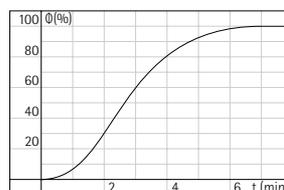
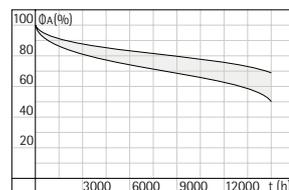
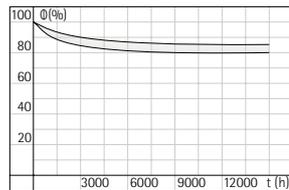
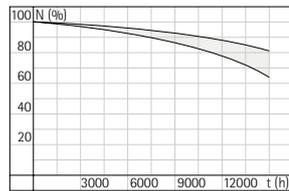
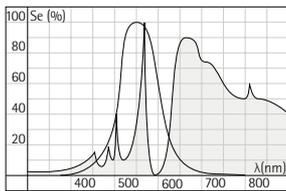
de mercurio sirven para el encendido y la estabilización de la descarga.

Una parte de estas lámparas disponen de un recubrimiento en la ampolla exterior que sirve únicamente para la reducción de la intensidad luminosa y una irradiación más difusa, no tiene fluorescencias.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión disponen de una eficacia luminosa más baja que las de baja presión, pero aun así su rendimiento luminoso está por encima de otras lámparas de descarga. Su duración de vida nominal es elevada. La reproducción cromática es de moderada a buena, pero en cualquier caso mejor que la de la luz monocromáticamente amarilla de la lámpara de vapor de sodio de baja presión. Estas lámparas de alta presión funcionan con reactancia y cebador. Necesitan algunos minutos para el encendido y un tiempo de enfriamiento antes del reencendido después de cualquier corte eléctrico. En algunos modelos de dos casquillos —uno en cada lado— es posible obtener un reencendido inmediato mediante un cebador especial o una reactancia electrónica. La disposición de enfoque por regla general no está limitada.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión se pueden adquirir como lámparas claras en forma tubular y como lámparas con capa de recubrimiento y forma elíptica. Además, existen lámparas compactas en forma de barra con doble casquillo, que permiten un reencendido inmediato, representando una fuente de luz especialmente compacta.

Distribución espectral relativa  $S_e(\lambda)$  de lámparas de vapor de sodio de alta presión. Con el aumento de la presión se invierte el espectro frente a la descarga de baja presión, se produce una distribución horizontal con un mínimo en el área de la descarga de baja presión.

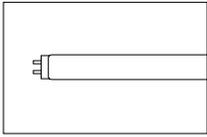


Comportamiento en el arranque: flujo luminoso de la lámpara  $\Phi$  en función del tiempo  $t$ .

Lámparas N en funcionamiento. Depreciación del flujo luminoso. Flujo resultante de una instalación  $\Phi_A$  como producto de  $N \cdot \Phi$ .

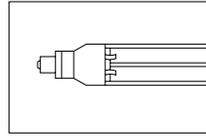
## 2.3 Luz y fuentes de luz

### 2.3.2 Lámparas de descarga



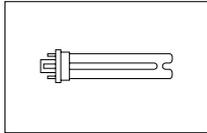
Lámpara fluorescente				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
T26	18	1350	590	26
	30	2400	895	
	36	3350	1200	
	38	3200	1047	
	58	5200	1500	
Casquillo: G13		Vida: 7000 h		

Lámparas fluorescentes en forma de tubo (diámetro 26 mm) en las potencias de consumo usuales.

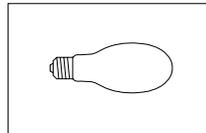


Lámpara de vapor de sodio de baja presión				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
LST	35	4800	310	54
	55	8000	425	54
	90	13500	528	68
	Casquillo: BY22d		Vida: 10000 h	

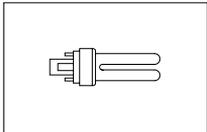
Lámpara de vapor de sodio de baja presión en su forma usual con casquillo en un solo lado y tubo de descarga en forma de U.



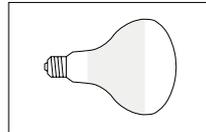
Lámpara fluorescente compacta				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
TC	7	400	138	12
	9	600	168	
	11	900	238	
Casquillo: G23		Vida: 8000 h		



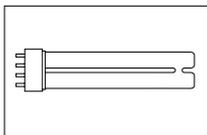
Lámpara de vapor de mercurio				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HME	50	2000	130	55
	80	4000	156	70
	125	6500	170	75
	250	14000	226	90
Casquillo: E27/E40		Vida: 8000 h		



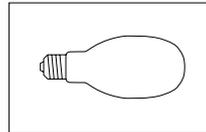
Lámpara fluorescente compacta				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
TC-D	10	600	118	12
	13	900	153	
	18	1200	173	
	26	1800	193	
Casquillo: G24		Vida: 8000 h		



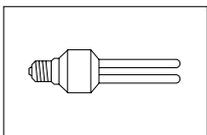
Lámpara reflectora vapor-mercurio				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HMR	80	3000	168	125
	125	5000		
Casquillo: E27		Vida: 8000 h		



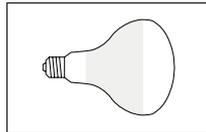
Lámpara fluorescente compacta				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
TC-L	18	1200	225	17
	24	1800	320	
	36	2900	415	
	40	3500	535	
	55	4800	535	
Casquillo: 2G11		Vida: 8000 h		



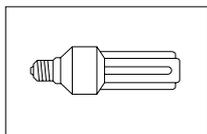
Lámpara de mezcla				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HME-SB	160	3100	177	75
Casquillo: E27		Vida: 5000 h		



Lámpara fluorescente compacta				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
TC-DEL	9	400	127	
	11	600	145	
	15	900	170	
	20	1200	190	
	23	1500	210	
Casquillo: E27		Vida: 8000 h		



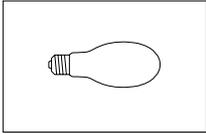
Lámpara reflectora de mezcla				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HMR-SB	160	2500	168	125
Casquillo: E27		Vida: 5000 h		



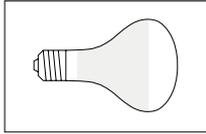
Lámpara fluorescente compacta				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
TC-DEL	15	900	148	58
	20	1200	168	
	23	1500	178	
Casquillo: E27		Vida: 8000 h		

Lámparas fluorescentes compactas en los modelos usuales TC, TC-D y TC-L y con equipo electrónico integrado y casquillo E27 TC-DEL.

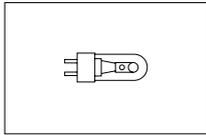
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión y lámparas de mezcla en forma elíptica y reflectoras. Elección de las diferentes potencias usuales para la iluminación interior con indicaciones del tipo de lámpara, potencia P, flujo luminoso Ø, longitud l y diámetro d.



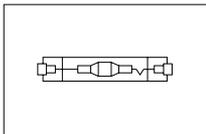
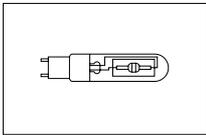
Lámpara de halogenuros metálicos				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HIE	75	5500	138	54
	100	8500	138	54
	150	13000	138	54
	250	17000	226	90
Casquillo: E27/E40 Vida: 5000 h				



Lámpara reflectora de halogenuros metálicos				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HIR	250	13500	180	125
Casquillo: E40 Vida: 6000 h				



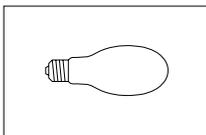
Lámpara de halogenuros metálicos				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HIT	35	2400	84	26
	70	5200		
	150	12000		
Casquillo: G12/PG12 Vida: 5000 h				



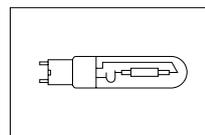
Lámpara de halogenuros metálicos				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HIT-DE	75	5500	114	20
	150	11250	132	23
	250	20000	163	25
Casquillo: RX7s Vida: 5000 h				

Lámparas de vapor de sodio de alta presión en forma elíptica y tubular, con un solo casquillo o con uno a ambos lados. Elección de las potencias usuales en la iluminación de interiores.

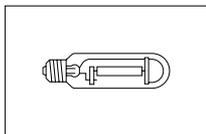
Lámparas de halogenuros metálicos en forma elíptica y reflectoras, con un solo casquillo o con uno a ambos lados. Elección de las potencias usuales en la iluminación de interiores.



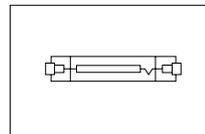
Lámpara de vapor de sodio de alta presión				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HSE	50	3500	156	70
	70	5600	156	70
	100	9500	186	75
	150	14000	226	90
	250	25000	226	90
Casquillo: E27/E40 Vida: 10000 h				



Lámpara de vapor de sodio de alta presión				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HST	35	1300	149	32
	70	2300		
	100	4700		
Casquillo: PG12 Vida: 5000 h				



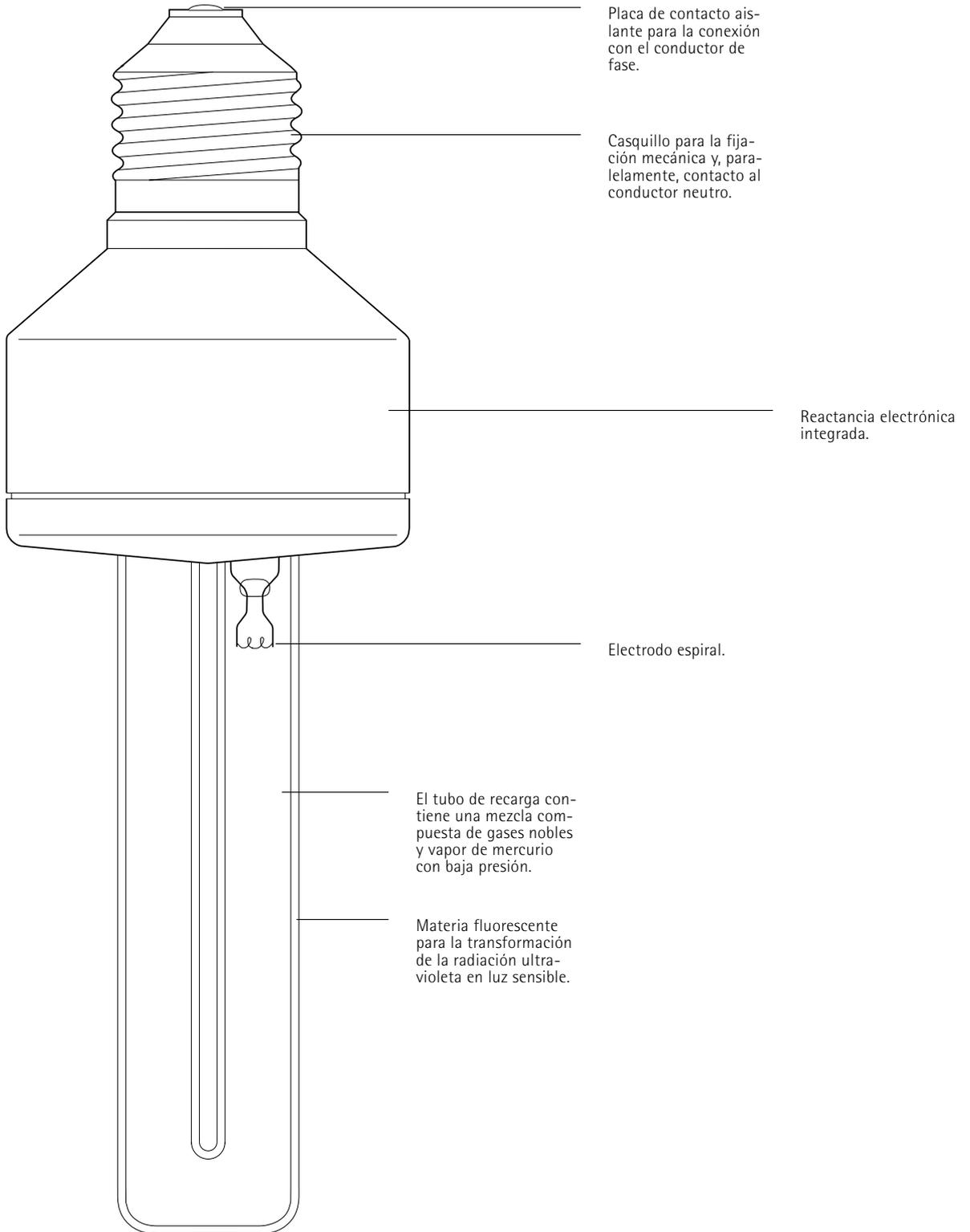
Lámpara de vapor de sodio de alta presión				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HST	50	4000	156	37
	70	6500	156	37
	100	10000	211	46
	150	17000	211	46
	250	33000	257	46
Casquillo: E27/E40 Vida: 10000 h				



Lámpara de vapor de sodio de alta presión				
Tipo	P (W)	Ø (lm)	l (mm)	d (mm)
HST-DE	70	7000	114	20
	150	15000	132	23
	Casquillo: RX7s Vida: 10000 h			

2.3 Luz y fuentes de luz  
2.3.2 Lámparas de descarga

Lámpara fluorescente compacta con reactancia integrada y casquillo de rosca. Este tipo de lámpara se utiliza sobre todo en el área privada como alternativa económica frente a la tradicional lámpara incandescente.



## Equipos de estabilización y control

En el servicio de instalaciones de iluminación se aplican a menudo equipos adicionales aparte de lámparas y luminarias. Destacan sobre todo los equipos de estabilización, que son necesarios para el funcionamiento de numerosos tipos de lámparas. Los equipos de mando, en cambio, no son un requisito para el funcionamiento de luminarias. Pueden servir para conectarlas y controlar su luminosidad —ocasionalmente también otras propiedades de la luminaria—.

### 2.4.1 Equipos eléctricos para lámparas de descarga

Característica de todas las lámparas de descarga es su corriente negativa, es decir, cuando baja la tensión aumenta la corriente de la lámpara. Al contrario de lo que ocurre con las lámparas incandescentes, en las que la corriente se limita por la resistencia del filamento, en las lámparas de descarga se produce, por la torrencial ionización del gas, un continuo aumento de la corriente de la lámpara, que podría llevar a la destrucción de la misma.

Para el funcionamiento de lámparas de descarga se necesitan, por tanto, reactancias con limitador de corriente. Estas pueden consistir, en el caso más sencillo, en una resistencia ohmica. No obstante, debido al calentamiento de la resistencia, se producen grandes pérdidas de energía, por lo que esta forma de limitador de corriente prácticamente no se utiliza; sólo la encontramos en las lámparas de luz de mezcla, que utilizan un filamento incandescente como resistencia ohmica. La limitación de la corriente de la lámpara por condensadores acoplados, es decir, mediante una resistencia capacitiva, sin duda produce menores pérdidas de energía, pero por otro lado reduce la duración de vida de las lámparas, por lo que tampoco son usuales. En la práctica, la limitación de la corriente se consigue sobre todo mediante el acoplamiento de resistencias inductivas como bobinas de choque y transformadores, más considerando que estas reactancias ofrecen adicionalmente la ventaja de que se pueden utilizar para la producción de la tensión de encendido para el encendido de la lámpara. Además de las reactancias inductivas ganan en importancia los equipos electrónicos de estabilización de alta frecuencia, que aparte de su función como elementos limitadores de corriente, se ocupan adicionalmente del encendido y de un funcionamiento más efectivo de la lámpara. La tensión de encendido de las lámparas de descarga se sitúa en cualquier caso claramente por encima de su tensión de servicio y por regla general también por encima de la tensión de red disponible. Por este motivo se necesitan equipos especiales para el encendido de la lámpara. Aquí se puede tratar de electrodos auxiliares integrados en la lámpara, que ioni-

## 2.4 Equipos de estabilización y control

### 2.4.1 Lámparas de descarga

zan el contenido de la lámpara mediante una descarga por efluvios. Pero en la mayoría de los casos se origina el encendido por un impulso de tensión. Este impulso de tensión se puede producir inductivamente mediante dispositivo de arranque y reactancia, en cambio se requiere un transformador de campo de dispersión o arrancador para tensiones de encendido más altas. Mientras tanto también se pueden adquirir dispositivos de arranque y cebadores en versiones electrónicas.

#### 2.4.1.1 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes funcionan en el caso más sencillo con una *reactancia convencional* (RC) y un cebador. La reactancia trabaja aquí como resistencia inductiva; se compone de una bobina de inducción con núcleo de chapa de hierro imantada y arrollamiento de cobre.

Las reactancias convencionales representan la forma más económica entre las reactancias. No obstante, causan importantes pérdidas de energía por su propia emisión de calor.

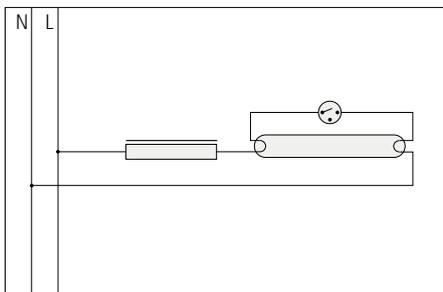
Las *reactancias de bajas pérdidas* (RBP) son comparables a las convencionales; se utilizan sólo materiales de primera calidad para el núcleo e hilos de cobre más gruesos para reducir las pérdidas de energía en el equipo estabilizador. Las reactancias de bajas pérdidas son sólo algo más caras que las convencionales y por eso se imponen cada vez más.

Las *reactancias electrónicas* (RE) se diferencian no sólo en peso y forma, sino también en la función de las reactancias convencionales e inductivas. Se componen de un filtro, que evita los efectos retroactivos sobre la red, un rectificador y un oscilador de alta frecuencia.

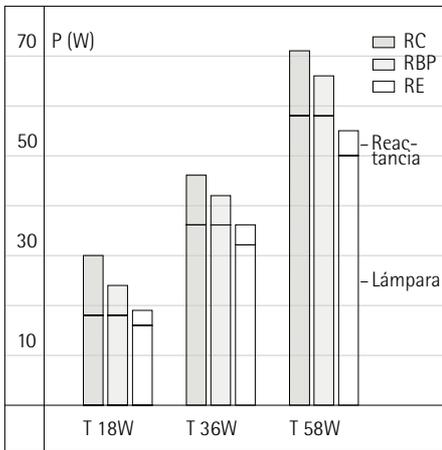
Las reactancias electrónicas poseen un dispositivo de arranque integrado, de modo que no necesitan ningún cebador adicional. Proporcionan un arranque inmediato libre de parpadeos y disponen de un sistema de desconexión automático, que evita los repetidos intentos de encendido en caso de lámparas defectuosas. Conexión y funcionamiento discurren sin problemas al igual que ocurre con las lámparas incandescentes.

Debido al servicio de alta frecuencia de las lámparas con 25-40 kHz, se producen una serie de ventajas. Destaca sobre todo una eficacia luminosa más elevada, lo cual conlleva que la potencia de luz usual para reactancias convencionales se pueda conseguir con menor consumo de energía. Al mismo tiempo se reduce claramente la potencia de pérdidas en la reactancia. La alta frecuencia de servicio impide, además, los efectos estroboscópicos y de centelleo; se evitan influencias perturbadoras magnéticas y el zumbido de las reactancias convencionales.

Las reactancias electrónicas son ampliamente insensibles a las fluctuaciones



Esquema de conexión de una lámpara fluorescente con reactancia inductiva y cebador (no compensado).



Potencia absorbida P (potencia de lámpara y potencia de pérdidas de la reactancia) en las lámparas fluorescentes usuales que funcionan con reactancia convencional (RC), de bajas pérdidas (RBP) y electrónica (RE).

de tensión y frecuencia, pueden funcionar tanto con 50 como con 60 Hz y con tensiones entre 200 y 250 V. Como también son apropiadas para el servicio con corriente continua, las lámparas fluorescentes con reactancia electrónica pueden ser conmutadas automáticamente a batería en caso de fallos en el fluido eléctrico y de este modo utilizarse como iluminación de emergencia. El precio para las reactancias electrónicas, no obstante, se sitúa por encima de los precios para equipos inductivos.

En la utilización de reactancias inductivas, las lámparas fluorescentes se encienden adicionalmente con cebadores. Con esto cierra el cebador primero un precircuito de caldeo, de modo que se precalientan los electrodos de la lámpara. Con el suficiente precalentamiento, el cebador interrumpe el circuito eléctrico, donde se induce un impulso de tensión en la reactancia, que enciende la lámpara.

El *cebador por efluvios* representa la forma más sencilla de cebador. Se compone de dos electrodos bimetalicos dentro de un tubito de vidrio lleno de gas noble. Al efectuar la conexión se produce entre los electrodos del cebador una descarga por efluvios, que calienta los electrodos. Debido a ello los electrodos bimetalicos establecen contacto, cerrando así el circuito de caldeo de la lámpara fluorescente. Al poco tiempo los electrodos del cebador se han enfriado hasta el punto de abrirse. Por esta interrupción se produce el impulso de tensión para el encendido de la lámpara. Después del encendido de la lámpara en el cebador sólo queda la tensión de servicio de la lámpara. Ésta no es suficiente para hacer funcionar la descarga por efluvios en el cebador, de modo que los electrodos quedan abiertos y así no ocurre ningún calentamiento permanente de las lámparas.

Los cebadores por efluvios constituyen el modo de arranque más frecuente y económico. No obstante, tienen una desventaja: con lámparas defectuosas los intentos de arranque son ininterrumpidos, lo que origina las consiguientes molestias debido al zumbido y la luz parpadeante de la lámpara. Por otra parte, se pueden producir problemas de arranque en caso de baja tensión o bajas temperaturas del entorno, debido a períodos de precalentamiento demasiado cortos de la lámpara.

El *cebador de seguridad* puede compararse con el cebador por efluvios. En cambio, dispone adicionalmente de un dispositivo de seguridad que desconecta el cebador después de varios intentos de encendido y de este modo queda asegurado contra el arranque ininterrumpido de una lámpara defectuosa. Después de pulsar el botón de seguridad el cebador vuelve a estar dispuesto para el servicio.

Los *cebadores térmicos* disponen de contactos, que al efectuar la conexión ya se encuentran cerrados. La apertura de los contactos se produce mediante un

elemento radiante adicional, que calienta una tira bimetalica o un alambre dilatador. Como el cebador no abre hasta alcanzar el suficiente calentamiento y el precalentamiento se prolonga automáticamente con condiciones desfavorables de temperatura y tensiones, queda asegurado un arranque sin problemas. Además, la fase de arranque hasta el contacto final no tiene lugar, de modo que los cebadores térmicos encienden con más rapidez que los cebadores por efluvios. Pero los térmicos son más caros que los cebadores por efluvios. En parte necesitan una alimentación de corriente de filamento por separado mediante la reactancia.

Los *cebadores electrónicos* producen un cerrar y abrir del precircuito de caldeo independiente de contactos mecánicos. Se ocupan de un arranque rápido y seguro bajo cualquier condición ambiental; intentos permanentes de encendido con lámparas defectuosas quedan excluidos.

#### 2.4.1.2 Lámparas fluorescentes compactas

Las lámparas fluorescentes compactas funcionan con las mismas reactancias que las fluorescentes convencionales. En las lámparas con casquillo bipolar el cebador se encuentra integrado, de modo que puede funcionar sin cebador adicional con reactancias inductivas. Las lámparas con casquillo tetrapolar pueden funcionar con reactancia inductiva y cebador o con reactancia electrónica.

#### 2.4.1.3 Tubos luminosos (neón)

Las lámparas tubulares de descarga necesitan una tensión de servicio que en cualquier caso debe estar por encima de la tensión de red disponible. Funcionan con un transformador de campo de dispersión, que con su alta tensión en vacío se ocupa de encender la lámpara, pero que para el funcionamiento de la lámpara sólo suministra la tensión de servicio más baja. Por lo tanto, no se necesitan dispositivos de arranque y encendido adicionales. Para el funcionamiento de lámparas tubulares de descarga con tensiones de 1000 V o superiores, se deben tener en cuenta las disposiciones para instalaciones con este tipo de lámparas y líneas de alta tensión (VDE 0128, 0713, 0250). Por este motivo se montan cada vez más instalaciones con tubos luminosos más cortos y tensiones por debajo de los 1000 V, que bastan para cumplir con las disposiciones para instalaciones de bajo voltaje (VDE 0100).

#### 2.4.1.4 Lámparas de vapor de sodio de baja presión

Algunas lámparas de vapor de sodio de baja presión tubulares pueden funcionar —como las lámparas fluorescentes— con

bobina de inducción y arrancador adicional, pero generalmente la tensión de servicio y de encendido es tan elevada que se utiliza un transformador de campo de dispersión para el encendido y limitador de corriente.

2.4.1.5 Lámparas de vapor de mercurio de alta presión

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión se encienden mediante la descarga por efluvios en un electrodo auxiliar, por lo que necesitan adicionalmente un arrancador o cebador. Como limitador de corriente —al igual que en las lámparas fluorescentes— se utilizan reactancias inductivas, que no obstante deben estar preparadas para la corriente más alta de las lámparas de alta presión.

2.4.1.6 Lámparas de halogenuros metálicos

Las lámparas de halogenuros metálicos funcionan con reactancias inductivas. Por regla general se necesita para el encendido un arrancador adicional (generador de impulsos). Para la iluminación de determinadas instalaciones de circulación y lugares de reuniones se requiere un reencendido inmediato de las lámparas después de cortes en el fluido eléctrico. Este es posible mediante arrancadores especiales que proporcionan las necesarias altas tensiones de encendido.

Para este tipo de lámparas también se suministran equipos electrónicos de estabilización. Muestran propiedades y ventajas similares a las reactancias para lámparas fluorescentes, además de posibilitar el reencendido inmediato de las lámparas después de cortes en el fluido eléctrico.

2.4.1.7 Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión funcionan con reactancias inductivas. Su tensión de encendido es tan alta que requieren un arrancador.

Algunas lámparas de doble casquillo permiten el reencendido a temperatura de régimen. Para ello se precisan —como en las lámparas de halogenuros metálicos— un arrancador especial para las necesarias altas tensiones de encendido y la instalación correspondiente para las mismas. Para este tipo de lámparas también se suministran reactancias electrónicas.

2.4.2 Compensación y conexión de lámparas de descarga

Las reactancias inductivas producen a través del desplazamiento de fase de la tensión frente a la corriente una parte de co-

rriente desfasada: disponen de un factor de potencia ( $\cos \phi$ ) claramente inferior a 1. Como las corrientes desfasadas producen una carga sobre las redes conductoras, las compañías de suministro eléctrico exigen una compensación de la parte de corriente desfasada en las instalaciones de iluminación más grandes, es decir, un acercamiento del factor de potencia a 1. La compensación se produce mediante condensadores, los cuales compensan el desplazamiento de fase causado por inductividad a través de un desplazamiento contrapuesto. La compensación es posible para cada una de las luminarias, para un grupo y de modo central para una instalación completa. El factor de potencia se acerca mucho al 1 con reactancias electrónicas, de modo que una compensación no tiene lugar.

Las lámparas fluorescentes que funcionan con reactancias inductivas se pueden compensar mediante condensadores, que están conectados en paralelo o en línea con la reactancia.

Si un condensador compensador es conectado en línea con la reactancia, se produce una *conexión capacitiva*. Como en este caso el factor de potencia se compensa por encima del valor 1 hasta la zona capacitiva, este tipo de conexión también se puede denominar de *sobrecompensación*. La conexión permite el funcionamiento de una segunda lámpara con reactancia no compensada en paralelo, de modo que se produce una *conexión dúo*. Ventaja de la conexión dúo es que ambas lámparas trabajan con desplazamiento de fase. De este modo se evitan efectos de centelleo y apariciones estroboscópicas en los puestos de trabajo con piezas de maquinaria rotatorias. Otro método para reducir estos efectos es la conexión en secuencia de las lámparas a las tres fases de una red de corriente trifásica.

Se habla de una *conexión inductiva* en caso de las reactancias sin condensador compensador. La compensación se produce aquí mediante un condensador conectado en paralelo.

El funcionamiento de dos lámparas fluorescentes en línea es posible con una reactancia correspondientemente medida; esta conexión se denomina *conexión en tándem*.

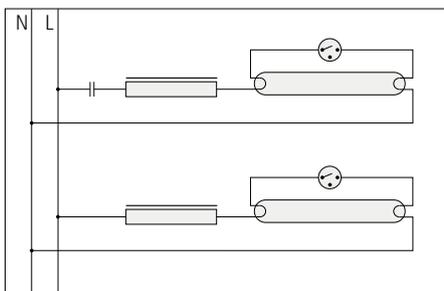
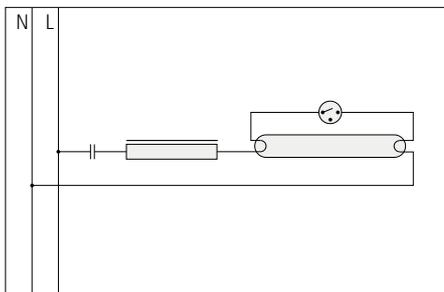
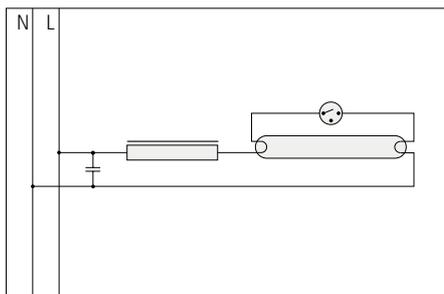
2.4.3 Desparasitación de emisión y limitación de otras interferencias

Las lámparas de descarga y sus equipos de estabilización pueden causar una serie de interferencias tanto en la red de suministro como en su entorno. Destacan sobre todo las desparasitaciones de emisión, que emanan tanto de los arrancadores y cebadores como de la propia lámpara de descarga. Las desparasitaciones se pueden limitar mediante condensadores antiparásito correspondientemente medidas.

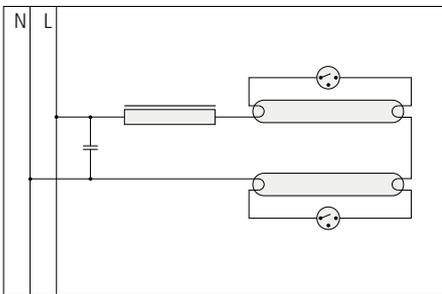
Esquemas de conexión para lámparas fluorescentes. Conexión compensada: compensación de la corriente desfasada mediante condensador conectado en paralelo (arriba).

Conexión capacitiva: sobrecompensación de la corriente desfasada mediante condensador conectado en serie (centro).

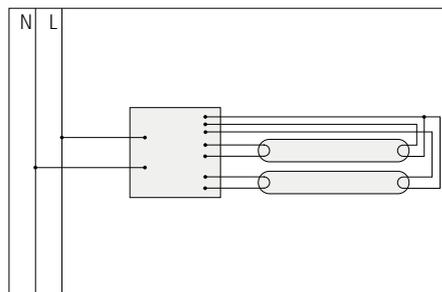
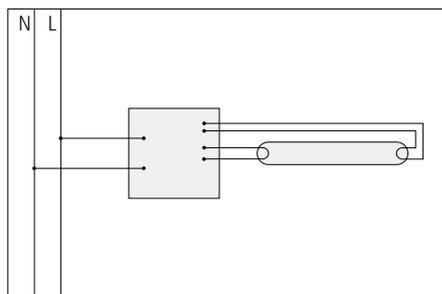
Conexión dúo: combinación de una conexión no compensada y otra sobrecompensada (abajo).



Esquemas de conexión para lámparas fluorescentes. Conexión en tándem: funcionamiento de dos lámparas en serie con una reactancia (compensado en paralelo).



Esquemas de conexión para lámparas fluorescentes. Funcionamiento con reactancia electrónica: cebador y condensador son suprimidos. Conexión de una lámpara (arriba) y de dos lámparas (abajo).



Equipos de estabilización y luminarias deben corresponder según su aplicación a las exigencias mínimas en cuanto a la desparasitación de emisión (generalmente categoría de valor límite B, VDE 0875) y llevar las correspondientes marcas de control. Efectos retroactivos de la red por ondas armónicas también deben encontrarse bajo determinados valores límite (VDE 0712).

En el campo médico el funcionamiento de los aparatos de electrocardiograma y electrocefalograma, por ejemplo, puede quedar afectado por interferencias por los campos eléctricos y magnéticos que emanan de las instalaciones de luminarias, sobre todo de conducciones, reactancias y transformadores. Por este motivo existen disposiciones especiales para las instalaciones eléctricas (VDE 0107) en consultas médicas, clínicas y otros espacios parecidos.

Instalaciones de control radioeléctrico con audiofrecuencia, por ejemplo para la conexión de acumuladores nocturnos de calefacciones y alumbrados públicos, pueden sufrir interferencias a través de reactancias con compensación en paralelo.

#### 2.4.4 Transformadores para instalaciones de bajo voltaje

Además de las reactancias y los arrancadores para lámparas de descarga, los transformadores para instalaciones de bajo voltaje forman el segundo grupo importante dentro de los equipos de estabilización para luminarias. Hasta hace pocos años las instalaciones de bajo voltaje en la iluminación arquitectónica sólo jugaba un papel secundario. Esto cambió con la aparición de las lámparas halógenas de bajo voltaje, que se han convertido en una de las fuentes de luz privilegiadas en los campos de presentación e iluminación representativa.

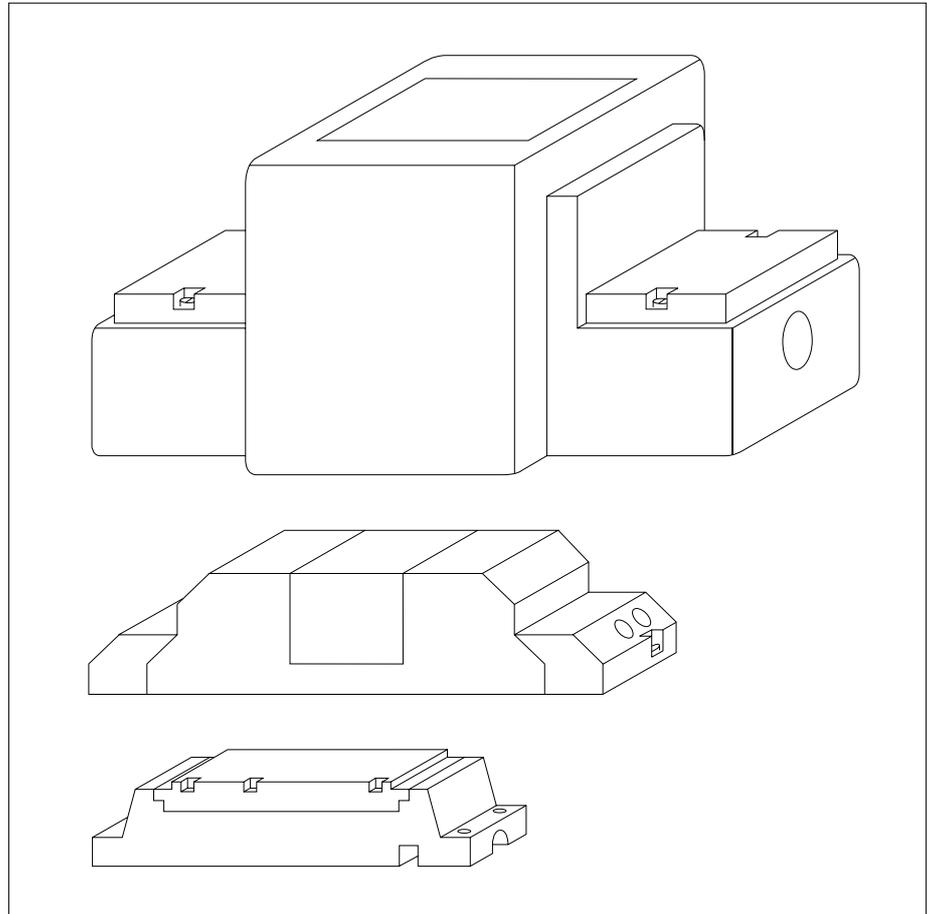
La tensión reducida necesaria para las instalaciones de bajo voltaje en el área por debajo de 42 V (generalmente 6, 12 o 24 V) se produce en la tensión de red con ayuda de transformadores, que pueden ser parte de la luminaria o encontrarse instalados fuera de la misma, alimentando a una o más luminarias.

Los transformadores presentan una interfaz entre la tensión de red y las tensiones reducidas, para los cuales son válidas otras disposiciones de seguridad. Para asegurar que la tensión de red bajo ninguna circunstancia pase a la instalación de bajo voltaje en caso de interferencias, se deben utilizar transformadores de seguridad según las normas VDE 0551.

Si los transformadores han de instalarse sobre superficie inflamables, deben llevar adicionalmente —igual que las luminarias— un signo  $\nabla$  o  $\nabla \nabla$ . Mediante un termostato queda asegurado que en estos transformadores no se puedan alcanzar sobretemperaturas.

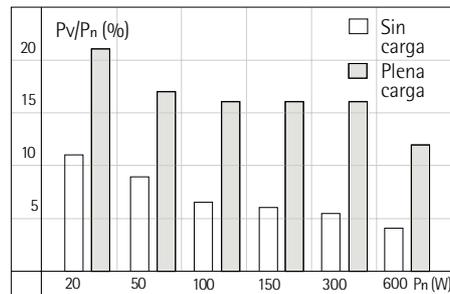
Los transformadores para instalaciones de bajo voltaje deben estar asegurados en el primario. Para ello se utilizan fusibles inertes, porque al efectuar la conexión pueden fluir a corto plazo corrientes de hasta 20 veces la corriente nominal. Lo que se debería tener en cuenta en la técnica del bajo voltaje son las posibles caídas de tensión en los cables, condicionadas por altas intensidades de corriente en tensiones bajas. Éstas puede limitarse mediante las correspondientes secciones de línea y tramos de cable cortos; algunos transformadores disponen tanto en el primario como en el secundario de adicionales tomas de tensión, de modo que se pueden compensar las caídas de tensión en longitudes de alimentación más largas.

Los transformadores electrónicos son comparables a las reactancias electrónicas en su modo de funcionamiento y propiedades. Sobre todo hay que nombrar el modo de trabajar con altas frecuencias, que posibilita las dimensiones más pequeñas de los aparatos, el menor peso y más bajas potencias de pérdida. Los transformadores electrónicos proporcionan una tensión ampliamente independiente de la carga, de modo que son indicados para pequeñas cargas parciales. Al igual que ocurre con las reactancias electrónicas, también aquí es posible el funcionamiento con corriente continua para la iluminación de emergencia. El precio para transformadores electrónicos es superior a los de equipos convencionales.



Tamaños de transformadores para instalaciones de bajo voltaje: transformador de seguridad 600 W (arriba) y 100 W (centro), transformador electrónico 100 W (abajo).

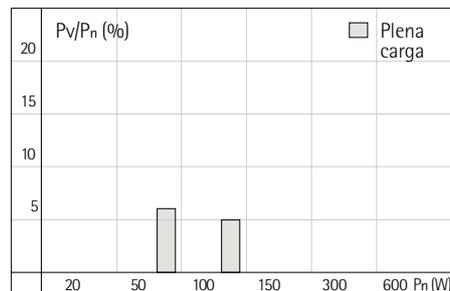
$P_n$ (W)	G (kg)	l (mm)	b (mm)	h (mm)
20	0,5	120	56	50
50	1,0	155	56	50
100	1,8	210	56	50
150	2,6	220	90	90
300	5,5	290	150	130
600	9,2	310	150	130

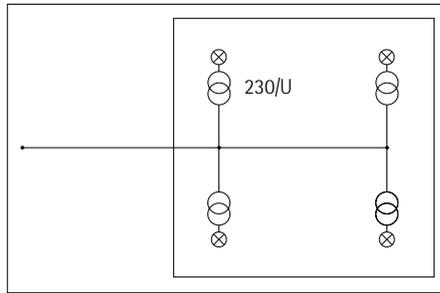


Potencia de pérdida relativa ( $P_v/P_n$ ) de transformadores con distinta potencia nominal  $P_n$  en los transformadores de seguridad (arriba) y electrónicos (abajo) usuales. Indicaciones para sin carga y plena carga.

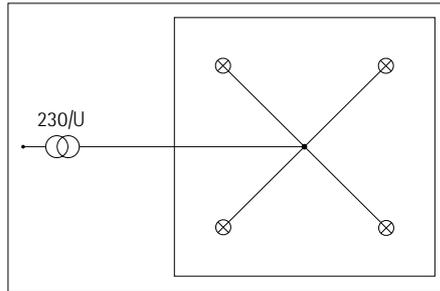
$P_n$ (W)	G (kg)	l (mm)	b (mm)	h (mm)
50	0,2	155	45	30
100	0,2	155	45	30

Potencia nominal ( $P_n$ ), peso (G) y dimensiones (l, b, h) de transformadores de seguridad (arriba) y electrónicos (abajo) usuales.

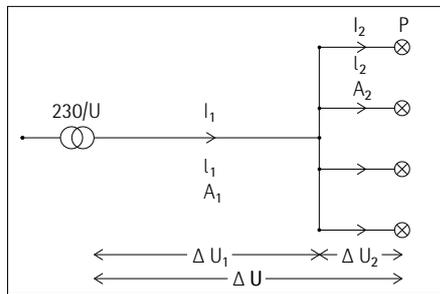




Instalación de bajo voltaje con transformadores individuales. La conducción de toma desde el transformador hasta la luminaria debe ser lo más corta posible, para mantener baja la caída de tensión; el transformador también puede ser parte de la luminaria.



Instalación de bajo voltaje con transformador con salidas múltiples. Cableado en forma de estrella para lograr las mismas longitudes de líneas entre transformador y luminarias; todas las lámparas reciben de este modo la misma tensión de alimentación.



La caída de tensión total  $\Delta U$  de una instalación de bajo voltaje cableado en forma de estrella con transformador con salida múltiple resulta como suma de las caídas de

tensión individuales  $\Delta U_1 + \Delta U_2$ . Las caídas de tensión individuales se calculan según fórmula, donde  $I_2$  resulta de la potencia de todas las lámparas  $4P/U$  y  $I_2$  de  $P/U$ .

$$\Delta U = 0,035 \cdot \frac{I \cdot l}{A}$$

$$[\Delta U] = V$$

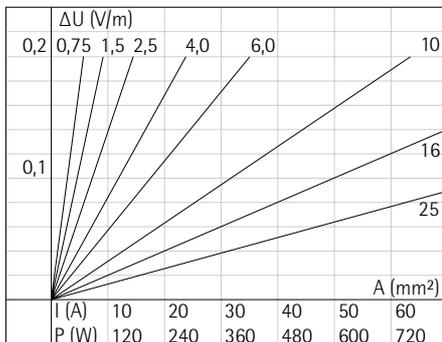
$$[I] = A$$

$$[l] = m$$

$$[A] = mm^2$$

Caída de tensión  $\Delta U$  para el conductor de cobre en función de la intensidad de corriente, longitud de la línea y sección del conductor.

Caída de tensión  $\Delta U$  por 1 m de longitud de línea en función de la intensidad de corriente  $I$  y de la potencia de la lámpara  $P$ , respectivamente, para distintas secciones del conductor  $A$ . Válido para instalaciones con una tensión de 12 V.



$A$ (mm <sup>2</sup> )	$I$ (A)
0,75	12
1,0	15
1,5	18
2,5	26
4,0	34
6,0	44
10,0	61
16,0	82
25,0	108

Carga admisible de corriente  $I$  de líneas con varios cables de la sección del conductor  $A$ .

$A$ (mm <sup>2</sup> )	$n$	$d$ (mm)
1,5	2	10
	3	10
	5	11
2,5	2	11
	3	11
	5	13
4,0	3	13
	5	15

Sección exterior  $d$  de líneas alámbricas revestidas con el número de conductores  $n$  para distintas secciones del conductor  $A$ .

### 2.4.5 Regulación del flujo luminoso

Para numerosas aplicaciones resulta conveniente no sólo conectar y desconectar una instalación de iluminación o grupos de luminarias sueltas, sino también poder controlar su luminosidad. De este modo se posibilita una adaptación a los diferentes espacios y condiciones ambientales; adicionalmente se obtiene un ahorro de energía evidente debido al control de fase que trabaja casi sin pérdidas. No obstante, las posibilidades y condiciones de la regulación del flujo luminoso varían considerablemente según el tipo utilizado de fuentes de luz.

#### 2.4.5.1 Lámparas incandescentes y halógenas incandescentes

Las lámparas incandescentes convencionales y halógenas incandescentes para tensión de red representan las fuentes de luz más sencillas para regulación con dimmer. Sencillas regulaciones de control de fase son apropiadas para regular aquí el flujo luminoso.

El flujo luminoso de las lámparas incandescentes se puede regular desde su plena potencia de luz hasta casi su total oscurecimiento. Una pequeña reducción del flujo luminoso ya causa considerables variaciones en cuanto a las propiedades de la lámpara; el flujo luminoso disminuye desproporcionalmente, la duración de vida de la lámpara aumenta y el color de luz se va transformando en colores más cálidos. Como esta disminución de la temperatura de color ya se conoce por fenómenos naturales (puesta de sol, fuego que se va extinguiendo), el cambio del color de luz al regular el flujo luminoso se percibe como algo agradable.

#### 2.4.5.2 Lámparas halógenas de bajo voltaje

Las lámparas halógenas de bajo voltaje tienen un comportamiento similar a las lámparas incandescentes convencionales. No obstante, por la variada influencia que tienen dimmer y transformador, se producen mayores exigencias a estos equipos. Así, no se pueden utilizar dimmers convencionales, más bien han de ser especiales para instalaciones de bajo voltaje. También los transformadores utilizados deben estar admitidos para el funcionamiento con regulación y equipados con cortacircuitos, necesarios para las altas intensidades de conexión que se producen.

La regulación del flujo luminoso se realiza principalmente en el primario. Si se utilizan transformadores electrónicos, en parte se podrán emplear dimmers convencionales, no obstante, existen algunos fabricados que necesitan dimmers especialmente adaptados.

#### 2.4.5.3 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes también permiten una regulación del flujo luminoso. El comportamiento de estas lámparas con regulación del flujo luminoso, no obstante, difiere del de las incandescentes con regulación, sobre todo por la relación casi lineal de la corriente de la lámpara y el flujo luminoso. Mientras que una lámpara incandescente con una disminución de corriente del 10 % ya se encuentra reducida al 50 % del flujo luminoso, en el caso de las fluorescentes se debe reducir el 50 % de la corriente de la lámpara para la misma posición de regulación. Las lámparas fluorescentes no varían su color de luz con la regulación del flujo luminoso. Sobre todo con colores de luz más fríos e iluminancias más bajas esto se puede interpretar como algo poco natural. Para la regulación del flujo luminoso de lámparas fluorescentes se utilizan dimmers especiales, en cambio, algunas regulaciones del flujo luminoso para lámparas fluorescentes no son posibles a excepción de iluminancias muy bajas. Esto sobre todo se debe tener en cuenta, por ejemplo, para las instalaciones de iluminación en salas de conferencias, donde se necesitan unas regulaciones especialmente bajas para proyecciones de diapositivas o vídeo. Una serie de reguladores de la intensidad luminosa para lámparas fluorescentes necesitan adicionalmente un cuarto cable para el calentamiento de electrodos, por lo que se descartan tales sistemas para regular lámparas fluorescentes conectadas a raíles electrificados, dado que los usuales sólo disponen de tres cables conductores.

Al efectuar la regulación de flujo luminoso, los cables entre dimmer y luminaria se cargan de corrientes desfasadas, que no se pueden compensar: una compensación de la instalación sólo sería posible fuera del circuito de regulación. Estas corrientes desfasadas se deben tener en cuenta en el dimensionado de cables y equipos de estabilización.

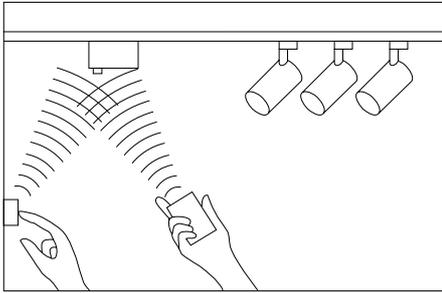
La regulación del flujo luminoso de lámparas fluorescentes se puede efectuar indistintamente según los tipos de lámpara, reactancias y dimmers utilizados.

Lámparas de 26 mm en reactancias inductivas necesitan un transformador de caldeo con ayuda de encendido electrónico. Otra solución para la regulación del flujo luminoso de lámparas fluorescentes de 26 mm es la utilización de reactancias electrónicas especiales, que ocasionalmente deben utilizarse con el correspondiente dimmer adaptado, pero si no pueden funcionar con cualquier dimmer para lámparas fluorescentes. Además, se necesitan por luminaria filtros especiales de inducción o una reactancia convencional que se utiliza como tal. Algunas de estas regulaciones de la intensidad luminosa permiten un funcionamiento con cables de tres conductores, por lo que también

## 2.4 Equipos de estabilización y control

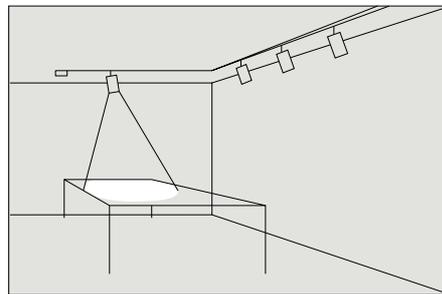
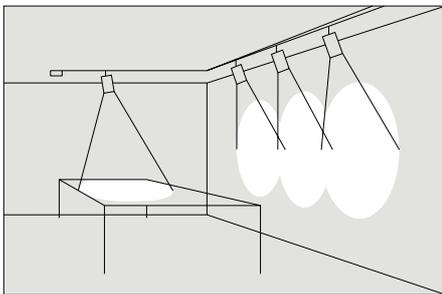
### 2.4.6 Mando a distancia

#### 2.4.7 Sistemas de luz programada



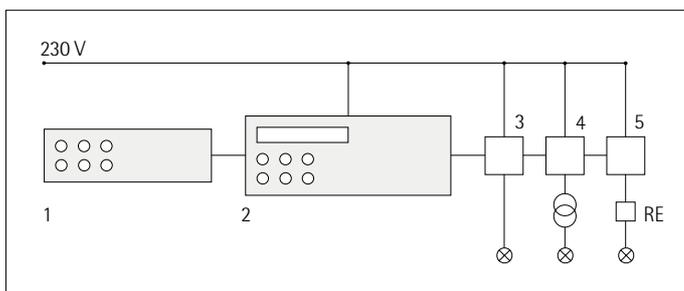
Instalación de railes electrificados con mando a distancia de 3 canales. El receptor se puede activar por emisor manual o montado en la pared.

Ejemplo de mando a distancia de una instalación de railes electrificados trifásicos mediante conexión y regulación de circuitos de carga individuales.



Representación esquemática de una instalación de luz programable. Los elementos de mando (1) instalados en cada espacio dan la posibilidad de solicitar las escenas de luz preprogramadas. En el aparato de control

central (2) se programan y almacenan las situaciones de regulación de escenas de luz. Elementos de carga sirven para la regulación de lámparas incandescentes (3), halógenas de bajo voltaje (4) y fluorescentes (5).



son apropiadas para funcionar con railes electrificados. Con la utilización de reactancias electrónicas se evitan los molestos efectos de centelleo que se producen en la regulación con frecuencia de la red.

La antes usual regulación de lámparas de 38 mm en reactancias inductivas es ya sólo de una importancia secundaria. Requiere lámparas especiales con ayudas de encendido, así como transformadores de caldeo para el caldeo permanente de los electrodos de lámpara.

#### 2.4.5.4 Lámparas fluorescentes compactas

No es posible la regulación de lámparas fluorescentes compactas con casquillo bipolar (cebador integrado). Tipos de lámparas con casquillo tetrapolar se regulan como las lámparas fluorescentes convencionales de 26 mm.

#### 2.4.5.5 Otras lámparas de descarga

Por regla general no se regulan lámparas de descarga de alta presión ni de vapor de sodio de baja presión, debido a que no se puede garantizar un comportamiento de encendido constante y las propiedades de la lámpara en caso de una regulación del flujo luminoso empeorarían.

### 2.4.6 Mando a distancia

Las instalaciones de telemando ofrecen la posibilidad de controlar luminarias de modo individual o circuitos de carga con ayuda de un mando a distancia. Para ello se instalan elementos receptores en las luminarias, en estructuras luminosas o cajas de distribución; estos receptores encienden o regulan el flujo luminoso de las luminarias conectadas mediante señales infrarrojas. Con la correspondiente codificación de señales, en un espacio se pueden controlar varias luminarias o circuitos de carga por separado. Las instalaciones de telemando se utilizan en primer lugar para controlar la iluminación mediante un emisor manual desde cualquier lugar del espacio. Más importante es la posibilidad de poder separar un solo circuito de carga en varios circuitos con control por separado. Para el funcionamiento de railes electrificados se ofrecen elementos receptores especiales, que controlan todos los circuitos de carga del rail. De este modo, sobre todo en edificaciones más antiguas con un solo circuito eléctrico disponible por espacio, se puede proporcionar una iluminación diferenciada del espacio sin costosos trabajos de instalación.

#### 2.4.7 Sistemas de luz programada

El cometido de una instalación de iluminación consiste en la creación óptima de

las condiciones perceptivas para cada situación. La iluminación debe proporcionar en primer lugar la percepción de las tareas visuales y luego una movilidad segura de espacio a espacio. Pero además también se deben considerar los efectos estéticos y psicológicos, es decir, proporcionar las posibilidades de orientación, remarcar estructuras arquitectónicas y apoyar el mensaje de una arquitectura. Ya mediante sencillas tareas de iluminación se puede demostrar que estas exigencias no se pueden cumplir por un solo concepto de luz. Así, ya surgen diferentes exigencias a la iluminación debido a las cambiantes condiciones ambientales: las condiciones para una iluminación de noche son distintas que para una iluminación adicional de día. Más aún se diferencian las exigencias a una instalación de luz debido a una variada utilización del espacio, por ejemplo el cambio de representaciones en un palacio o pabellón multiuso, la variación de exposiciones en un museo o incluso la utilización de un espacio de oficina para trabajos administrativos o de conferencias, respectivamente.

Para cumplir los requisitos en entornos y funciones diferentes, una instalación luminosa deberá trabajar en varios estados regulables y de control. Condición indispensable es la posibilidad de conectar luminarias y grupos de luminarias por separado y controlar su luminosidad, de manera que la iluminancia y la calidad de luz se puedan adaptar a las diferentes situaciones en las diferentes zonas del espacio. Para cada tipo de función o de entorno se genera una situación óptima de luminarias conectadas y grados de luminosidad, una escena de luz. Para poder controlar con exactitud numerosos grupos de luminarias, es conveniente memorizar las escenas de luz electrónicamente, pudiendo así reproducir cada escena como una unidad.

La función principal de un sistema de control de luz consiste en memorizar una serie de escenas de luz — es decir, cada estado y nivel asignado a los diferentes circuitos — y solicitarlas mediante una orden. Pero mediante el control de luz programado también se pueden conseguir procesos más complejos, por ejemplo, se puede programar el tiempo de transición entre escenas. También es posible aumentar o disminuir el nivel de luminosidad de toda una escena de luz, sin alterar su programación.

El cambio entre dos escenas de luz se puede solicitar manualmente mediante los elementos de mando; pero también es posible un cambio automático de escenas, por ejemplo solicitándolo mediante programación horaria. Los sistemas de control de luz son tan compactos gracias a la miniaturización de los elementos electrónicos, que en parte se pueden instalar en armarios de mando o seguridad ya existentes; los sistemas más grandes necesi-

tan su propio armario de mando. Los sistemas de control de luz se componen de una unidad central para la memorización digital y el control, y una serie de elementos de carga (dimmer o relé), que se coordinan respectivamente a un circuito de carga y a uno o varios elementos de mando. Según la aplicación se requieren otros elementos para el control en dependencia de la hora o la luz diurna, así como para el control de varios espacios; aparte de la iluminación también se pueden controlar y mandar a través de la instalación de control de luz y mediante conexiones especiales otras funciones dentro de la técnica doméstica, como el manejo de persianas o de pantallas de proyección.

#### 2.4.7.1 Sistemas de luz programada para efectos escénicos

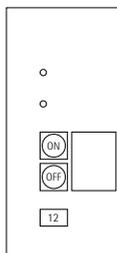
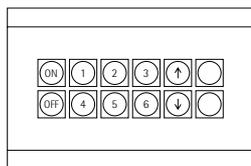
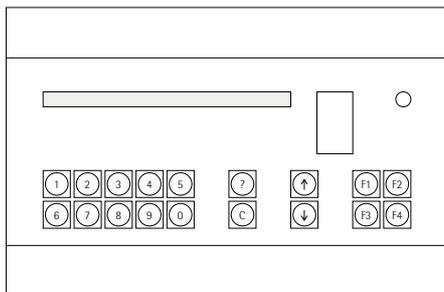
A diferencia de la iluminación escénica, cuyo cometido principal es la creación de ilusiones, la iluminación arquitectónica apunta hacia la perceptibilidad y la evidencia del entorno real. A pesar de esta diferencia fundamental se adaptan también en la iluminación arquitectónica métodos de la iluminación escénica; se conciben cada vez más instalaciones luminosas con efectos dramáticos.

A tal efecto se pueden nombrar los pronunciados contrastes entre luminosidad y sombra, la aplicación de luces de color —sea mediante proyectores con filtros de colores, sea a través de la iluminación de contornos con tubos luminosos de colores— así como la proyección de gobos.

En cuanto a la cuestión de los efectos de luz aplicados, el aspecto de la variación temporal en la iluminación escénica juega un papel decisivo; el cambio de la escena de luz ya no sirve a la adaptación de las exigencias dadas, sino que se convierte en un medio creativo independiente. En este sentido, se puede decir que el cambio de la luz ya no se refiere sólo a la conexión de grupos de luminarias y la modificación de su luminosidad, sino que incluye la característica y la orientación de irradiación, así como el color de luz.

Se exige mucho más a la luz programada en el mundo de la escena que a los sistemas convencionales de luz programada. Pero debido a la tendencia de aplicar efectos dramáticos de luz en la iluminación arquitectónica, también en este campo se utilizarán cada vez más los sistemas de control, que no sólo están en disposición de conectar y regular el flujo luminoso de las luminarias sino también de modificar la situación espacial, su color de luz y su característica de radiación.

Ejemplo para una instalación de control de luz programable. Aparato central de mando con display-LCD (arriba). Elementos de mando (centro) para 6 escenas de luz, adicionalmente con teclas de conexión/desconexión (ON/OFF) para la regulación del flujo luminoso de toda la instalación. Elementos de carga (abajo) con dirección programada y teclas ON/OFF para fines de comprobación.



# Luz

## Propiedades y características

Si hasta el momento se trataban por separado los temas de percepción visual y producción de luz, ahora se describirá el área en que la luz y la percepción se encuentran: el campo de las propiedades y características de la luz. Se demostrará de qué modo determinadas calidades de luz pueden crear según los casos condiciones de percepción diferentes y de esta manera guiar e influir en la percepción visual del hombre. Por ello, la iluminancia juega un papel tan importante como la distribución y la orientación de la luz, la limitación de efectos deslumbrantes o la calidad de color de una iluminación.

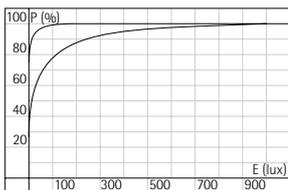
Para el área de los puestos de trabajo existe una normativa muy amplia, que define las condiciones de iluminación mediante las cuales se pueden percibir determinadas tareas visuales óptimamente y que además evitan la fatiga. No obstante, estas normas se refieren tan sólo a la optimización de las condiciones laborales, de modo que se deben seguir desarrollando conceptos más amplios para las consideraciones de exigencias arquitectónicas y psicológicas de un entorno visual.

### 2.5.1 Cantidad de luz

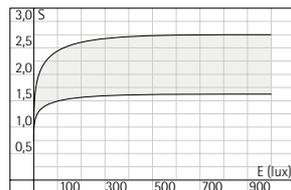
Lo fundamental para una iluminación es en primer lugar la cantidad de luz que en una determinada situación puede estar disponible para una determinada tarea visual. Que se necesita luz para la percepción visual es un hecho que se sobreentiende. Hasta hace casi cien años el hombre dependía de las cantidades de luz que le proporcionaban la siempre cambiante luz diurna o las atenuadas fuentes de luz artificial como candelas o lámparas de aceite. Sólo con el desarrollo de la luz incandescente de gas y la iluminación eléctrica fue posible la producción artificial de las suficientes cantidades de luz y de este modo obtener la posibilidad de orientar activamente las condiciones de iluminación.

A través de esta posibilidad surgía entonces la cuestión de la luz adecuada, de los límites superiores e inferiores de la iluminancia y luminancia para determinadas situaciones. Con especial insistencia se estudiaban las condiciones de luz en el puesto de trabajo, para averiguar las iluminancias, mediante las cuales se obtenía una óptima actuación visual. Se entiende como actuación visual la capacidad de percibir e identificar objetos y detalles pequeños o tareas visuales con un escaso contraste hacia el entorno.

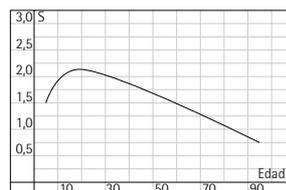
Evidentemente, la actuación visual aumenta considerablemente con el aumento de la iluminancia. No obstante, por encima de los 1000 lux ya sólo aumenta muy despacio, para finalmente con iluminancias muy altas volver a bajar debido a la aparición de deslumbramientos. En tareas visuales fáciles se consigue una suficiente actuación visual con iluminan-



Influencia de la iluminancia E sobre la actividad visual relativa P para tareas visuales sencillas (curva superior) y difíciles (curva inferior).

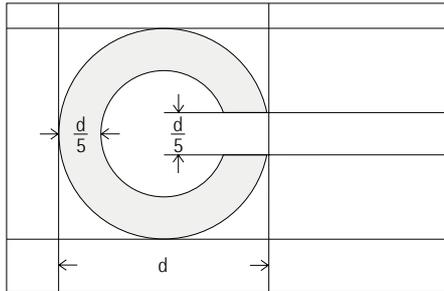


Influencia de la iluminancia E sobre la agudeza visual S de observadores con una visión normal.

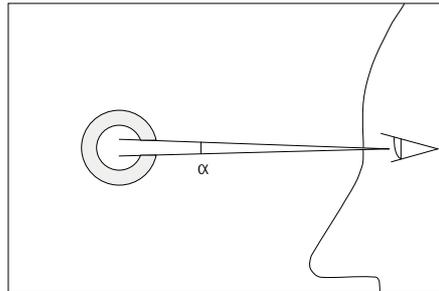


Agudeza visual S dependiendo de la edad (valores medios).

Anillo-Landolt para determinar la agudeza visual. La tarea visual es la determinación de la situación de la fisura, cuya abertura es  $1/5$  del diámetro del anillo.



Por el ancho de fisura del anillo-Landolt reconocido más pequeño y la distancia de observación resulta un ángulo visual  $\alpha$  cuyo valor inverso es la medida para la agudeza visual  $S$ . Un «Visus» de 1 resulta al reconocer la fisura en un ángulo visual  $\alpha = 1'$  ( $1/60^\circ$ ).



S					
0,5					
1					
2					
3					

Tabla para determinar la agudeza visual  $S$  desde una distancia de 2 m.

$$S = \frac{1}{\alpha}$$

$[\alpha] = \text{min}$

cias bajas, mientras que la más complicadas requieren iluminancias altas. Así, 20 lux representan un límite inferior, en el que, por ejemplo, aún es posible distinguir la fisonomía de personas. Para trabajos sencillos se necesitan por lo menos 200 lux, mientras que las tareas visuales complicadas requieren hasta 2000 lux y casos especiales como la iluminación para cirugía incluso 10000 lux. La iluminancia subjetiva más usual en los puestos de trabajo se encuentra entre 1000 y 2000 lux.

Los valores de orientación para iluminancias, como sobre todo se encuentran en la norma-DIN 5035, 2ª parte, se mueven en los valores de 20 a 2000 lux dentro del marco antes representado. Las iluminancias recomendadas en cada caso resultan sobre todo de lo importante que es la tarea visual y su contraste hacia el entorno más inmediato, por lo que las tareas visuales poco importantes y con poco contraste exigen la máxima iluminancia. La información de iluminancias globales, como marca toda la práctica de la planificación de iluminación a través de la normativa de la iluminación de los puestos de trabajo, dice, en cambio, poco sobre la percepción real. En el ojo no se retrata el flujo luminoso que cae sobre una superficie —la iluminancia—, sino la luz emitida, transmitida o reflejada de las superficies. La imagen sobre la retina, por tanto, se basa en el modelo de luminancia de los objetos percibidos, en la acción combinada de luz y objeto.

También en el campo de la luminancia existen recomendaciones, como para los contrastes máximos de luminancias entre tarea visual y el entorno o para luminancias absolutas, que por ejemplo no deben ser sobrepasadas por techos luminosos o luminarias para los puestos de trabajo situados ante una pantalla de ordenador. El objetivo, no obstante, es la optimización de la actuación visual en el puesto de trabajo. Pero por encima de este valor tipo existen también recomendaciones generales para la distribución de la luminancia en todo el espacio. Además, se supone que un espacio que difiere de esta normativa con bajos contrastes de luminancias tiene un efecto monótono y poco interesante; en cambio, con altos contrastes de luminancias el efecto es inquieto y desconcertante.

No obstante, desde hace algún tiempo se han desarrollado, a base de la distribución de luminancias, unos principios más sistemáticos para una extensa planificación de iluminación. Sobre todo en el concepto de Waldram *designed appearance* o la «percepción estable» de Bartenbach se encuentran ensayos para controlar el efecto visual de un entorno completo (*mood, milieu*) mediante la distribución consecuente de luminancias.

Cada intento de proyectar instalaciones de iluminación a base de informaciones cuantitativas plantea problemas fundamentales, tanto para la información

E (lux)	
20	Valor mínimo en interiores fuera de las zonas de trabajo. Iluminancia necesaria para reconocer rasgos de fisonomía.
200	Iluminancia mínima en puestos de trabajo con ocupación permanente.
2000	Iluminancia máxima en puestos de trabajo normales.
20000	Iluminancia para tareas visuales especiales, por ejemplo, iluminación en campo de operaciones.

Iluminancias características E en espacios interiores.

E (lux)	
20-50	Caminos y áreas de trabajo en el exterior.
50-100	Orientación en espacios de permanencias breves.
100-200	Espacios de trabajo no siempre ocupados.
200-500	Tareas visuales con escaso grado de dificultad.
300-750	Tareas visuales con mediano grado de dificultad.
500-1000	Tareas visuales con elevadas exigencias (trabajos de oficina, etc.).
750-1000	Tareas visuales con elevada dificultad (montajes de precisión, etc.).
1000-2000	Tareas visuales con dificultad muy elevada (tareas de control, etc.).
> 2000	Iluminación adicional para tareas difíciles y especiales.

Iluminancias recomendadas E según CIE para diferentes tipos de actividad.

global de iluminancias o canales de luminancias, como para la información de gamas de luminancias diferenciadas.

La percepción visual es un proceso en el que el hombre se informa a través del medio luz sobre los objetos de su entorno, por tanto es influenciado fundamentalmente por los tres factores: luz, objeto y sujeto percibido. Al elaborar un proyecto que se limita a la información de las iluminancias se contempla exclusivamente el aspecto de la luz. La iluminancia, por tanto, es una base insuficiente para el pronóstico de efectos visuales, sobre todo, como ya se ha descrito, no es posible percibirla directamente.

Al proyectar distribuciones de luminancias se tiene en cuenta, además de la luz, la interacción de ésta con los objetos. La luminancia forma la base de la luminosidad realmente percibida, de modo que el proceso de percepción por lo menos es tenido en cuenta hasta la reproducción sobre la retina. Sin embargo, incluso la luminancia y su distribución no representan la base suficiente para la planificación de impresiones visuales: aquí el perjudicado es el hombre perceptor. La gama de luminancias proyectada sobre la retina no es el producto final, sino sólo la base de un complejo proceso de elaboración, a cuyo final se encuentra la imagen percibida o realmente vista. Aquí juegan un papel las leyes de configuración, fenómenos de constancia, actitudes expectativas y el contenido informativo de lo percibido.

El objetivo de la percepción no es el registro de fenómenos luminosos, sino la información sobre el entorno. No son interesantes las luminancias que irradian una colección de objetos, sino mucho más la información sobre la condición de estos objetos y la situación de iluminación bajo la cual se percibe esta condición. Así se explica que la imagen realmente percibida, vista, no es idéntica con la gama de luminancias sobre la retina, aunque se basa en esta gama de luminancias. Un cuerpo blanco tiene diferentes luminancias en función de las diferentes situaciones de iluminación. No obstante, este cuerpo siempre se percibirá uniformemente blanco, porque la situación de iluminación es tenida en cuenta y averiguada en la transformación de la imagen. Asimismo, la formación de sombras sobre un cuerpo del espacio —su gama de luminancias— no se interpreta como la iluminación irregular de una superficie, sino como característica de una forma del espacio. En ambos casos, por tanto, se desarrollan de la gama de luminancias percibida al mismo tiempo la calidad del objeto y el tipo de la iluminación. Con estos ejemplos fáciles se muestra ya el valor aritmético de la transformación psicológica para la imagen percibida en último lugar.

Si la planificación de iluminación se esfuerza conscientemente por conseguir determinados efectos visuales, debe in-

cluir en ella todos los factores que intervienen en el proceso de percepción. La planificación de iluminación, por tanto, no se limita a la observación de iluminancias o luminancias, de luz y objetos, incluso si esto por ejemplo guarda relación con la creación de óptimas condiciones de percepción en el puesto de trabajo. Ésta debe —como configuración del entorno del ser humano— y junto a las propiedades de la luz aplicada, también tener en cuenta el juego cambiante de la perceptividad psicológica entre fuente de luz, objeto y sujeto perceptivo en cada situación.

### 2.5.2 Luz difusa y dirigida

Si abandonamos el área de la cantidad y nos dirigimos hacia las cualidades de la luz, la diferenciación entre la luz difusa y dirigida resulta ser uno de los aspectos más importantes. Ya por la experiencia cotidiana estamos familiarizados con las correspondientes situaciones de iluminación: la luz dirigida del sol con un cielo despejado (cambio dramático de luz y sombras) y la luz difusa con un cielo cubierto (iluminación uniforme, casi sin sombras).

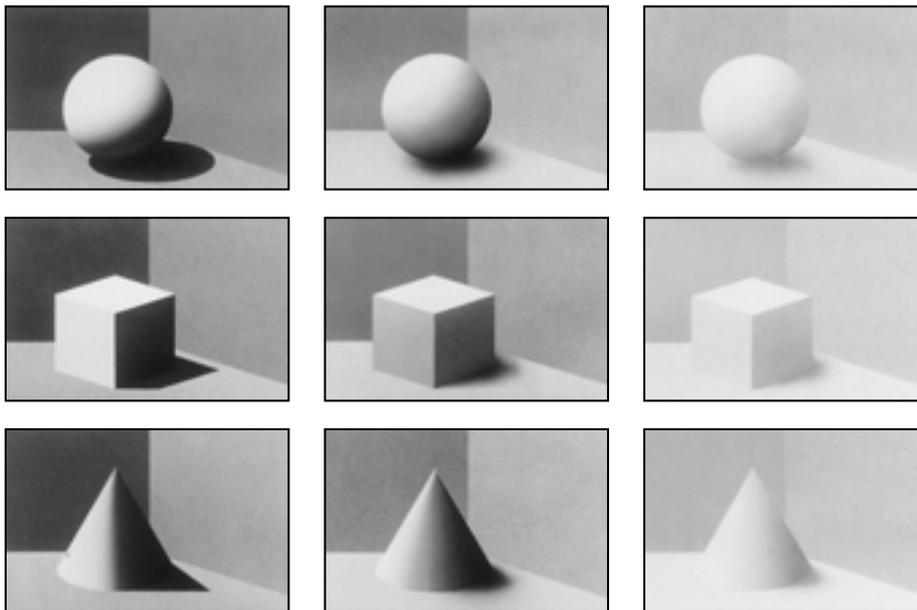
La luz difusa emana de grandes superficies luminosas. Éstas pueden ser amplias fuentes de luz como el firmamento con luz diurna o techos luminosos en el área de la luz artificial. No obstante, la luz difusa también se refleja, y esto es más frecuente en espacios interiores, en techos y paredes iluminados. De este modo se crea una iluminación uniforme y suave, que da luminosidad y claridad a todo el espacio, pero prácticamente no origina sombras o reflejos. La luz dirigida emana de fuentes de luz puntuales: el sol en el caso de la luz diurna, lámparas de construcción compacta en el área de la luz artificial. La propiedad más importante de la luz dirigida es la creación de sombras sobre cuerpos y superficies estructuradas, así como de reflejos sobre objetos brillantes. Estos efectos aparecen con una baja parte de luz difusa en toda la iluminación con especial claridad. En el área de la luz diurna se encuentra la parte de luz dirigida y difusa en un cielo despejado mediante la proporción de luz solar y celeste (5:1 hasta 10:1) prácticamente fijada.

En cambio, en el interior se puede elegir libremente la relación de luz dirigida y difusa. Si techo y paredes reciben poca luz o luz incidente la parte de luz difusa es absorbida considerablemente por bajas reflectancias del entorno. Sombras y reflejos se pueden destacar hasta obtener efectos teatrales. Esto se aprovecha de modo dirigido en presentaciones de objetos, pero en la iluminación arquitectónica sólo desempeña un papel si se pretende resaltar un efecto dramático del espacio. La luz dirigida no sólo proporciona sombras y reflejos, sino que ofrece nuevas posibilidades a la planificación de ilumi-

nación mediante la elección de ángulo y dirección de irradiación. Mientras que la luz de fuentes de luz difusas o de radiación libre —partiendo desde el lugar de la fuente de luz— siempre tiene influencia sobre todo el espacio, en el caso de la luz enfocada se separa el efecto luminoso del lugar de la luminaria.

Éste es uno de los mayores avances en luminotecnia. Si en la era de las velas y lámparas de petróleo la luz estaba ligada al inmediato entorno de la luminaria, ahora existe la posibilidad de aplicar una luz efectiva lejos de la fuente de luz, de producir desde casi cualquier lugar efectos luminosos de iluminancias definidas en áreas definidas con exactitud. Así, se puede iluminar un espacio diferencialmente y de manera consciente, la iluminancia local correspondiente se puede adaptar al significado y contenido informativo del área iluminada.

Percepción de formas cúbicas y estructuras de la superficie en diferentes situaciones de iluminación.



La luz dirigida lleva, mediante sombras marcadas, a una fuerte modelación. Se acentúan formas y estructuras de la superficie, pero al mismo tiempo se cubren detalles mediante sombras sobrepuestas.

La luz con partes de luz difusas y dirigidas produce sombras suaves. Se reconocen claramente formas y estructuras de la superficie, pero no se originan molestas sombras sobrepuestas.

La luz difusa no produce sombras. Formas y estructuras de la superficie se reconocen con dificultad.

### 2.5.2.1 Modelación

Una propiedad tanto natural como fundamental de nuestro entorno es su tridimensionalidad. Informarnos sobre este aspecto por tanto debe ser un objetivo esencial de la percepción visual.

La tridimensionalidad abarca diferentes áreas individuales, desde la extensión del espacio a nuestro alrededor, por la situación y orientación de los objetos en el espacio, hasta su forma espacial y estructura de la superficie.

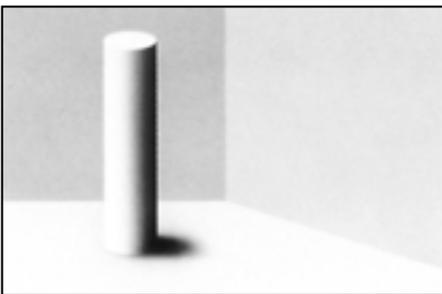
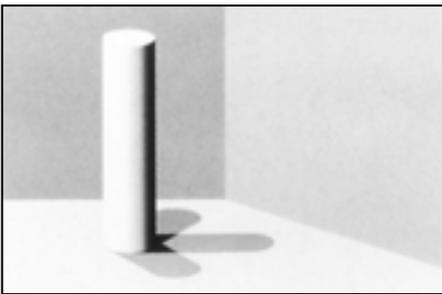
En la percepción de estos aspectos del espacio intervienen numerosos procesos fisiológicos y de percepción psicológica. Para la percepción de formas cúbicas y estructuras de la superficie, en cambio, es de primordial importancia la modelación a través de luz y sombras, una propiedad de la luz dirigida que hasta ahora sólo se ha mencionado, pero que no ha sido analizada en cuanto a su valor aritmético para la percepción. Si, por ejemplo, observamos una esfera con la iluminación totalmente difusa, no se percibe su forma espacial, sólo aparece como una superficie circular. Únicamente cuando la luz dirigida cae sobre la esfera —es decir, sólo cuando se forman sombras— se puede reconocer su volumen. Del mismo modo sucede en la percepción de estructuras de la superficie, que prácticamente no se distinguen con una luz difusa o de incidencia vertical y sólo se perfilan con la luz dirigida en ángulo a través de su efecto de sombras.

Es decir, sólo mediante la luz dirigida se posibilita la información sobre la disposición espacial de objetos. Del mismo modo que la ausencia total de luz dirigida imposibilita esta información, también un exceso de modelación puede ocultar informaciones. Esto es precisamente lo que ocurre cuando mediante una luz de orientación extrema partes de los objetos desaparecen en las sombras sobrepuestas.

Por tanto, es tarea de los proyectistas crear para cada situación una relación adecuada de luz difusa y dirigida. Determinadas tareas visuales, en las que el volumen o la estructura de la superficie de los objetos observados se encuentran en primer término, exigen una iluminación de modelación acentuada. En cambio, si el volumen y la estructura de la superficie no desempeñan un papel importante o incluso son molestos, se puede aplicar una iluminación completamente difusa. No obstante, por regla general se debería disponer tanto de luz difusa como dirigida. Una iluminación con partes equilibradas de luz difusa y dirigida proporciona visibilidad de todo el entorno y posibilita al mismo tiempo una percepción espacial y viva de los objetos.

En las normativas para la iluminación del puesto de trabajo se encuentra un criterio de valoración que se obtiene por medio de cálculos para la capacidad de modelación de una iluminación, que aquí se denomina efecto de sombra (se utiliza también el término modelado). El efecto de sombra se define aquí como la relación de la iluminancia cilíndrica frente a la horizontal.

A la hora de proyectar las partes de luz dirigida y difusa se deberían tener en cuenta, por la experiencia elemental de la luz diurna, las expectativas resultantes en cuanto a la dirección y el color de la luz. La luz solar dirigida llega desde arriba o desde los lados, pero jamás desde abajo; el color de la luz solar es claramente más cálido que el de la difusa luz celeste. Una iluminación donde la luz llega desde arriba en diagonal y tiene un color de luz más cálido que la difusa iluminación general, por tanto, se percibe como algo natural. La aplicación de diferentes direcciones de luz y combinaciones de temperatura de color es posible, pero produce unos efectos especialmente llamativos.



Con ayuda de varias fuentes de luz puntual se puede conseguir una iluminación uniforme del espacio. Debido al carácter dirigido de cada uno de los conos de luz se producen aquí en los objetos sombras múltiples de limitaciones muy marcadas.

Con una iluminación del espacio mediante una luz difusa, en cambio, se dan sólo sombras débiles y borrosas.

#### 2.5.2.2 Brillo

Igual que la modelación, el brillo también es un efecto de la luz dirigida, sale de las fuentes de luz compactas, casi puntuales, y destaca con especial claridad con una baja parte de iluminación difusa. La fuente de luz en sí ya se percibe como algo brillante. Un ejemplo es el efecto de las llamas de una vela en un entorno de noche. También tienen un efecto brillante aquellos objetos que reciben una refracción por esta luz, como por ejemplo el cristal/vidrio iluminado, los brillantes tallados o las arañas de luz. No obstante, también se produce brillo por la reflexión de superficies brillantes como porcelana, vidrio, lacados, metales pulidos o materiales húmedos.

Como los efectos de brillo se producen por la reflexión o la refracción, no dependen de la cantidad de luz aplicada, sino de la luminancia de cada fuente de

luz en cuestión. Una fuente de luz muy compacta, por ejemplo una lámpara halógena de bajo voltaje, puede por tanto producir reflejos de mayor brillantez a pesar de una menor carga luminosa, en contra de lo que sucede con una lámpara con más intensidad de luz pero menos compacta.

El brillo puede tener sobre todo un efecto propio con las fuentes de luz, atrayendo la atención sobre sí y proporcionando de este modo una nota viva e interesante a un espacio. Cuando se iluminan objetos el brillo destaca la característica de las superficies, sobre todo debido a que los efectos de brillo se producen en los canto y arcos de objetos brillantes.

Por hacer resaltar más la forma y la estructura de superficies, el brillo produce una valoración psicológica del objeto iluminado y de su entorno. Esta posibilidad de poder proporcionar a los objetos y espacios un aspecto interesante y valioso determina la aplicación de los efectos de brillo en la práctica de la iluminación.

Si a un entorno se le pretende dar un aspecto especialmente festivo —una sala de fiestas, iglesia o foyer—, esto puede lograrse mediante la aplicación de una fuente de luz brillante, sean las llamas de una vela, sean lámparas halógenas de bajo voltaje o lámparas de descarga de alta presión.

Del mismo modo se puede producir brillo —y con ello un carácter valioso— mediante la aplicación de luz dirigida en la presentación de objetos adecuados. Esto es sobre todo válido para la presentación de materiales brillantes o refractantes, de cristal, cerámico, lacados o metales. El brillo obtiene su efectividad psicológica —el llamar la atención— de su contenido informativo. La información transmitida puede ser la pura existencia de una fuente de luz brillante, pero también se puede tratar de la información sobre el tipo y la calidad de una superficie, la geometría y la simetría de los reflejos. No obstante, surge la cuestión de si la información sobre la cual llaman nuestra atención es realmente de interés en la correspondiente situación. Si éste es el caso se percibe el brillo como algo agradable e interesante, se produce la revalorización antes descrita del objeto o de su entorno. Pero si el brillo no dispone de un valor informativo, puede percibirse como deslumbramiento. Éste es el caso del deslumbramiento por reflexión: no se entienden los reflejos sobre folios transparentes, pantallas o papeles brillantes como información (brillo), sino como deslumbramiento molesto, que oculta la verdadera información debajo de los reflejos.

#### 2.5.3 Deslumbramiento

Un signo esencial para la calidad de una iluminación es la limitación del deslumbramiento que se produce. Se denomina

deslumbramiento tanto la disminución objetiva de la actuación visual como la alteración subjetiva de la visión debido a la aparición de altas luminancias o altos contrastes de luminancias en el campo visual.

En una disminución objetiva de la actuación visual se habla de un *deslumbramiento fisiológico*. Esto significa que en el ojo la luz de una fuente de luz recubre la gama de luminancias de la verdadera tarea visual y empeora así su perceptibilidad. Razón de la superposición de las luminancias de tarea visual y fuente de luz deslumbrante puede ser la superposición de ambas imágenes sobre la retina; para la disminución de la actuación visual es suficiente la superposición de la luz de dispersión, que se produce por la dispersión de la luz deslumbrante en el ojo. El grado de la dispersión de luz depende sobre todo de la opacidad en el interior del ojo; esta opacidad, que aumenta con la edad, es responsable de la mayor sensibilidad ante deslumbramientos de las personas mayores.

El caso extremo de deslumbramiento fisiológico es el deslumbramiento perturbador. Se produce cuando existen luminancias superiores a  $10^4 \text{ cd/m}^2$  en el campo visual, como por ejemplo por mirar al sol o directamente a fuentes de luz artificiales. El deslumbramiento perturbador es independiente del contraste de luminancia hacia el entorno, no se puede eliminar mediante el aumento del nivel de luminancia.

El deslumbramiento perturbador, no obstante, raras veces resulta ser un problema en la iluminación arquitectónica. Mucho más frecuente es en este caso el deslumbramiento relativo, en el que la disminución de la actuación visual no se origina por luminancias extremas, sino por contrastes de luminancias demasiado altas en el campo visual. Si a través de la fuente de luz deslumbrante no se produce ninguna disminución objetiva de la actuación visual, sino únicamente una sensación de perturbación subjetiva, entonces podemos hablar de un *deslumbramiento psicológico*. Origen del deslumbramiento psicológico es la distracción involuntaria, que emana de altas luminancias en el campo visual. La mirada siempre se dirige de la tarea visual a la fuente de luz deslumbrante, sin que este campo de una elevada luminosidad en cambio pueda ofrecer la información esperada; la fuente de luz deslumbrante produce el ruido óptico —parecido a un ruido molesto—, que atrae la atención sobre sí y perturba la percepción.

Debido a la repetida adaptación a distintos niveles de luminosidad y diferente distancia de tarea visual y fuente de luz deslumbrante, se produce una carga en el ojo que se percibe como desagradable o incluso dolorosa. A pesar de una actuación visual objetivamente uniforme, se produce así en el deslumbramiento psico-

lógico una enorme incomodidad; el rendimiento en el puesto de trabajo se reduce.

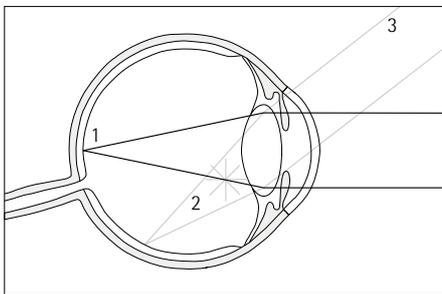
A diferencia del deslumbramiento fisiológico, que se puede explicar independientemente de cada situación al traspasar los valores límite dados fisiológicamente para luminancia o contrastes de luminancia, en el deslumbramiento psicológico se trata de un problema del procesamiento informativo que desligado del contexto —del contenido informativo del entorno visual y de la necesidad informativa de cada situación— no se puede describir. De este modo el deslumbramiento psicológico puede no tener lugar aunque existan considerables contrastes de luminancia, contrastes de los que se esperan y transmiten informaciones interesantes, por ejemplo en caso del brillo sobre arañas de cristal o al echar una mirada por la ventana hacia un panorama interesante. Por otro lado, contrastes de luminancia más bajos ya pueden provocar el deslumbramiento psicológico, si estos contrastes recubren informaciones mas importantes y no disponen de informaciones propias; así por ejemplo en reflejos sobre papel cuché brillante, observando el cielo uniformemente cubierto o un techo luminoso.

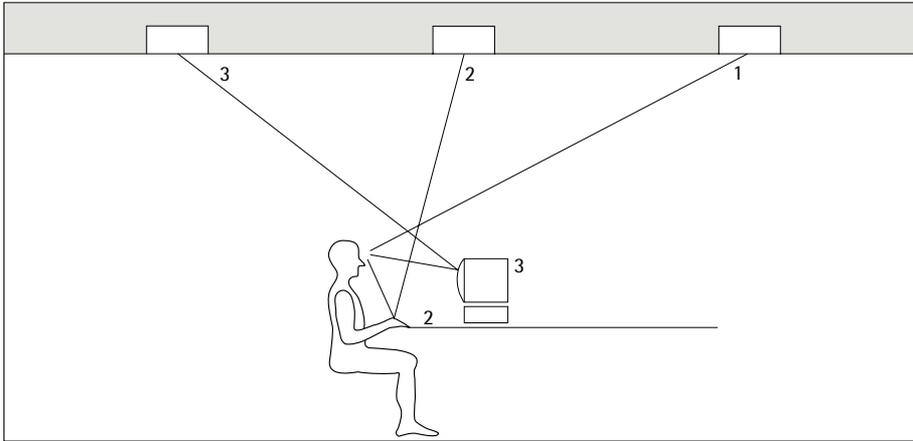
Tanto el deslumbramiento fisiológico como el psicológico aparece en dos formas. En primer lugar se debe nombrar el *deslumbramiento directo*, en el que la propia fuente de luz deslumbrante está presente en el entorno de la tarea visual. El ángulo del deslumbramiento depende sobre todo de la luminancia de la fuente de luz deslumbrante, de su contraste de luminancia a la tarea visual, su tamaño y su proximidad a la tarea visual.

La segunda forma de deslumbramiento es el *deslumbramiento por reflexión*. En este caso la fuente de luz deslumbrante es reflejada por la tarea visual o su entorno. Esta forma de deslumbramiento depende de los factores antes mencionados además del grado de brillo y la situación de la superficie reflectante. Sobre todo el deslumbramiento psicológico debido a la luz reflectante representa un problema considerable en la lectura de textos escritos sobre papel cuché y los trabajos en pantalla, porque la competencia entre la tarea visual poco alejada y la imagen de la fuente de luz claramente más alejada lleva a un rápido cansancio de los ojos debido al continuo cambio de convergencia y acomodación. La valoración de luminancias y contrastes de luminancias, que posiblemente pueden producir efectos deslumbrantes, depende esencialmente de cada entorno y de los objetivos de la iluminación.

Para un entorno con iluminación festiva o dramática valen otras normas que para un puesto de trabajo; lo que en un caso significa brillo deseado, en otro significa deslumbramiento no deseado. También las direcciones visuales predominantes desempeñan un papel significativo;

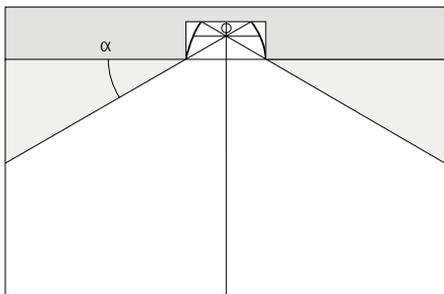
En el deslumbramiento fisiológico la imagen retiniana del objeto visual (1) se recubre de luminancias, que se producen en el ojo por la dispersión (2) de la luz de una fuente de luz deslumbrante (3).



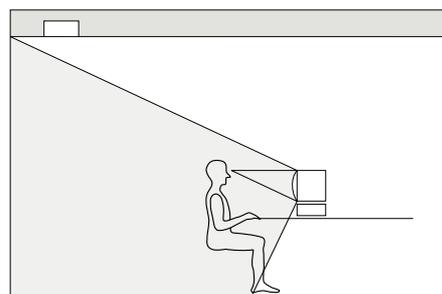
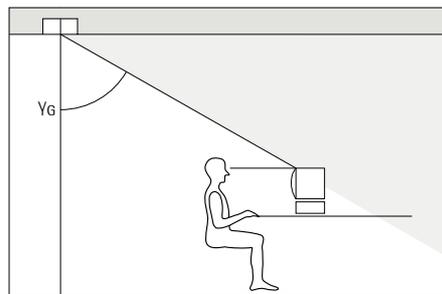


En el deslumbramiento se distingue entre deslumbramiento directo, sobre todo por luminarias (1), deslumbramiento por reflexión en tareas visuales horizontales (2) y deslumbramiento por reflexión en tareas visuales verticales, por ejemplo pantallas (3).

Las luminarias que se reflejan sobre pantallas convencionales no deben tener luminancias superiores a  $200 \text{ cd/m}^2$  por encima del límite del ángulo de irradiación  $\gamma_G$ . Los valores normales para  $\gamma_G$  se encuentran entre  $50^\circ$  y  $60^\circ$ .



Limitación del deslumbramiento en puestos de trabajo con pantalla: para espacios de estas características se recomienda un ángulo mínimo de apantallamiento  $\alpha$  de  $30^\circ$ .



Las luminancias de paredes que se reflejan en la pantalla no deberían ser superiores a  $200 \text{ cd/m}^2$  de promedio y no deberían sobrepasar  $400 \text{ cd/m}^2$ . El reflejo de ventanas en la pantalla se debería evitar siempre.

una iluminación que estando sentado en una postura recta no deslumbra, puede deslumbra si nos inclinamos en el sillón hacia atrás. Normas formalizadas para la limitación de deslumbramientos existen en el área de la iluminación de puestos de trabajo; se refieren sobre todo al caso normal de una ocupación sentado y una iluminación con luminarias de retícula. Por la altura de asiento y la dirección visual preferenciada resultan zonas en las cuales las fuentes de luz deslumbran la mayoría de las veces. Además del deslumbramiento por ventanas, los efectos de deslumbramiento proceden casi siempre de luminarias en determinadas zonas del techo.

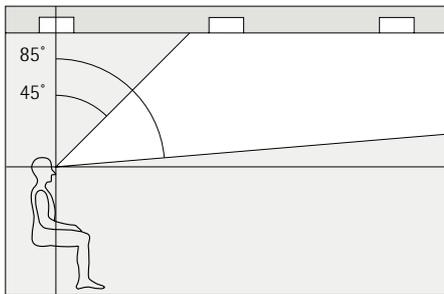
La zona del techo delante del observador puede originar el deslumbramiento directo, que en ángulo se ve más plano que  $45^\circ$ . El deslumbramiento por reflexión, en cambio, se produce sobre todo debido a las luminarias en la zona del techo inmediatamente delante del observador. Un caso especial produce el deslumbramiento por reflexión sobre pantallas, es decir, sobre superficies dispuestas prácticamente en vertical. El deslumbramiento se produce en este caso sobre todo por fuentes de luz deslumbrantes en la zona del techo detrás del observador. Una disminución de los efectos deslumbrantes se consigue de pronto mediante la reducción del contraste de luminancias, sea mediante el aumento de la luminancia del entorno, sea mediante la reducción de la luminancia de la fuente de luz deslumbrante. También se puede evitar el deslumbramiento por la disposición de las luminarias. Así, por ejemplo, las líneas de luminarias de retícula no se deberían disponer en diagonal a la dirección visual, sino en lo posible en la misma dirección visual entre los puestos de trabajo. Mediante la elección de luminarias se logra sobre todo una limitación de deslumbramiento diferenciado. Mediante reflectores de características apropiadas se puede conseguir que las luminarias por encima del ángulo crítico tengan luminancias inadecuadas. La aplicación de luminarias que sólo radian poca luz directamente hacia abajo también permite reducir claramente el peligro del deslumbramiento por reflexión.

Para la valoración de la limitación de deslumbramientos en el puesto de trabajo existe un procedimiento fijado en el DIN 5035 con el cual se puede comprobar el cumplimiento de los valores límite para el deslumbramiento directo. Con ello se determina la luminancia de la luminaria utilizada en ángulos de  $45^\circ$ - $85^\circ$ , anotándola en un diagrama.

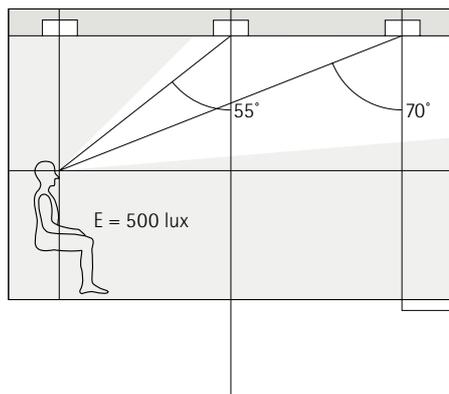
En función de la luminancia nominal, el tipo de luminaria y la característica de calidad de la iluminación pretendida se pueden encontrar curvas de limitación en el diagrama, que no deben ser sobrepasadas por la curva de luminancia de la luminaria utilizada.

Ángulo de apantallamiento mínimo de luminarias con diferentes fuentes de luz dependiendo de la calidad de la limitación de deslumbramiento.

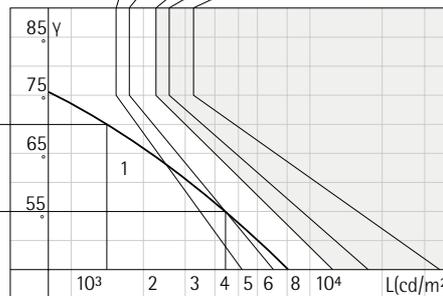
Tipo de lámpara	Calidad de la limitación de deslumbramiento			
	A	B	C	D
	Muy alto	Alto	Medio	Poco
Fluorescente	20°	10°	0°	0°
Fluorescente compacta	20°	15°	5°	0°
Alta presión, mate	30°	20°	10°	5°
Alta presión, clara Incandescente, clara	30°	30°	15°	10°



Para la valoración del deslumbramiento directo se tiene en cuenta la luminancia de las luminarias en la zona de ángulo entre 45° y 85°.



Calidad	Iluminancia nominal (lux)				
A	1000	750	500	-	300
1	2000	1500	1000	750	500

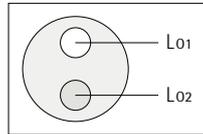
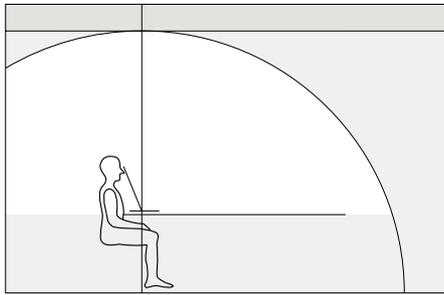


Ejemplo para la aplicación del procedimiento con una iluminancia de 500 lux y la calidad A. Por la geometría del espacio resulta para la primera luminaria un ángulo de observación de 55° y para la segunda de 70°, para los que en el diagrama se pueden comprobar las correspondientes luminancias en la curva de luminancia I. La curva

de luminancia no sobrepasa la correspondiente curva de limitación, por lo que se cumple con la exigencia de la limitación de deslumbramiento de la luminaria.

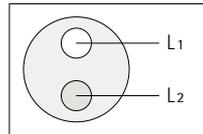
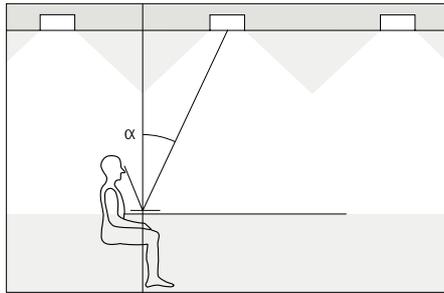
Curvas de limitación de luminancia (para luminarias sin partes luminosas por los lados). Indican valores de limitación para luminancias medias L de la luminaria con ángulos de irradiación y entre 45° y 85°, que no se deben sobrepasar en función de la iluminancia nominal y la calidad exigida.

Para el deslumbramiento directo existe un método de valoración cuantitativo mediante el procedimiento de las curvas de limitación. Para la valoración del deslumbramiento por reflexión, en cambio, sólo se dispone de criterios cualitativos. Para el área de deslumbramiento por reflexión en tareas de lectura, escritura y dibujo en posición horizontal, no obstante, existe un procedimiento que describe el grado cuantitativo del deslumbramiento por reflexión mediante el factor de reproducción de contraste (CRF). El factor de reproducción de contraste se define aquí como la relación entre el contraste de luminancia de una tarea visual y el de una iluminación de referencia, frente al contraste de luminancia de esta tarea visual con una iluminación dada. El factor de reproducción de contraste se determina mediante un patrón de reflexión de referencia, que se compone de un disco de cerámica claro y otro oscuro de cualidades de reflexión estandarizados; los factores de luminancia de ambos discos constan bajo diferentes direcciones y ángulos visuales. Para una iluminación completamente difusa resulta aquí el valor de referencia de la reproducción de contraste. La reproducción de contraste con una iluminación indicada ya se puede calcular teniendo una instalación luminosa terminada en el patrón de referencia o mediante los datos de las luminarias por los factores de luminancia del patrón de referencia conocido. Por el valor de referencia y el valor real resulta el correspondiente factor de reproducción de contraste, así como la clasificación de la reproducción de contraste en una de las tres categorías que tiene.



$$C_0 = \frac{L_{01} - L_{02}}{L_{01}}$$

$$C_0 = 0,91$$

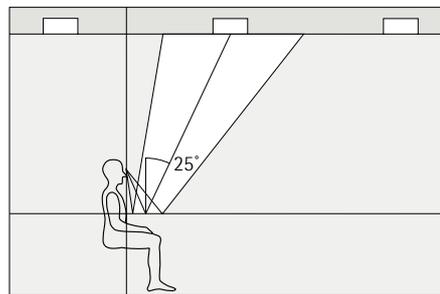


$$C = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$$

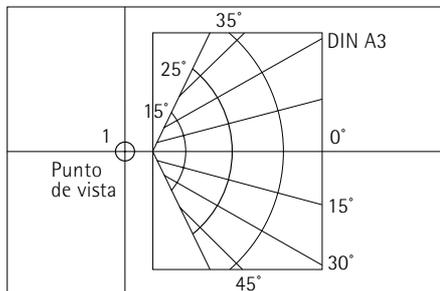
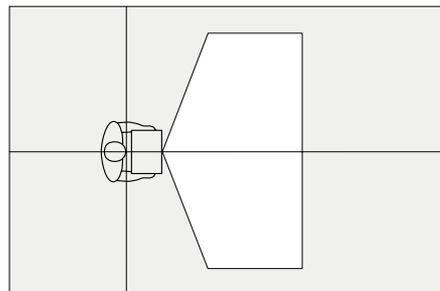
$$CRF = \frac{C}{C_0} = \frac{C}{0,91} = \frac{L_1 - L_2}{0,91 \cdot L_1}$$

Valoración de la reproducción de contraste: con una iluminación de referencia completamente difusa (idealizada en el dibujo arriba izda. por una cúpula de luz) resulta para el estándar de reflexión según Bruel + Kjaer el contraste de referencia  $C_0$  (arriba dcha.). Con una iluminación real (abajo izda.) resulta bajo el ángulo de observación  $\alpha$  para el estándar de reflexión el contraste  $C$  (abajo dcha.).

Como característica de calidad para la reproducción de contraste bajo el ángulo de observación  $\alpha$  se define el factor de reproducción de contraste CRF.  $CRF < 1$  indica que la iluminación ha perdido contraste debido a la reflexión de luz.  $CRF > 1$  indica que la situación de iluminación referente a la reproducción de contraste sobrepasa la iluminación de referencia.



Por la proyección del campo de valoración sobre la superficie del techo resulta el área en la que las luminarias pueden tener una influencia negativa sobre la reproducción de contraste. Para efectuar un primer estudio de una instalación de iluminación se averigua el valor CRF para el ángulo principal de observación de 25°.



Cuadro de valoración para la averiguación del factor de reproducción de contraste. Como base se toma una superficie de observación en formato DIN A3 con una posición visual (1) de 50 mm delante y 400 mm encima del canto delantero de la superficie de observación.

Recomendaciones para valores medios y mínimos del factor de reproducción de contraste CRF en función del tipo de tarea visual y la correspondiente categoría requerida, respectivamente.

Tipo de tarea visual	Reproducción contraste	CRF-categoría	CRF-valor medio	CRF-mínimo
Principalmente brillante	Alto	1	$1,0 \leq CRF$	$\geq 0,95$
Mate satinado	Medio	2	$0,85 \leq CRF < 1,0$	$\geq 0,7$
Mate	Poco	3	$0,7 \leq CRF < 0,85$	$\geq 0,5$

### 2.5.4 Color de luz y reproducción cromática

Junto a la luminancia percibida como luminosidad, el ojo registra además un efecto cromático, que se basa en la composición espectral de la luz percibida. Como cromático ya se puede experimentar la propia luz (color de luz). Pero el color también se produce mediante la cualidad de numerosas sustancias que absorben determinadas zonas espectrales y de este modo modifican la composición espectral de la luz reflejada por ellas (color no autoluminoso).

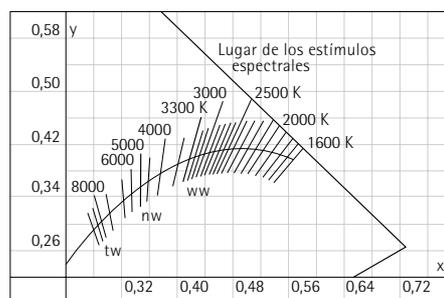
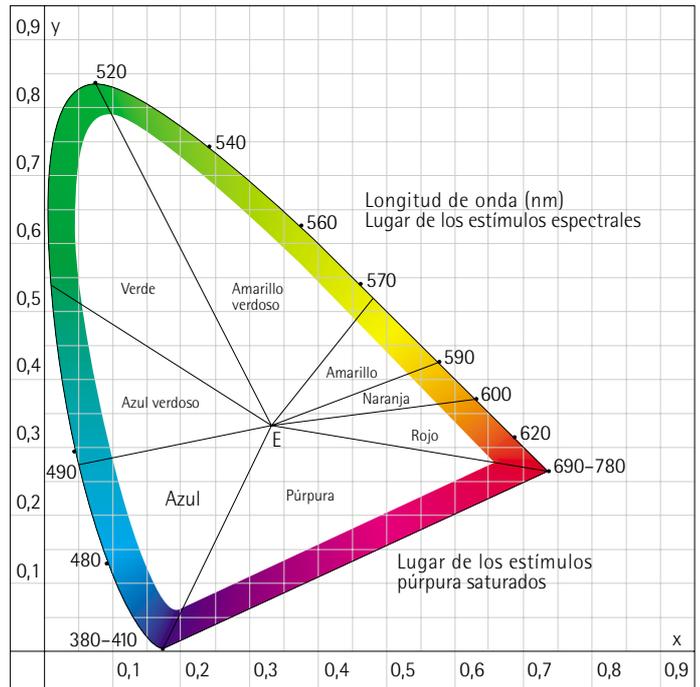
Para la descripción unívoca de colores existen diferentes sistemas. En el sistema Munsell o la tabla de colores DIN se disponen colores no autoluminosos según los criterios luminosidad, tono de color y saturación, de modo que se obtiene un atlas de color completo en forma de una matriz tridimensional. Como luminosidad se designa aquí la reflectancia de un color no autoluminoso; el tono de color indica el propio color, mientras que el concepto de la saturación abarca el grado de policromía (variedad de colores) desde el color puro hasta la acromática escala de grises. En el sistema colorimétrico patrón de CIE, en cambio, no se clasifican los colores no autoluminosos y colores de luz en el cuadro de un catálogo tridimensional, sino que se calculan o miden por la composición espectral del tipo de luz en colores de luz y tipo de luz, reflectancia o transmitancia espectral, respectivamente, representándolos en un diagrama continuado, bidimensional. A lo que no se presta atención en este caso es a la dimensión de la luminosidad, de modo que en el diagrama sólo se pueden determinar el tono de color y saturación de todos los colores.

Mediante una adecuada disposición del diagrama resulta una superficie de color que abarca todos los colores reales y que es suficiente para una serie de otras condiciones. La superficie de color es envuelta por una curva de estímulos, sobre la cual se encuentran los lugares de color de los colores espectrales totalmente saturados. En el interior de la superficie se encuentra el punto de saturación más bajo, que se denomina punto blanco o acromático. Todas las categorías de saturación de un color se pueden encontrar en la recta entre el punto blanco y el correspondiente lugar de color; todas las mezclas de dos colores se encuentran asimismo en la recta entre los correspondientes lugares de color.

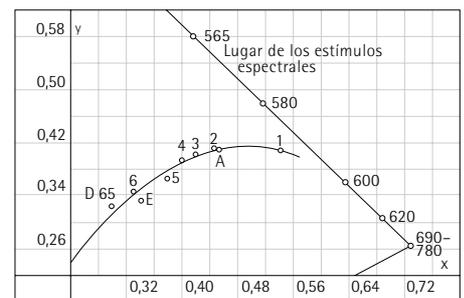
En el interior de la superficie de color se puede dibujar una curva, que representa el color de luz de un proyecteur Planckiano con diferentes temperaturas; esta curva se puede utilizar para la descripción del color de luz de lámparas incandescentes. Para describir el color de luz de lámparas de descarga y partiendo de la curva del proyecteur Planckiano, se

Sistema colorimétrico patrón CIE. Lugar de los estímulos espectrales como línea de unión del lugar de color de todos los colores espectrales saturados, lugar de los estímulos púrpuras saturados como línea de mezcla del campo espectral de onda larga y corta, punto blanco

E como punto de saturación más bajo. Desde el punto blanco salen en forma de abanico las líneas de limitación de las zonas de color. El lugar de color de cada color real se puede indicar en el sistema colorimétrico patrón mediante las coordenadas x/y.

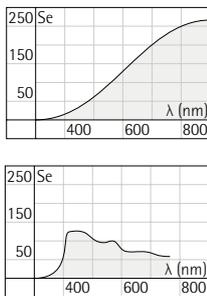


Detalle de la superficie de color con el lugar de los estímulos Planckianos y las líneas de temperatura de color correlacionada constante para valores de 1600 a 10000 K. Lo que está indicado son las áreas de los colores de luz blanco cálido (ww), blanco neutral (nw) y blanco luz diurno (tw).



Detalle de la superficie de color con el lugar de los estímulos Planckianos y los lugares de color de los iluminantes patrones A (luz incandescente) y D65 (luz diurna), así como los lugares de color de fuentes típicas de luz: llama de vela (1), lámpara incandescente (2), lámpara halógena incandescente (3), lámparas fluorescentes ww (4), nw (5) y tw (6).

Distribución espectral  $S_e(\lambda)$  de los iluminantes patrón A (luz lámpara incandescente, arriba) y D 65 (luz diurna, abajo).



Temperatura de color correlacionada  $T$  de típicas fuentes de luz.

Fuente de luz	$T$ (K)
Candela	1900–1950
Lámpara filamento carbón	2100
Lámpara incandescente	2700–2900
Lámpara fluorescente	2800–7500
Luz lunar	4100
Luz solar	5000–6000
Luz diurna (sol, cielo azul)	5800–6500
Cielo cubierto	6400–6900
Cielo despejado, azul	10000–26000

Reproducción cromática	
Categoría	Índice $R_a$
1 A	$R_a > 90$
1 B	$80 \leq R_a \leq 90$
2 A	$70 \leq R_a < 80$
2 B	$60 \leq R_a < 70$
3	$40 \leq R_a < 60$
4	$20 \leq R_a < 40$

Categorías de reproducción cromática con las correspondientes áreas del índice de la reproducción cromática  $R_a$ .

incorporan las líneas de temperatura de color correlacionada, con cuya ayuda también se pueden añadir colores de luz a la temperatura de color de un radiador térmico, que no se encuentran en esta curva. Se pueden distinguir tres grupos principales; el área blanco cálido con temperaturas de color correlacionadas debajo de 3000 K, el área blanco neutral entre 3300 y 5000 K y el área de blanco luz diurno con las temperaturas de color correlacionado por encima de 5000 K.

El color de los objetos iluminados resulta de la coincidencia de luz y cuerpo, es decir, de la composición de la luz que incide sobre un cuerpo y la propiedad del mismo de absorber determinadas partes de esta luz y sólo reflejar las restantes áreas de frecuencia.

Adicionalmente a la equivalencia cromática así producida, objetivamente calculable y medible, para la percepción real también desempeña un papel la adaptación cromática del ojo. En este caso se produce —a semejanza de lo que ocurre con la adaptación a un nivel de luminancia— un ajuste paulatino al color de luz predominante, de modo que también en una iluminación con diferentes colores de luz se puede garantizar una percepción casi constante de la escala de colores no autoluminosos.

Iguals colores de luz pueden llevar a diferentes colores no autoluminosos, debido a la variada composición espectral. El grado de esta desviación es descrita por la reproducción cromática. La reproducción cromática se define, además, como grado de alteración, que se produce en el efecto cromático de objetos por la iluminación de una determinada fuente de luz frente a la iluminación con una fuente de luz de referencia; lo que se aprecia, por tanto, es la uniformidad de efectos cromáticos bajo dos tipos de iluminación.

Como el ojo tiene la capacidad de adaptarse a la luz de las más variadas temperaturas de color, hay que determinar la reproducción cromática en función del color de luz. Como fuente de referencia por tanto no puede servir una sola fuente de luz; la escala comparativa es más bien una fuente de luz comparable con un espectro continuado, tanto si es un radiador térmico de temperatura de color comparable como si es la luz diurna.

Para determinar la reproducción cromática de una fuente de luz, se calculan y relacionan entre sí los efectos cromáticos de una escala de ocho colores no autoluminosos del tipo de iluminación a examinar, así como bajo la iluminación de referencia. La calidad de la reproducción cromática así averiguada se expresa en un índice que puede referirse tanto a la reproducción cromática general ( $R_a$ ) como a la reproducción de colores individuales. El índice máximo de 100 significa en este caso una reproducción cromática ideal, en tanto que valores menores caracterizan una reproducción cromática correspondientemente peor. La calidad de la reproducción cromática se clasifica en cuatro categorías según DIN, por las cua-

les se orientan las exigencias mínimas para la reproducción cromática de la iluminación de puestos de trabajo. Las categorías de reproducción cromática 1 y 2 están adicionalmente divididas en dos subcategorías —A y B— para posibilitar un juicio diferenciado de fuentes de luz.

La categoría de reproducción cromática 1 se exige para tareas que implican un juicio sobre colores. En la iluminación de espacios interiores, oficinas y puestos de trabajo industriales con elevadas tareas visuales se exige por lo menos la categoría de reproducción cromática 2, mientras que la categoría 3 es suficiente para puestos de trabajo industriales con tareas visuales fáciles. En cambio, la categoría de reproducción cromática 4 sólo es admisible con las mínimas exigencias e iluminancias hasta un máximo de 200 lux.

Para la elección de una fuente de luz en primer lugar desempeña un papel la calidad de su reproducción cromática, es decir, el grado en fidelidad cromática, con el que se reproducen objetos iluminados a partir de una iluminación de referencia. En algunos casos hay que tener adicionalmente en cuenta el índice para la reproducción de un determinado color, así, por ejemplo, cuando depende del dictamen diferenciado del color de la piel en medicina y cosmética.

Pero por encima de la calidad de reproducción cromática también es de una importancia decisiva la elección del color de luz para el efecto cromático real. De este modo los colores azules y verdes aparecerán comparativamente grises y apagados bajo la luz de las lámparas incandescentes, a pesar de una magnífica reproducción cromática. Pero precisamente estas tonalidades —pese a la peor reproducción cromática— parecen claras y luminosas bajo el color de la luz blanca diurna de las lámparas fluorescentes. En la reproducción de tonalidades amarillas y rojas se invierte este fenómeno de la debilitación e intensificación respectivamente del efecto cromático. Para poder decidir qué iluminantes deben proyectarse, es necesario orientarse según cada situación. Algunos estudios están en favor de la preferencia por un color de luz cálido, sobre todo en iluminancias más bajas y luz dirigida, mientras que los colores de luz fríos se aceptan principalmente en iluminancias altas e iluminación difusa.

En la iluminación representativa se pueden lograr por la aplicación dirigida de colores de luz —en caso necesario también de reproducción cromática moderada— unos colores más luminosos de los objetos iluminados. Esta forma de dar conscientemente relieve a las cualidades cromáticas también se puede aplicar en la iluminación en áreas de venta. No obstante, en este caso la iluminación bajo la cual un cliente efectúa su elección de mercancías no debería desviarse demasiado de las condiciones de iluminación del propio cliente.

## Conducción de luz

Las luminarias tienen una serie de funciones. En primer lugar es su misión albergar una o varias lámparas, así como los eventualmente necesarios equipos de estabilización. Al mismo tiempo y en lo posible deben facilitar un montaje seguro y sencillo, instalación eléctrica y mantenimiento. Al construirlas se tiene en cuenta que el usuario esté protegido contra tensiones de contacto demasiado altas (descarga eléctrica) y que no se produzca ningún peligro para el entorno por calentamiento (resistencia al fuego). Las luminarias para condiciones especiales de servicio —por ejemplo, entornos húmedos o con peligro de explosión— deben satisfacer exigencias mayores y requieren construcciones especiales. Además de estas funciones técnicas de instalación y seguridad, las luminarias disponen de un aspecto estético como parte de la arquitectura de un edificio. Aquí desempeñan un papel tanto la forma y la disposición de las luminarias como los efectos luminosos que producen. La tercera y quizás la más esencial misión de la luminaria es la conducción del flujo luminoso de la lámpara. Con ello se pretende conseguir la distribución luminosa correspondiente a cada misión de la luminaria, aprovechando lo mejor posible la energía aplicada.

Ya para la llama luminiscente, como primera fuente de luz artificial, se desarrollaron luminarias para posibilitar un montaje y un transporte seguro. Con la llegada de fuentes de luz mucho más potentes —primero el alumbrado de gas, más tarde las lámparas eléctricas—, surgió adicionalmente la necesidad de proporcionar un control de la luminancia y una distribución dirigida del flujo luminoso de las lámparas a través de la construcción de las luminarias. En un principio la técnica de las luminarias se limitaba esencialmente al apantallamiento de la lámpara y la disminución de las luminancias mediante pantallas para la dispersión de la luz. De este modo se consigue una efectiva limitación de deslumbramiento, pero no se produce una verdadera conducción de luz, porque la luz que fluye en direcciones no deseadas sólo se absorbe y dispersa. A pesar de su escasa eficiencia —sobre todo en el campo de las luminarias decorativas— estas formas de luminarias se han mantenido hasta la actualidad.

Un paso importante hacia una conducción de luz dirigida y eficiente se dio con la introducción de las lámparas reflectoras y PAR, que sobre todo encontraron una amplia aplicación en Estados Unidos. En este caso la luz se enfoca por reflectores integrados en la lámpara, pudiéndose de este modo conducir en la dirección deseada con definidos ángulos de irradiación y gran eficiencia. A diferencia de lo que ocurre en luminarias de radiación libre, ya no se limita el efecto luminoso al entorno de la luminaria, se da la posibilidad de efectuar una iluminación acentuada de diferentes zonas desde casi

cualquier punto del espacio. La misión de la conducción de luz es adoptada por la lámpara reflectora; la luminaria sirve únicamente como portalámparas y medio para la limitación de deslumbramiento. Un inconveniente en la utilización de lámparas reflectoras es el hecho de que con cada cambio de lámpara también se sustituye el reflector, lo que significa elevados costos de servicio.

Por otra parte, sólo existe un tipo de reflectores estandarizados con diferentes ángulos de irradiación, de modo que para misiones especiales —por ejemplo, la distribución de luz asimétrica de un bañador de pared— a menudo no se dispone de la lámpara reflectora adecuada. La exigencia de una conducción de luz diferenciada, mayores rendimientos ópticos de las luminarias y mayor ausencia de deslumbramientos llevaba al desplazamiento del reflector de la lámpara a la luminaria. De este modo, se da la posibilidad de construir luminarias que están específicamente adaptadas a las exigencias de la fuente de luz utilizada y la correspondiente misión, facilitando así su aplicación como instrumento de una planificación de iluminación diferenciada.

### 2.6.1 Principios de la conducción de luz

En la construcción de luminarias se pueden aprovechar diferentes fenómenos ópticos como medio de la conducción de luz:

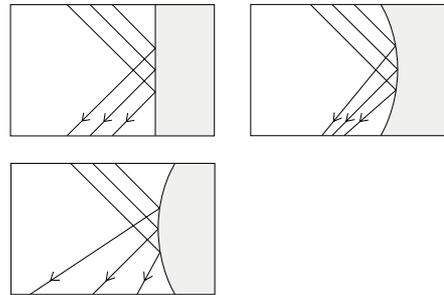
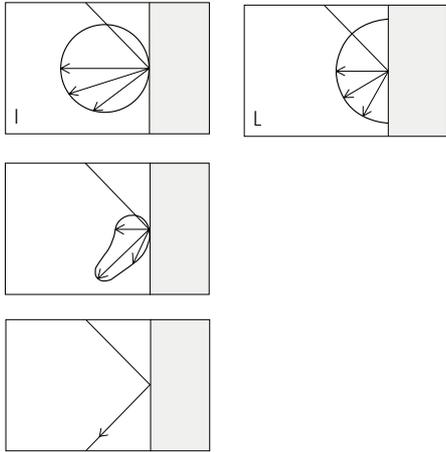
#### 2.6.1.1 Reflexión

En este caso se refleja la luz que incide sobre un cuerpo y según la reflectancia de este cuerpo se refleja total o parcialmente. Además de la reflectancia, en la reflexión también desempeña un papel el grado de dispersión de la luz reflejada. En superficies brillantes no se produce ninguna dispersión; en este caso se habla de una reflexión especular. Cuanto mayor es la capacidad de dispersión de la superficie reflectante menor es el reflejo de la parte de la luz dirigida, hasta que con la reflexión difusa uniforme ya sólo se emite luz difusa. La reflexión es de importancia decisiva para la construcción de luminarias; posibilita, a través de adecuados contornos de los reflectores y las superficies, una conducción precisa de la luz, siendo responsable del rendimiento de la luminaria.

#### 2.6.1.2 Transmisión

En la transmisión se transmite total o parcialmente la luz que incide sobre un cuerpo y según la transmitancia de este cuerpo. Adicionalmente, también desempeña un papel el grado de dispersión de la

Distribución luminosa I (arriba, izda.) y distribución de luminancia L (arriba, dcha.) con reflexión difusa. La distribución de luminancia es igual desde todos los ángulos visuales. Distribución luminosa con reflexión mezclada (centro) y reflexión brillante (abajo).



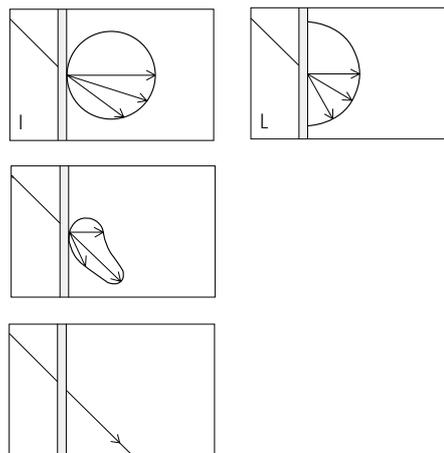
Reflexión brillante de rayos de luz, que inciden en paralelo sobre superficies planas (camino óptico paralelo), superficies cóncavas (camino óptico convergente) y superficies convexas (camino óptico divergente).

Reflectancia de metales usuales, pinturas y materiales de construcción.

Metales	
Aluminio, alto brillo.	0,80-0,85
Aluminio, mate anodizado.	0,75-0,85
Aluminio, mate.	0,50-0,75
Plata, pulido.	0,90
Cobre, pulido.	0,60-0,70
Cromo, pulido.	0,60-0,70
Acero, pulido.	0,50-0,60

Pinturas	
Blanco.	0,70-0,80
Amarillo claro.	0,60-0,70
Verde claro, rojo claro, azul claro, gris claro.	0,40-0,50
Beige, ocre, naranja, gris medio.	0,25-0,35
Gris oscuro, rojo oscuro, azul oscuro, verde oscuro.	0,10-0,20

Materiales de construcción	
Revoque.	0,70-0,85
Yeso.	0,70-0,80
Esmalte, blanco.	0,60-0,70
Mortero, claro.	0,40-0,50
Hormigón.	0,30-0,50
Granito.	0,10-0,30
Ladrillo, rojo.	0,10-0,20
Vidrio, claro.	0,05-0,10



Distribución luminosa I (arriba, izda.) y distribución de luminancia L (arriba, dcha.) con transmisión difusa. La distribución de luminancia es igual desde todos los ángulos visuales. Distribución luminosa con transmisión mezclada (centro) y transmisión regular a través de material claro (abajo).

luz transmitida. En materiales completamente transparentes no se produce ninguna dispersión. Con creciente capacidad de dispersión disminuye cada vez más la parte regular de luz transmitida, hasta que ya sólo en la dispersión completa se entrega luz difusa. Materiales transmisores en luminarias pueden ser transparentes. Esto es válido para sencillos cristales como cierre de la luminaria, así como para filtros, que absorben determinadas zonas espectrales, pero que transmiten las restantes, proporcionando de este modo luz en colores o una disminución de los UV y parte infrarroja, respectivamente. Ocasionalmente también se utilizan materiales dispersores —por ejemplo, vidrio o material plástico opalino— como cierre de luminaria, para evitar de este modo efectos de deslumbramiento mediante la reducción de luminancia de la lámpara.

### 2.6.1.3 Absorción

La luz que incide sobre un cuerpo es absorbida total o parcialmente según la absorbencia de este cuerpo. En la construcción de luminarias se aprovecha sobre todo la absorción para el apantallamiento de fuentes de luz; para lograr confort visual es imprescindible. No obstante, la absorción resulta por principio un efecto no deseado, debido a que no conduce la luz sino que la destruye y de este modo reduce el rendimiento de la luminaria. Típicos elementos de luminarias absorbentes son diafragmas ranurados negros, cilindros, viseras y rejillas de apantallamiento de diferentes formas.

### 2.6.1.4 Refracción

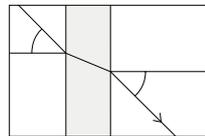
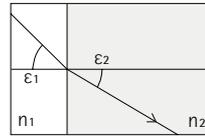
Cuando los rayos de luz penetran en un medio transmisor de densidad variable —como por ejemplo el aire en un vidrio o el gas en el aire— se produce la refracción, es decir, se modifica su dirección. En el caso de cuerpos con superficies paralelos se da sólo un desplazamiento paralelo de la luz, en el caso de prismas y lentes, en cambio, se producen efectos ópticos, que alcanzan desde la simple variación angular al enfoque y dispersión de luz hasta la imagen óptica. En la construcción de luminarias se utilizan elementos refractores como prismas o lentes, a menudo en combinación con reflectores para una conducción precisa de la luz.

### 2.6.1.5 Interferencia

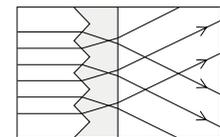
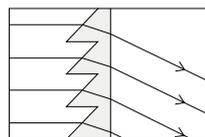
Se denomina interferencia la mutua amplificación o atenuación en la superposición de ondas. Los efectos de interferencia se utilizan luminotécnicamente cuando la luz incide sobre capas muy delgadas, que conducen a que determinadas zonas de frecuencia sean reflejadas, pero

Los rayos de luz son desviados en la transición de un medio con el índice de refracción  $n_1$  a un medio más denso con el índice de refracción  $n_2$  hasta el plano de incidencia. ( $\epsilon_1 > \epsilon_2$ ). Para la transición de aire a gas resulta de modo aproximado  $n_2/n_1 = 1,5$ .

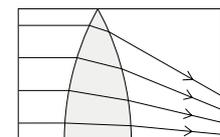
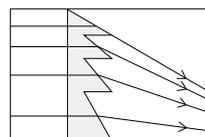
$$\frac{\text{sen } \epsilon_1}{\text{sen } \epsilon_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



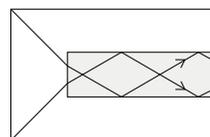
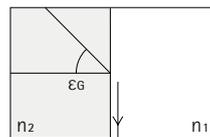
En el paso por un medio de otra densidad se trasladan rayos de luz en paralelo.



Típico camino óptico de luz que incide en paralelo al pasar por una rejilla prismática asimétrica (arriba, izda.), rejilla prismática simétrica (arriba, dcha.), lentes Fresnel (abajo, izda.) y lentes condensadoras (abajo, dcha.)



$$\text{sen } \epsilon_G = \frac{n_1}{n_2}$$



Para la transición de un rayo de luz desde un medio con el índice de refracción  $n_2$  hasta un medio de menor densidad con el índice de refracción  $n_1$  existe un ángulo límite  $\epsilon_G$ . Si se sobrepasa el ángulo límite el rayo de luz es reflejado en el medio más denso (reflexión total). Para la transición de vidrio a aire resulta de modo aproximado  $\epsilon_G = 42^\circ$ . La reflexión total es técnicamente útil, por ejemplo, en conductores de luz (abajo).

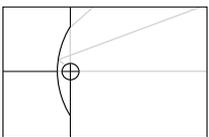
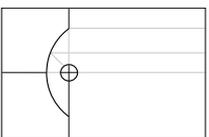
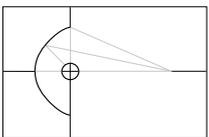
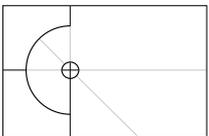
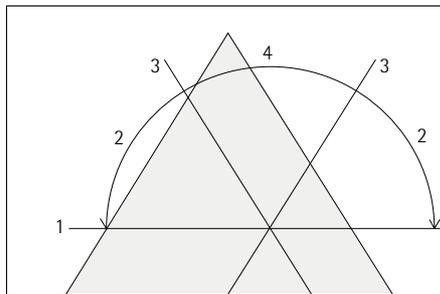
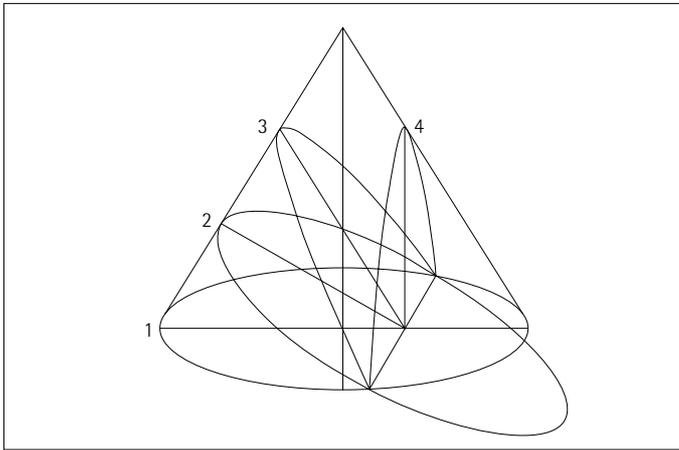
otras transmitidas. Mediante una sucesión de capas de solidez y espesor adecuados, se puede producir una capacidad de reflexión selectiva para determinadas zonas de frecuencia, de modo que —como en las lámparas de haz frío— se refleja luz visible, pero la radiación infrarroja es transmitida. De este modo también se pueden fabricar reflectores y filtros para la creación de luz de colores. Los filtros de interferencia disponen de una transmitancia muy elevada y de una separación especialmente aguda entre las zonas espectrales reflejadas y transmitidas.

### 2.6.2 Reflectores

En la construcción de luminarias sobre todo los reflectores sirven como elementos conductores de la luz. Además de reflectores con superficies de reflexión difusa —casi siempre blanco o mate— se utilizan reflectores con superficies brillantes. Éstos se fabricaban originalmente en cristal espejado por el envés, lo que llevó al concepto aún usual de la técnica del reflector de espejo. Como material para reflectores se utilizan en la actualidad sobre todo aluminio anodizado y materiales sintéticos, como plástico, que llevan un recubrimiento de cromo o aluminio, respectivamente. Los reflectores de material sintético resultan más económicos, pero la carga térmica es limitada y no son tan robustos como los reflectores de aluminio, que, debido a su resistente capa anodizada, están mecánicamente protegidos, pudiendo soportar altas temperaturas.

En los reflectores de aluminio coexisten diferentes materiales, en parte se componen totalmente de aluminio puro de alta calidad, en parte sólo llevan un recubrimiento de aluminio puro. La capa final anodizada puede tener un grosor variado según su aplicación; para zonas de interior normalmente es de 3-5  $\mu\text{m}$ , para luminarias de exterior o entornos con cargas químicas, puede llegar a 10  $\mu\text{m}$ . El anodizado se puede producir en la materia prima (anodizado en bobina) o más costoso en el reflector individual (anodizado estacionario). Las superficies pueden ser lisas o mates; el efecto mate ocasiona una luminancia más alta pero más uniforme del reflector. En caso de desear una dispersión ligera del cono luminoso producido, tanto para conseguir una dirección de luz más suave como para equilibrar la falta de uniformidades, las superficies de reflector pueden ser faceteadas o martilleadas. Los reflectores metálicos pueden llevar una capa dicróica, con lo que se facilita el control del color de luz así como la parte de radiación UV o infrarroja. La característica de una luminaria se determina esencialmente por la forma del reflector utilizado. Casi todos los contornos del reflector pueden relacionarse con la parábola, la esfera o la elipse.

Esfera (1), elipse (2), parábola (3) e hipérbola (4) como plano secante de un cono (arriba). Representación esquemática de los planos secantes y zona de corte (abajo).



Camino óptico de fuentes de luz puntuales en la reflexión de esfera, elipse, parábola e hipérbola (de arriba abajo).

2.6.2.1 Reflectores parabólicos

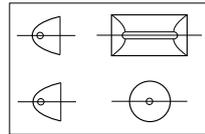
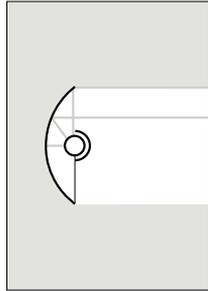
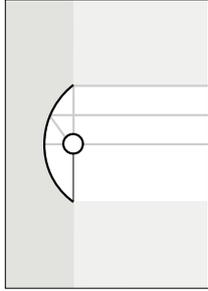
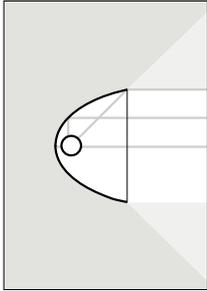
Los reflectores parabólicos representan la forma de reflector más utilizada. Ofrecen la posibilidad de dirigir la luz del modo más variado —sea por radiación concentrada, horizontal o asimétrica— y posibilitan también una determinada limitación de deslumbramiento. En los reflectores parabólicos la luz de una fuente de luz que se encuentra en el punto focal de la parábola se radia en paralelo al eje parabólico. Si aumenta la desviación de la fuente de luz de la forma puntual ideal —con referencia al diámetro parabólico—, aumenta la divergencia del haz de luz emitido. Si el contorno de reflector se construye por el propio eje mediante rotación de una parábola o un segmento parabólico, resulta un reflector con distribución de luz de radiación controlada. En fuentes de luz lineales se produce un efecto comparable mediante reflectores acanalados con sección parabólica. Si el contorno de reflector se construye mediante rotación de un segmento parabólico por un eje que está situado en un ángulo al eje parabólico, resulta, según el ángulo, una distribución de luz horizontal hasta una característica Batwing. Ángulo de irradiación y de apantallamiento se pueden escoger libremente de modo que se pueden proyectar luminarias para diferentes exigencias a la distribución de luz y limitación de deslumbramiento. Los reflectores parabólicos también se pueden aplicar en fuentes de luz lineales o planas, por ejemplo, lámparas-PAR o lámparas fluorescentes, aunque en este caso las lámparas no se encuentran en el punto focal de la parábola. No obstante, en este caso se pretende menos una orientación paralela de la luz que una óptima limitación del deslumbramiento.

El punto de encendido de la parábola se encuentra en esta forma de construcción sobre el pie del segmento parabólico situado enfrente, de modo que la luz de la fuente de luz que se encuentra por encima del reflector en ningún caso puede ser radiada por encima del ángulo de apantallamiento dado. Tales construcciones no sólo se pueden aplicar en luminarias, sino también en la conducción de la luz diurna; rejillas parabólicas —por ejemplo, en claraboyas— también conducen la luz solar, de modo que se puede descartar el deslumbramiento por encima del ángulo de apantallamiento.

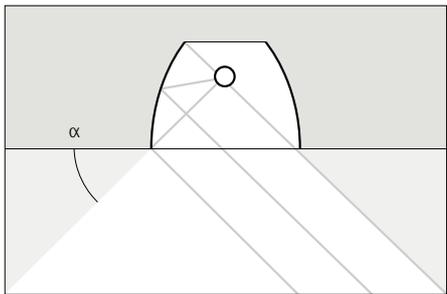
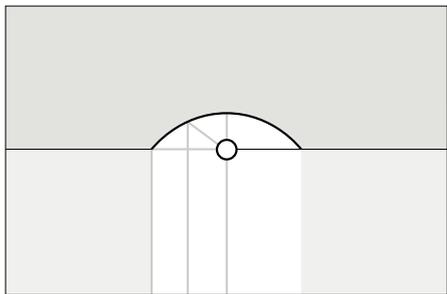
Reflector parabólico con poca distancia entre punto de encendido y vértice de reflector; apantallamiento de componentes directos por el reflector.

Reflector parabólico con gran distancia entre punto de encendido y vértice de reflector; sin apantallamiento de componentes directos.

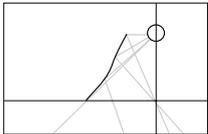
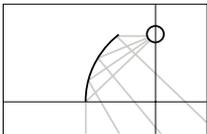
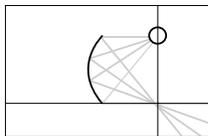
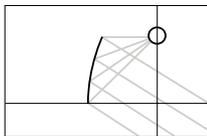
Reflector parabólico con gran distancia entre punto de encendido y vértice de reflector, así como reflector esférico para el apantallamiento de componentes directos.



Contorno parabólico en reflectores acanalados y de rotación simétrica.

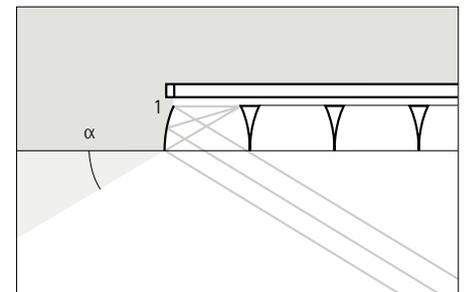
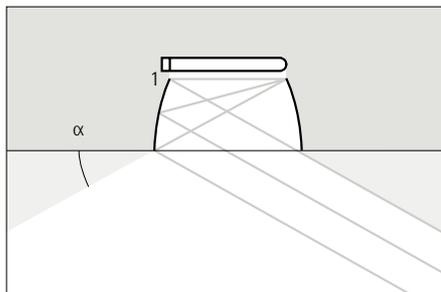


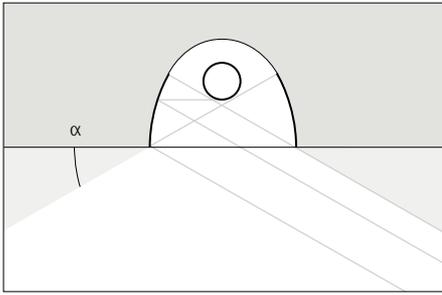
Reflector parabólico con fuerte efecto direccional (arriba). Reflector parabólico de radiación horizontal con ángulo de apantallamiento  $\alpha$  (abajo).



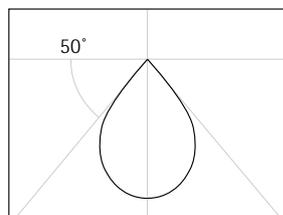
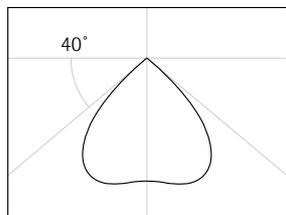
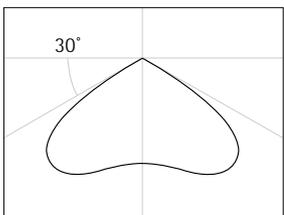
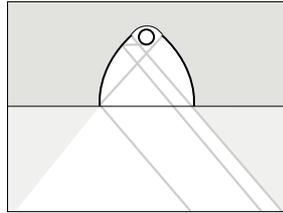
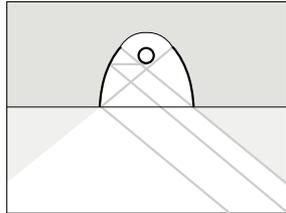
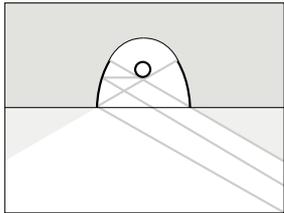
Reflector parabólico para la limitación de deslumbramiento en fuentes de luz planas y lineales. En una situación del punto de encendido sobre el pie (1) del segmento parabólico situado al otro lado no se emite ninguna luz por encima del ángulo de apantallamiento  $\alpha$ .

Contornos de reflector para camino óptico (arriba, izda.), camino óptico convergente/elipse (arriba, dcha.), camino óptico divergente/hipérbola (abajo, izda.) y camino óptico convergente-divergente (abajo, dcha.)





Técnica de reflector Darklight. Mediante reflectores con punto focal de parábola desplazable tampoco se produce una radiación de luz por encima del ángulo de apantallamiento si el foco es volumétrico.



Mediante el cálculo de adecuados contornos de reflector se pueden conseguir para idénticos recortes de techo y geometría de lámpara diferentes ángulos de apantallamiento y características de radiación.

### 2.6.2.2 Reflectores Darklight

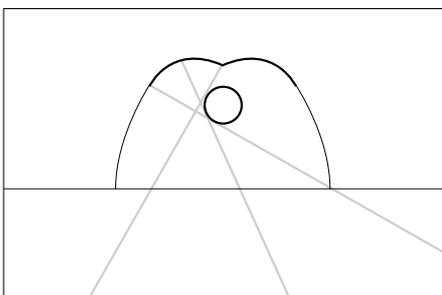
En los reflectores parabólicos hasta ahora descritos sólo se da una radiación definida —y con ello una limitación de deslumbramiento efectiva— para fuentes de luz ideales, es decir, puntiformes. Si el foco es volumétrico —por ejemplo, en el caso de lámparas incandescentes mates— ya se producen efectos de deslumbramiento por encima del ángulo de apantallamiento; en el reflector se visualiza luz deslumbrante, aunque la propia lámpara esté apantallada. Mediante reflectores con punto focal de parábola desplazable, los denominados reflectores Darklight, se puede evitar este efecto; la claridad se produce en el reflector también si el foco es volumétrico sólo por debajo del ángulo de apantallamiento a través de la fuente de luz entonces visible.

### 2.6.2.3 Reflectores esféricos

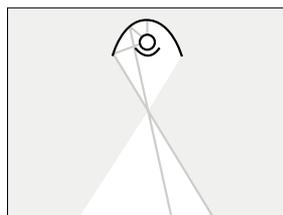
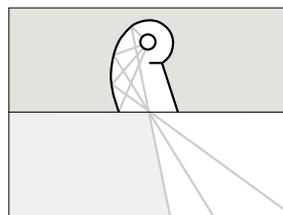
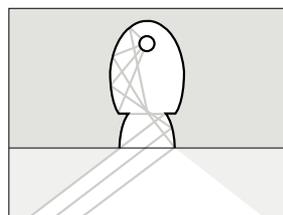
En reflectores esféricos se refleja la luz de una lámpara, que se encuentra en el punto focal de la esfera, hacia este punto focal. Se utilizan sobre todo como ayuda en conexión con los reflectores parabólicos o sistemas de lente. En este caso sirven para dirigir la parte libremente radiada del flujo luminoso de la lámpara al reflector parabólico y así incluirlo en la conducción de luz o aprovechar convenientemente la luz entregada hacia atrás mediante retroreflexión hacia la lámpara.

### 2.6.2.4 Reflectores evolventes

En este caso la luz radiada desde una lámpara no es reflejada hacia la fuente de luz, como en el caso anterior, sino que los reflejos siempre pasan por el lado de la lámpara. Se utilizan sobre todo en lámparas de descarga, para evitar un calentamiento con disminución del rendimiento de las lámparas por la luz reflejada.



Reflector evolvente: rayos de luz que emanan de la lámpara siempre son reflejados pasando por el lado de la lámpara.



Reflectores elipsoidales en Downlights de doble foco (arriba), baños de pared (centro) y proyectores (abajo).

### 2.6.2.5 Reflectores elípticos

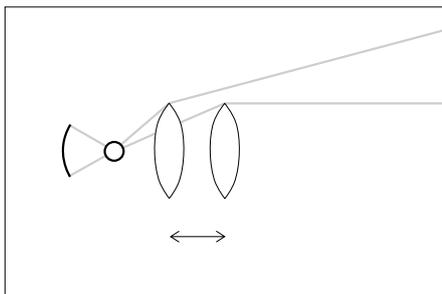
En estos reflectores la luz de una lámpara que se encuentra en el primer punto focal de la elipse se refleja hacia el segundo punto focal. Con ello se puede utilizar el segundo punto de encendido de la elipse como fuente de luz imaginaria, de libre radiación. Se utilizan para producir un inicio de luz directamente en el techo. Incluso si se deseara un recorte de techo lo más pequeño posible para Downlights, se pueden aplicar reflectores elípticos. En este caso el segundo punto de encendido puede estar situado directamente en el plano del techo como fuente de luz imaginaria de libre radiación, pero también es posible proporcionar mediante un reflector parabólico una salida de luz controlada y la limitación del deslumbramiento.

### 2.6.3 Sistemas de lentes

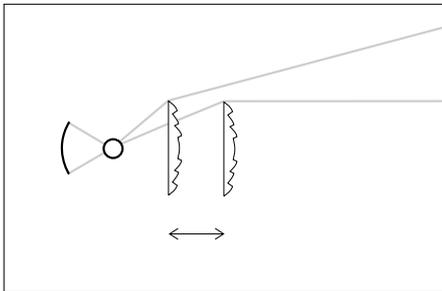
A diferencia de las rejillas prismáticas, las lentes se utilizan casi exclusivamente en luminarias para fuentes de luz puntuales. Por regla general, se construye un sistema óptico en el que se combinan un reflector y una o más lentes.

#### 2.6.3.1 Lentes condensadoras

Las lentes condensadoras orientan la luz de una fuente de luz que se encuentra en su punto focal hacia un haz de luz paralelo. En la construcción de luminarias las lentes condensadoras se combinan casi siempre con un reflector, que sirve para conducir todo el flujo luminoso en dirección de la radiación. La lente ocasiona un enfoque exacto de la luz. A menudo se puede modificar la distancia de la lente condensadora a la fuente de luz, de modo que se pueden realizar diferentes ajustes del ángulo de irradiación.



Lente condensadora (arriba) y lente Fresnel (abajo). Con la modificación de la distancia entre lente y fuente de luz varía el ángulo de irradiación.



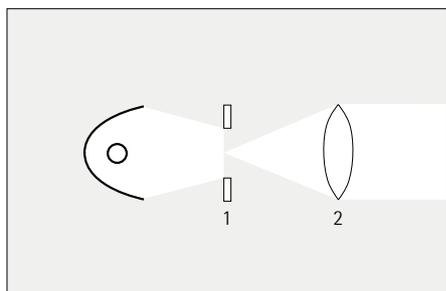
#### 2.6.3.2 Lentes Fresnel

Las lentes Fresnel representan una forma de lente en la que los segmentos de lente en forma anular se coordinan concéntricamente. El efecto óptico de estas lentes es comparable al efecto de las lentes convencionales con la correspondiente curvatura. Las lentes Fresnel, en cambio, son bastante más planas, ligeras y económicas, de manera que a menudo se utilizan en luminarias en vez de las lentes condensadoras. El rendimiento óptico de las lentes Fresnel es limitado por perturbaciones en los cruces de segmento. Por regla general los reversos de las lentes están estructurados para igualar irregularidades visibles en la distribución luminosa y procurar de este modo una proyección suave de la luz. Originalmente, las luminarias con lentes Fresnel se aplicaban como proyectores de escena, aunque también se utilizan en la iluminación arquitectónica, para poder regular los ángulos de irradiación a diferentes distancias entre luminaria y objeto iluminado de modo individual.

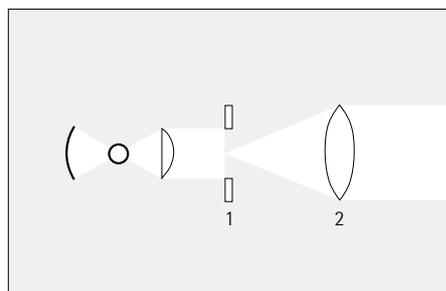
#### 2.6.3.3 Sistemas de enfoque

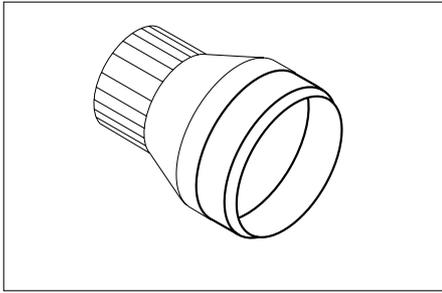
En los sistemas de enfoque se utilizan un reflector elíptico o una combinación de espejo esférico y condensador para orientar su luz a un plano de la imagen. A través de la lente principal de la luminaria se enfoca entonces este plano sobre la superficie a iluminar.

Imagen y cono luminoso se pueden modificar en el plano de la imagen. Sencillos diafragmas perforados o iris pueden proporcionar conos luminosos de diferente tamaño, mientras que es posible ajustar mediante monturas diferentes



Proyectores con óptica de enfoque: un plano de imagen uniformemente iluminado (1) es enfocado por un sistema de lente (2). El proyector elíptico (arriba) destaca por su elevada intensidad luminosa, el proyector condensador (abajo) por su gran calidad de reproducción.

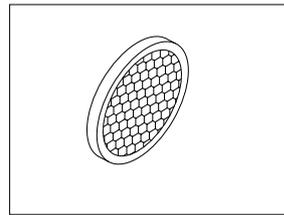
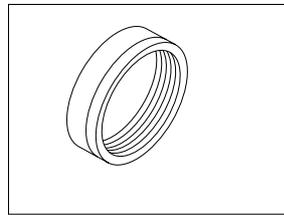
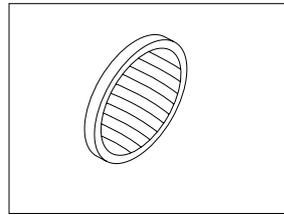
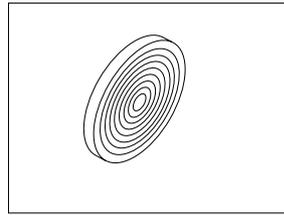
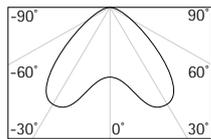
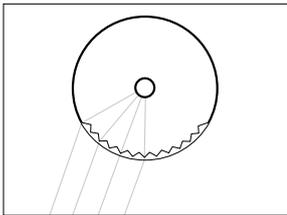




Cabezal de un proyector para el acoplamiento de accesorios adicionales.

Accesorios adicionales (de arriba abajo): lente Flood para un cono luminoso más horizontal; lente de escultura para producir un cono luminoso oval; diafragma ranurado, y rejilla de panal para la limitación del cono luminoso y la disminución de deslumbramiento.

Típica distribución luminosa de una lámpara fluorescente con rejilla prismática.



## 2.6 Conducción de luz

### 2.6.4 Rejilla de prisma

### 2.6.5 Elementos adicionales

contornos del cono luminoso. Con ayuda de carátulas (gobos) es posible proyectar logotipos o motivos. Mediante lentes con adecuadas distancias focales se pueden escoger diferentes ángulos de irradiación o escala de imagen. A diferencia de lo que ocurre en las luminarias para lentes Fresnel, es posible conseguir conos luminosos nítidos; no obstante, mediante la proyección menos nítida también se pueden lograr conos luminosos de líneas suaves.

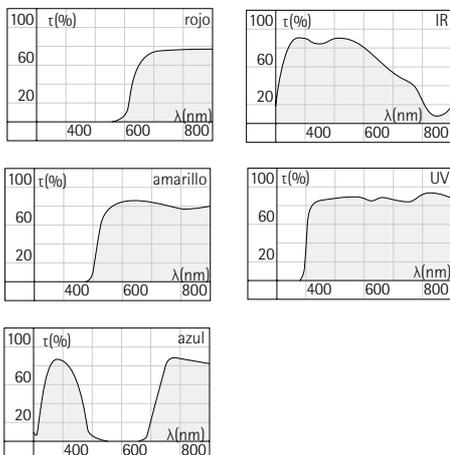
### 2.6.4 Rejilla de prisma

También la refracción en prismas puede aplicarse como principio óptico para la conducción de luz. Se aprovecha la circunstancia de que la desviación de un rayo de luz al pasar por un prisma depende del ángulo de éste, de modo que el ángulo de apantallamiento de la luz puede determinarse por la elección de una forma de prisma adecuada. Si la luz cae por encima de un determinado ángulo límite sobre el flanco prismático no se refracta, sino que se refleja totalmente. Este principio se utiliza a menudo en sistemas prismáticos para desviar la luz en ángulos, que sobrepasan el máximo ángulo posible de refracción. Sistemas prismáticos se utilizan sobre todo en luminarias para lámparas fluorescentes para controlar el ángulo de irradiación y para proporcionar la suficiente limitación de deslumbramiento. Para ello se calculan los prismas para el correspondiente ángulo de incidencia de la luz y se unen en una rejilla de orientación longitudinal, que forma el cierre externo de la luminaria.

### 2.6.5 Elementos adicionales

Numerosas luminarias pueden ser equipadas con elementos adicionales para la modificación de las cualidades luminotécnicas. Destacan las monturas de filtro, que proporcionan luz de color o disminuyen la parte de luz de radiación UV o infrarroja. Los filtros pueden ser de láminas de material sintético, pero los de cristal duran más. Además de los filtros convencionales de absorción, también se pueden aplicar filtros de interferencia (filtros de bordes), que disponen de una elevada transmitancia, ocasionando una separación exacta de las partes espectrales transmitidas y reflejadas. Con la ayuda de lentes Flood se puede proporcionar una distribución luminosa más horizontal y suave, en tanto que las lentes de escultura producen un cono luminoso elíptico. Para conseguir una limitación de deslumbramiento mejorada, es posible la utilización adicional de monturas o rejillas de panal. En caso de elevadas cargas mecánicas, sobre todo en espacios destinados a los deportes y en zonas con peligro de vandalismo, se puede instalar una rejilla adicional de protección.

Curvas de transmisión espectrales  $\tau(\lambda)$  de filtros usuales.



Cuerpo de refrigeración de fundición a presión de aluminio.

Portalámparas de cerámica para casquillo E27.

Proyector orientable empotrado para lámparas de vidrio prensado. Los proyectores empotrables unen la tranquila imagen de techo de luminarias integradas con la aplicación flexible de proyectores.

Cuerpo de lámpara.

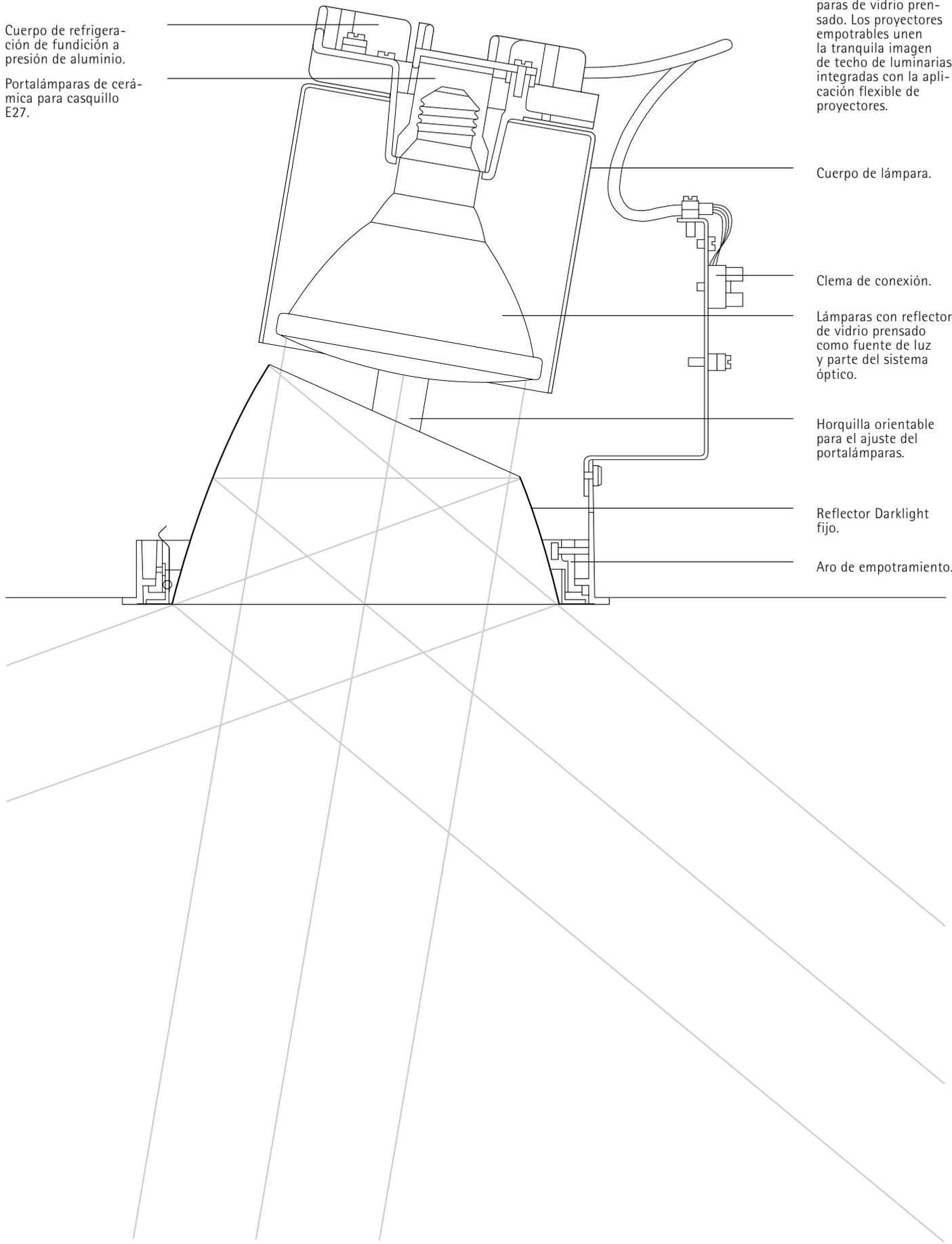
Clema de conexión.

Lámparas con reflector de vidrio prensado como fuente de luz y parte del sistema óptico.

Horquilla orientable para el ajuste del portalámparas.

Reflector Darklight fijo.

Aro de empotramiento.



## Luminarias

Existen múltiples tipos de luminarias. Un grupo significativo está formado por luminarias decorativas, cuyo efecto luminoso tiene menos importancia que el aspecto exterior. Pero este campo no lo trataremos con más detalle. Nos centraremos en las luminarias con propiedades lumínotécnicas definidas, que pueden servir como elementos de construcción en la iluminación arquitectónica. También aquí existen múltiples tipos, que se pueden clasificar según los más diversos puntos de vista. En este caso parece lo más razonable clasificarlas en luminarias de instalación fija, luminarias orientables y estructuras luminosas.

### 2.7.1 Luminarias de instalación fija

Las luminarias fijas están fuertemente unidas a la arquitectura. Ocasionalmente se pueden ajustar diferentes direcciones de luz, pero debido al montaje fijo la dirección de irradiación casi siempre está indicada. Según las características de la luminaria y el tipo de construcción podemos hablar de una serie de subgrupos.

## 2.7 Luminarias

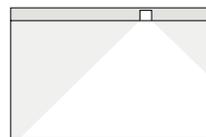
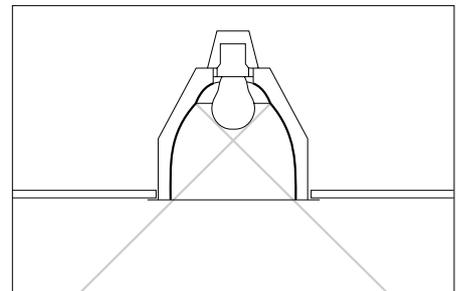
### 2.7.1 Luminarias de instalación fija

#### 2.7.1.1 Downlights

Tal como da a entender su nombre, los Downlights dirigen la luz principalmente de arriba abajo. Habitualmente se montan en el techo. A menudo pueden ser empotrados en el mismo, de modo que prácticamente no aparecen como luminarias y sólo tienen efecto a través de su luz. Pero los Downlights también se ofrecen en versión de superficie y suspendidos. Una forma especial, que casi siempre se aplica en la iluminación de pasillos o de exteriores, son los Downlights para montaje en pared.

En su forma básica los *Downlights* radian un cono luminoso verticalmente hacia abajo. Habitualmente son montados en el techo, iluminando el suelo u otras superficies horizontales. Sobre superficies verticales —por ejemplo, paredes— sus conos luminosos forman características entradas de forma hipérbola (scallops).

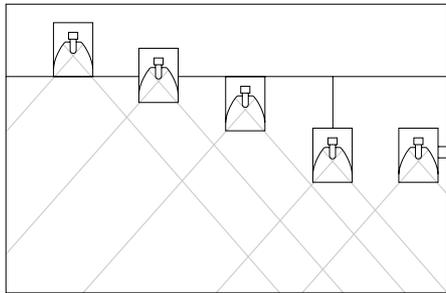
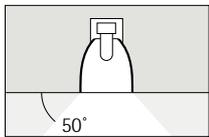
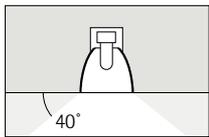
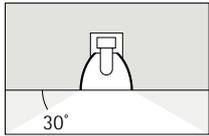
Los Downlights se ofrecen con una variada distribución luminosa. Los de haz intensivo iluminan una superficie más pequeña, pero por su mayor ángulo de apantallamiento deslumbran menos que los Downlights de radiación horizontal. En algunos tipos de Downlights se colocan adicionalmente rejillas de apantallamiento en el orificio del reflector, para proporcionar un menor deslumbramiento. En Downlights con reflector Darklight el ángulo de apantallamiento de la lámpara es idéntico al ángulo de apantallamiento de la luminaria\*, de modo que se produce en la luminaria una radiación horizontal y al mismo tiempo un rendimiento óptico óptimo de ésta.



Downlight empotrado para lámparas incandescentes. Mediante la técnica Darklight resulta claramente un cono luminoso limitado con idéntico ángulo de apantallamiento.

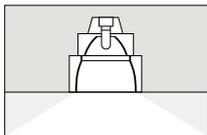
\* Los autores hacen la distinción entre el ángulo de apantallamiento de la lámpara (*Abschirmwinkel*) y el de la luminaria (*Ablendwinkel*). (Nota de la traductora.)

Según los contornos de reflector se pueden lograr diferentes ángulos de apantallamiento con el mismo recorte de techo.

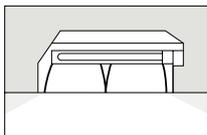
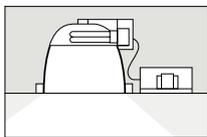
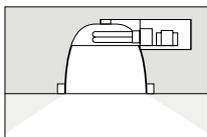


Formas de montaje de Downlights: empotrado, semiempotrado, de superficie, suspendido y de pared.

Downlight empotrado para lámpara de descarga de alta presión. Lámpara y reflector están separados por un cristal de seguridad.

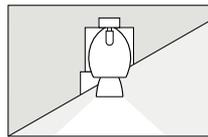
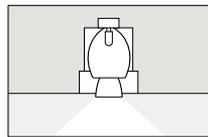
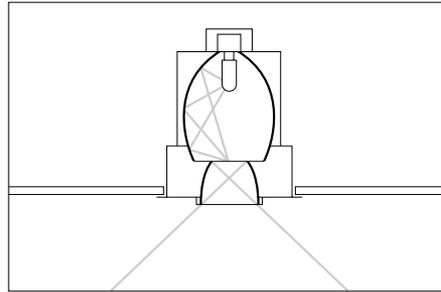


Downlight empotrado para lámpara fluorescente compacta, formas constructivas con reactancia integrada y por separado (arriba) así como reflector de rejilla cruzada (abajo).



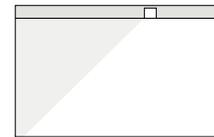
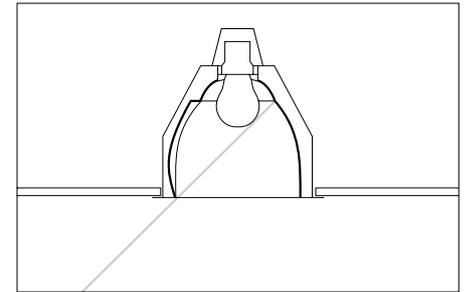
Los Downlights de doble foco disponen de similares cualidades a los Downlights tradicionales, pero por su especial forma de reflector posibilitan un alto rendimiento luminoso con una pequeña abertura de techo.

Downlight de doble foco con reflector elipsoide y reflector de apantallamiento parabólico adicional con recorte de techo especialmente pequeño.

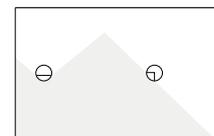
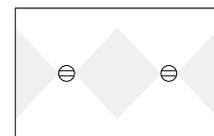
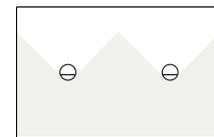


Montaje de Downlights de doble foco en techos horizontales e inclinados.

Los Downlights de pared (bañadores de pared) disponen de una distribución luminosa asimétrica, no sólo dirigen la luz verticalmente hacia abajo, sino también directamente sobre superficies verticales. Se utilizan para conseguir adicionalmente a la parte de iluminación horizontal una iluminación uniforme de superficies de pared. Los Downlights-bañador de pared iluminan según su ejecución una parte de pared, una esquina del espacio o también dos secciones de pared situadas enfrente de ellos.

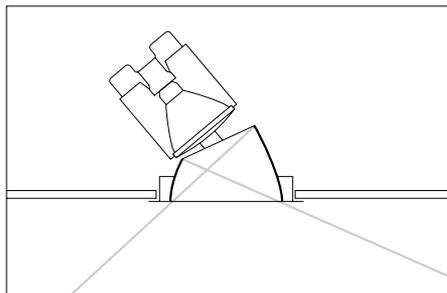


Downlight-bañador de pared con reflector Darklight y segmento elipsoide adicional para la generación de la parte de la pared a iluminar.

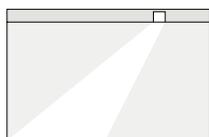
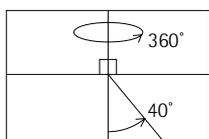


Representación simbólica en planta: Downlight-bañador de pared, bañador doble y bañador de esquina.

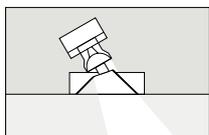
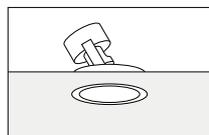
El *Downlight-proyector orientable* sirve para la iluminación acentuada de diferentes áreas y objetos. Mediante la orientación del cono luminoso se puede adaptar a diferentes tareas de iluminación. Su distribución luminosa es de haz intensivo a medio horizontal.



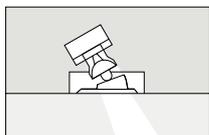
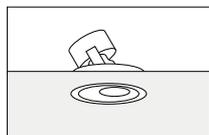
Downlight-proyector orientable con lámpara reflectora ajustable y reflector de apantallamiento. Por regla general, los proyectores orientables son girables a 360° y orientables a 40°. De este modo, el proyector puede orientarse tanto sobre superficies horizontales como verticales.



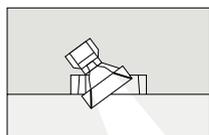
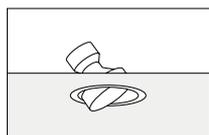
Downlight-proyector orientable con reflector de apantallamiento.



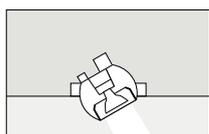
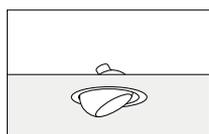
Downlight-proyector orientable con montura de apantallamiento.



Downlight-proyector orientable con suspensión en cardan.



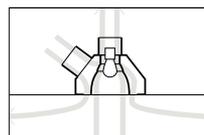
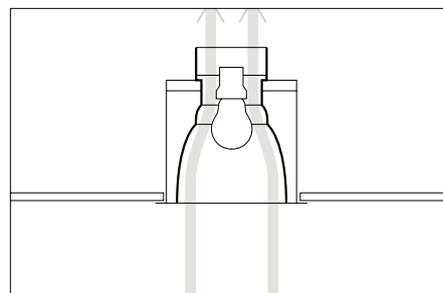
Downlight-proyector orientable como proyector esférico.



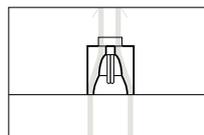
Los *Downlights climáticos* sirven para la impulsión con retorno de aire regulable. Coordinan los orificios para iluminación y ventilación, proporcionando de este modo una imagen uniforme del techo. Los Downlights climáticos pueden tener conexiones para el retorno de aire regulable para la impulsión o para el retorno y la impulsión de aire.

Los Downlights se ofrecen para un sinfín de tipos de lámparas. No obstante, las fuentes de luz más habituales son lámparas incandescentes, halógenas incandescentes, de descarga de alta presión y fluorescentes compactas.

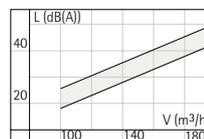
Downlight con lámpara incandescente para el retorno de aire regulable. El calor de convección de la lámpara incandescente es evacuado por la corriente de aire.



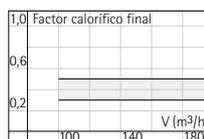
Downlight con conducción combinada de impulsión y retorno de aire regulable.



Downlight con conducción de retorno de aire regulable para lámparas fluorescentes compactas. El retorno de aire regulable se lleva por separado de la lámpara, debido a que la potencia de refrigeración de éste puede influir sobre las cualidades de servicio de la fuente de luz.



Zona del nivel de potencia acústica L en función del flujo volumétrico de retorno de aire regulable V. Valores típicos para Downlights.



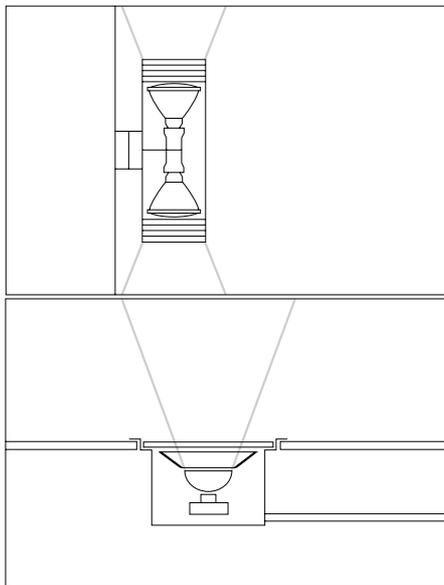
Área del factor calorífico final en función del flujo volumétrico de retorno de aire regulable V. Valores típicos para Downlights.

2.7.1.2 Uplights

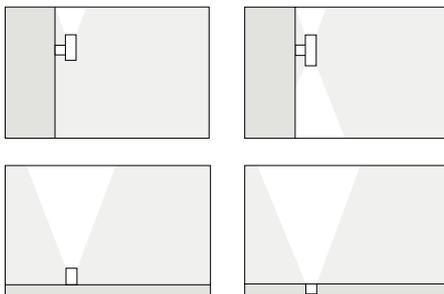
Los *Uplights* irradian —al contrario de los *Downlights*— hacia arriba. Se pueden aplicar para iluminar el techo, para la iluminación indirecta de un espacio mediante luz reflejada en el techo o para iluminar paredes por reflexión de luz. Los *Uplights* se pueden instalar en el suelo o en la pared.

Los *Up-Downlights* son la combinación de un *Uplight* y un *Downlight*, por lo que pueden proporcionar la iluminación simultánea del suelo y del techo o una iluminación de pared por reflexión de luz. Los *Up-Downlights* se pueden montar en la pared o suspendidos.

Up-Downlight para lámparas de vidrio prensado montado en pared.



Sección de una luminaria empotrable de suelo para lámparas reflectoras halógenas.



Formas de montaje de Uplights y Up-Downlights: montajes en pared, sobre el suelo y empotrado en suelo.

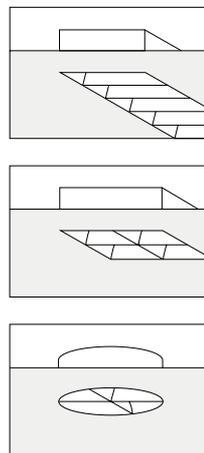
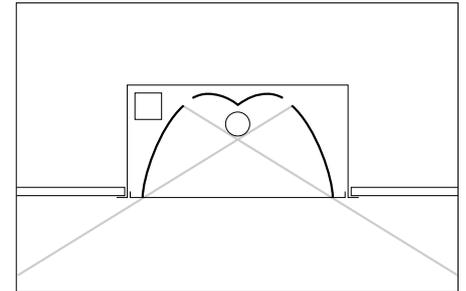
2.7.1.3 Luminarias de retícula

Las luminarias de retícula están construidas para fuentes de luz lineales, como lámparas fluorescentes o fluorescentes compactas. El nombre lo reciben por su recubrimiento, que puede componerse de rejillas antideslumbrantes que hacen una función de apantallamiento, de reflectores brillantes conductores de la luz o de rejillas prismáticas. Las luminarias de retícula producen poco brillo y modelación por las fuentes de luz lineales de baja luminancia. Su distribución luminosa es casi siempre horizontal, de modo que se utilizan sobre todo para la iluminación de grandes superficies.

Las luminarias de retícula tienen normalmente una forma rectangular alargada (luminaria de mucho campo); para lámparas fluorescentes compactas también hay formas cuadradas y esféricas a disposición. A semejanza de los *Down-*

lights se ofrecen en los tipos empotrables, de superficie y para ser suspendidas.

Las luminarias de retícula disponen en su forma básica de una distribución luminosa simétrica axial. Se ofrecen con ángulos de apantallamiento entre 30° y 40° y diferentes características de irradiación, de modo que la distribución de luz y la limitación de deslumbramiento pueden ser adaptadas a cada exigencia.



Luminaria de retícula para lámparas fluorescentes con reflector Darklight y reflector superior envolvente. Las luminarias de retícula pueden tener una forma rectangular (luminaria de mucho campo), cuadrada y también esférica.

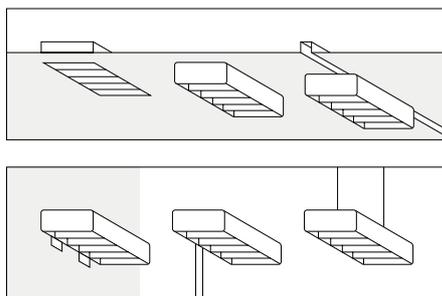
	30	60	90	I (cm)	T [W]	TC-L [W]
						18
						24
					18	36, 40, 55
					36	
					58	

	30	60	90	I (cm)	T [W]	TC-L [W]
						18
						24
						36, 40, 55

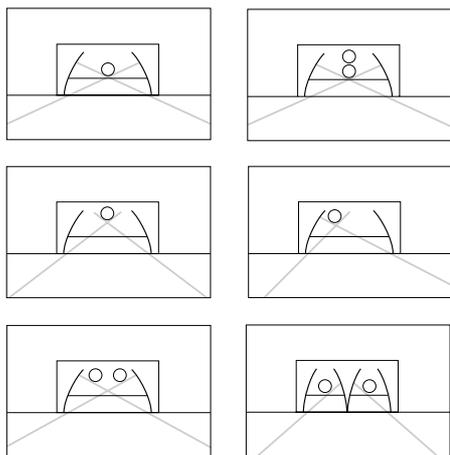
Comparación de tamaño de luminarias de retícula de diferentes formas y equipamientos.

	30	60	90	I (cm)	T [W]	TC-L [W]
						18
						24
						36

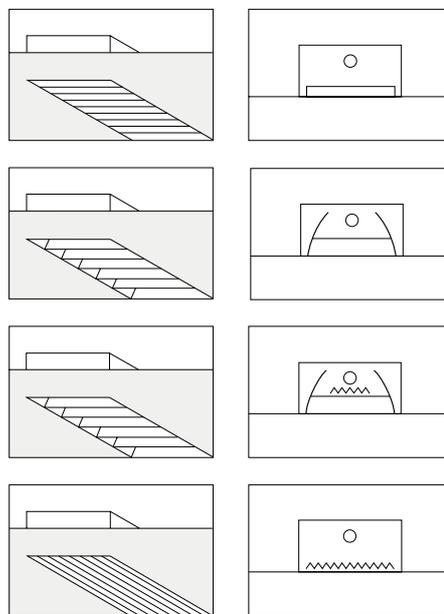
En caso de solicitar un menor deslumbramiento por reflexión, se pueden utilizar luminarias de retícula con característica Batwing, que radian su luz principalmente bajo ángulos planos, de modo que sólo se emite poca luz en la zona crítica de reflexión. El deslumbramiento directo en luminarias de retícula se puede limitar de varias maneras. En su forma más sencilla las luminarias de retícula disponen de una rejilla de apantallamiento para la limitación del ángulo de irradiación. No obstante, se consigue un grado de rendimiento mayor de la luminaria mediante reflectores de rejilla conductores de luz. Estos reflectores pueden componerse tanto de un material de alto brillo como mate. Los reflectores mate proporcionan una luminancia de techo uniforme y adaptada a la luminosidad del reflector, en tanto que los de alto brillo pueden aparecer oscuros dentro del ángulo de apantallamiento, pero pueden causar reflejos brillantes (de espejo) en el reflector. Otra posibilidad para la conducción de luz en estas luminarias son las rejillas prismáticas.



Luminarias de retícula y sus formas de montaje: empotrable en techo, de superficie, a railes electrificados, a pared, con soporte y suspendido.

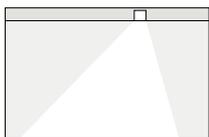
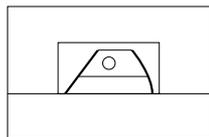
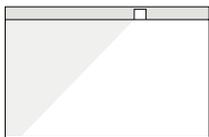
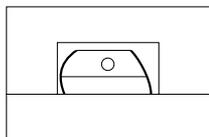
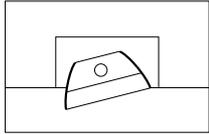


Disposición de lámparas en luminarias de retícula: disposición estándar por encima de reflectores transversales (arriba, izda.); disposición trasladada hacia arriba para aumentar el ángulo de apantallamiento (centro, izda.); equipamiento de dos lámparas en disposición horizontal y vertical (abajo, izda. y arriba, dcha.); disposición hacia un lado para una distribución de luz asimétrica (centro, dcha.), y equipamiento de dos lámparas con doble reflector (abajo, dcha.).



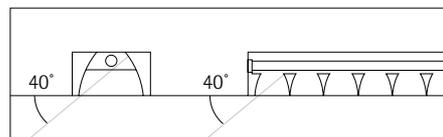
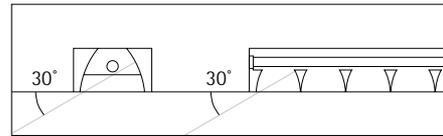
Luminarias de retícula y sus formas de construcción (de arriba abajo): luminaria con rejilla de lamas; luminaria con reflector de rejilla y rejilla prismática adicional para reducir la luminancia de la lámpara y mejorar la reproducción de contraste, y luminaria con rejilla prismática.

Las *luminarias de retícula asimétricas* proyectan la luz principalmente en una dirección. Se pueden utilizar para la iluminación uniforme de paredes o también aplicarlas para evitar el deslumbramiento por luz radiada en dirección a ventanas o puertas.



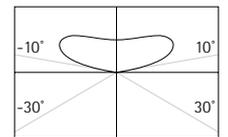
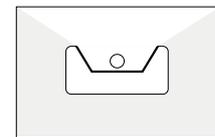
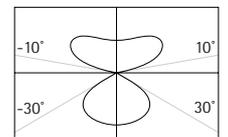
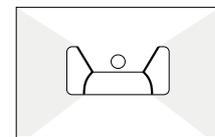
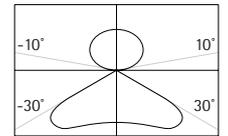
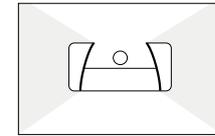
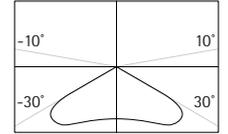
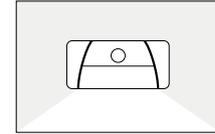
Luminarias de retícula asimétricas (de arriba abajo): iluminación de pared mediante orientación de un reflector de radiación simétrica; iluminación mediante un bañador de pared con reflector lateral elíptico, e iluminación sin parte de pared (por ejemplo, en una zona de ventanas) mediante una luminaria con reflector lateral plano.

Las *luminarias de retícula-BAP* se emplean para la iluminación de puestos de trabajo con pantalla. Deben disponer en ambos ejes principales de un ángulo de apantallamiento de por lo menos 30° y no deben sobrepasar una luminancia media de 200 cd/m<sup>2</sup> por encima del ángulo de apantallamiento. Por este motivo están principalmente equipadas con reflectores de alto brillo. En la utilización de pantallas modernas con contraste positivo se permiten luminancias más altas, en casos críticos, en cambio, se podría necesitar un apantallamiento de 40°.



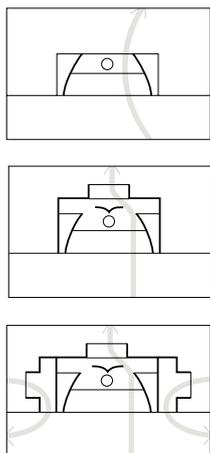
Ángulo de apantallamiento de 30° en los dos ejes principales (ángulo de apantallamiento límite 60°) (arriba) y ángulo de apantallamiento de 40° en los dos ejes principales (ángulo de apantallamiento límite 50°) (abajo).

Las *luminarias de retícula directa-indirecta* son suspendidas del techo o montadas a la pared. Producen una parte de iluminación directa sobre las superficies horizontales debajo de la luminaria y al mismo tiempo proporcionan luminosidad al techo y una iluminación general difusa.



Típicas distribuciones luminosas de luminarias de retícula: luminaria de radiación directa; luminaria directa-indirecta con mayor parte directa; luminaria directa-indirecta con mayor parte indirecta, y luminaria de radiación indirecta.

Las luminarias de retícula climáticas sirven para la conducción con retorno de aire regulable y para dar una imagen de uniformidad al techo. Estas luminarias también pueden llevar conexiones para la impulsión de aire, para el retorno de aire o para impulsión y retorno de aire.

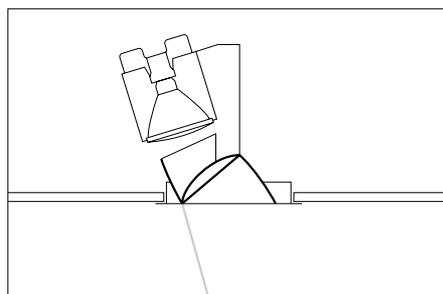


Luminarias de retícula con conducción de regulación de aire para techos de depresión, para conducción de retorno de aire en canales y para la conducción combinada de impulsión y retorno de aire.

#### 2.7.1.4 Bañadores

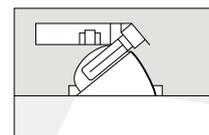
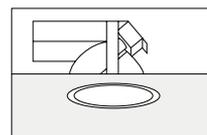
Los bañadores sirven para la iluminación uniforme de superficies, es decir, de paredes, techos y suelos. Forman parte de los grupos de Downlights y luminarias de retícula, pero también abarcan formas propias de luminarias.

Los *bañadores de pared* iluminan la pared y, según el tipo de construcción, también una parte del suelo. Bañadores de instalación fija se ofrecen en versiones empotrables y de superficie para el techo.

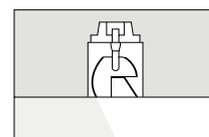
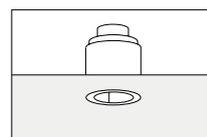


Bañador de pared para lámpara reflectora con una lente para la dispersión del cono luminoso y un reflector de apantallamiento. La parte de iluminación en el suelo es baja, la iluminación de la pared es especialmente uniforme.

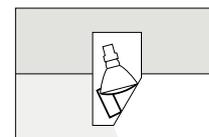
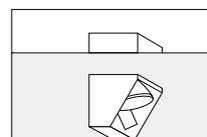
Bañador de pared para lámparas fluorescentes compactas.



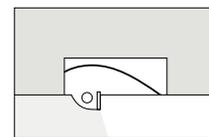
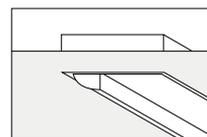
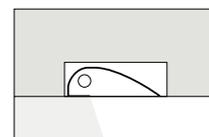
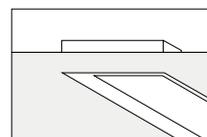
Bañador de pared con reflector elipsoide para lámparas halógenas incandescentes.



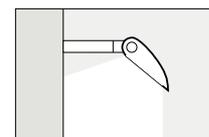
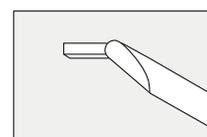
Bañador de pared con lente de escultura y reflector-montura de bañador para lámparas reflectoras.



Bañador de pared para lámparas fluorescentes. La parte directa de la iluminación es apantallada y el contorno de reflector proporciona una iluminación de pared especialmente uniforme. Con un elemento prismático adicional (abajo) se consigue un inicio de luz a ras de techo por debajo del nivel de techo.



Bañador de pared para montaje con brazos.



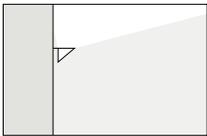
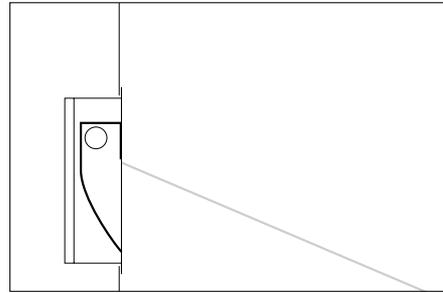
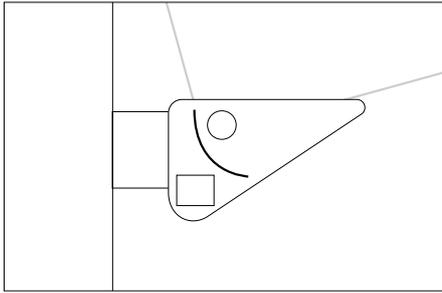
Los *bañadores de techo* sirven para iluminar o dar luminosidad a techos, así como para la iluminación general indirecta. Se montan en la pared por encima del nivel de visión o suspendidos. Se equipan principalmente con lámparas muy luminosas como las halógenas incandescentes para tensión de red y lámparas de descarga de alta presión.

Los *bañadores de suelo* se utilizan principalmente para la iluminación de pasillos y otros pasos de circulación. Se montan relativamente bajos empotrados en la pared o de superficie por encima del suelo.

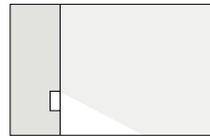
2.7.1.5 Luminarias de integración arquitectónica

Algunas formas de iluminación utilizan elementos de la arquitectura como componente luminotécnico efectivo. Ejemplos típicos son techos luminosos, pozos de luz, iluminación de molduras o contornos que reciben luz indirecta. También en estas construcciones individuales se pueden aplicar luminarias comercialmente usuales, por ejemplo, para lámparas o tubos fluorescentes.

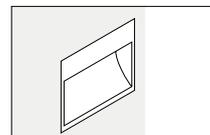
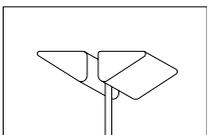
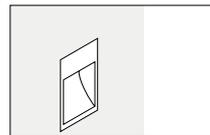
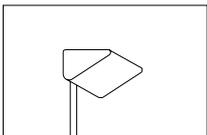
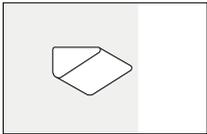
Por regla general las formas de iluminación integradas en la arquitectura son poco eficientes y luminotécnicamente difíciles de controlar, por lo que el papel que desempeñan en la iluminación propia de espacios no es importante. En cambio, para la configuración acentuada de la arquitectura, por ejemplo, para la acentuación de contornos de elementos arquitectónicos, son destacadamente apropiadas.



Bañador de techo montado en pared. El contorno de reflector proporciona una iluminación uniforme del techo.

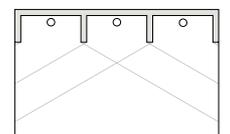
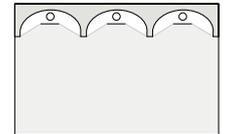
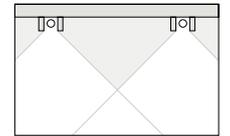
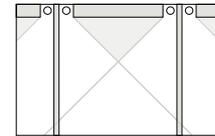


Bañador de suelo empotrable. La parte directa es apantallada y el contorno de reflector produce una iluminación uniforme del suelo.



Formas constructivas de bañadores de techo: montaje en pared; con soporte de una luminaria y de dos, y suspendido con dos luminarias.

Formas constructivas de bañadores de suelo: forma esférica y cuadrada para lámparas incandescentes o fluorescentes compactas, y forma rectangular para lámparas fluorescentes.



Luminarias integradas en la arquitectura en elementos de techo suspendidos, en techos cassette y bóvedas, así como en construcciones de pared.

### 2.7.2 Luminarias desplazables

A diferencia de las luminarias de instalación fija, las *luminarias desplazables* se pueden montar en diferentes lugares, aplicándose principalmente en railes electrificados o en estructuras luminosas. Por otra parte, son casi siempre variables en la dirección de luz y no están fijadas en una posición definida, sino que se pueden orientar libremente.

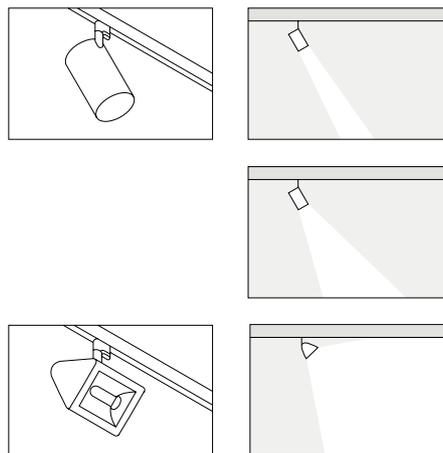
#### 2.7.2.1 Proyectores

Los *proyectores* son la forma más usual de luminarias desplazables. Iluminan un área limitada, de modo que se aplican menos para la iluminación general y más para la iluminación acentuada de objetos. Debido a su variabilidad en cuanto al lugar de montaje y orientación, se pueden adaptar a tareas alternativas.

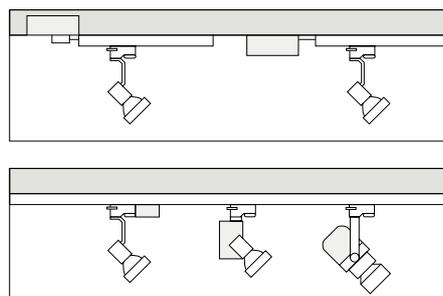
Se pueden adquirir proyectores con diferentes ángulos de irradiación. Una distribución luminosa intensiva posibilita la iluminación de áreas más pequeñas desde distancias más grandes, mientras que la distribución más horizontal de proyectores-bañadores posibilita con una sola luminaria iluminar una zona mayor.

Se ofrecen proyectores para numerosos tipos de iluminantes. No obstante, como se pretende una irradiación intensiva y definida, se aplican preferentemente fuentes de luz como lámparas incandescentes, halógenas-incandescentes y de descarga de alta presión, ocasionalmente también lámparas fluorescentes compactas. Lámparas de mayor volumen, como lámparas halógenas incandescentes de doble casquillo y lámparas de descarga de alta presión, así como lámparas fluorescentes compactas se utilizan principalmente para proyectores-bañadores, mientras que las fuentes de luz casi puntuales como lámparas halógenas de bajo voltaje o lámparas de halogenuros metálicos posibilitan un enfoque especialmente intensivo de la luz. Los proyectores se pueden equipar con reflectores o lámparas reflectoras. Algunos tipos de proyectores están equipados con lentes condensadoras o lentes Fresnel para un ángulo de irradiación variable. Proyectores con sistemas de reproducción (proyectores de contorno) posibilitan adicionalmente, mediante la proyección de diafragmas y carátulas (gobos), diferentes contornos de conos luminosos o imágenes. Lo típico para proyectores es la posibilidad de aplicar elementos adicionales, como lentes dispersoras y de escultura, filtros de color, de UV o infrarrojos, así como diferentes elementos antideslumbrantes, como viseras y cilindros antideslumbrantes, diafragma ranurado o rejillas de panel.

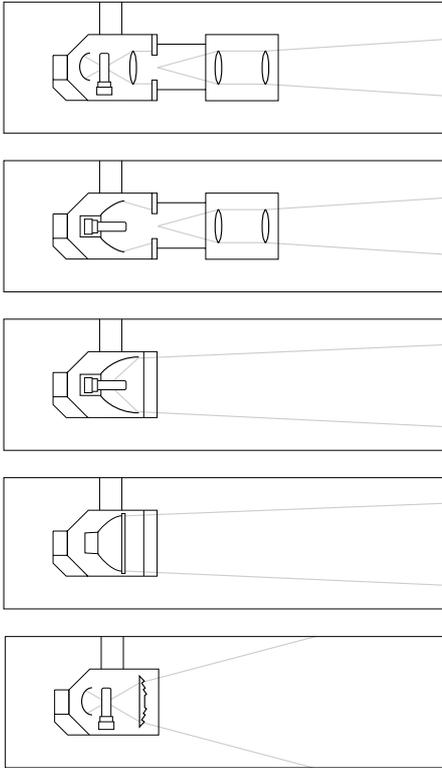
En proyectores para la iluminación de acento se puede variar el ángulo de irradiación mediante la elección correspondiente de reflectores o lámparas reflectoras. Se hace aquí la distinción entre Spot (haz intensivo con aprox. 10°) y Flood (haz extensivo con aprox. 30°).



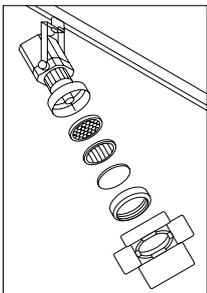
Representativo para bañadores es un ángulo de irradiación especialmente ancho, de aprox. 90°, para la iluminación horizontal de la pared.



Proyectores para lámparas halógenas de bajo voltaje se pueden instalar en railes electrificados de b. v.; el transformador se puede ocultar en un falso techo o ser visible en el rail electrificado (arriba). En el servicio a railes electrificados para tensión de red el transformador se encuentra casi siempre integrado en el adaptador o montado a la luminaria (abajo).



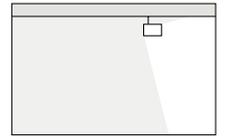
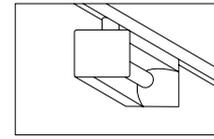
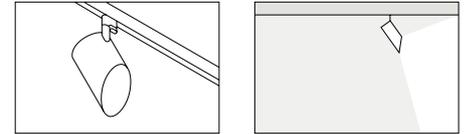
Proyector de escena en diferentes formas (de arriba abajo): proyector condensador y elipsoide como proyector con lente de enfoque; proyector parabólico; proyector para lámparas reflectoras, y proyector Fresnel con ángulo de irradiación variable.



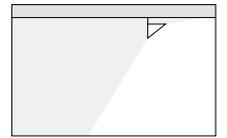
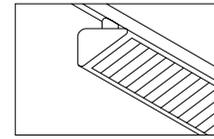
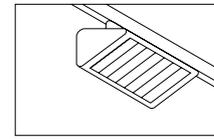
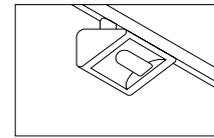
Accesorios para proyector y proyector de escena: rejilla de panel, lente de escultura, filtro, montura antideslumbrante y visera antideslumbrante.

### 2.7.2.2 Bañadores de pared

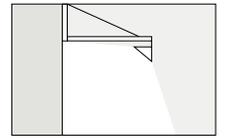
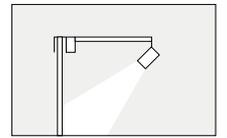
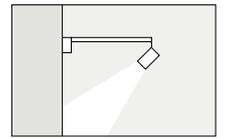
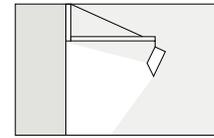
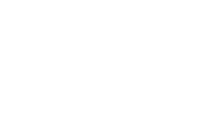
Los *bañadores de pared* existen tanto como luminaria de instalación fija como orientables. No obstante, en el caso de ser orientables, lo son menos en cuanto a la orientación de la luz. Los bañadores de pared orientables —por ejemplo, en raíles electrificados— pueden proporcionar una iluminación temporal o también continua de superficies verticales. Principalmente, pueden estar equipados con lámparas muy luminosas (lámparas halógenas incandescentes para tensión de red, lámparas de halogenuros metálicos) o con lámparas fluorescentes (convencionales y compactas).



Bañadores de pared orientables en diferentes formas, que se pueden adaptar a distintas alturas y distancias de pared.



Bañadores de pared con lámparas halógenas incandescentes, lámparas fluorescentes compactas y lámparas fluorescentes convencionales.



Brazo de pared con transformador integrado para proyector de bajo voltaje; montaje a pared (arriba) y pared móvil (centro). Brazos de pared para el montaje de estructuras luminosas y luminarias individuales pesadas (abajo).

2.7.3. Estructuras luminosas

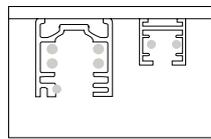
Las *estructuras luminosas* son sistemas que se componen de elementos modulares, que unen luminarias integradas y que posibilitan la fijación y el suministro eléctrico a luminarias orientables —por ejemplo, proyectores—. Por lo tanto, reúnen la posibilidad de luminarias orientables y de instalación fija.

Las estructuras luminosas se pueden componer de railes, vigas, perfiles tubulares o paneles. Lo típico es el montaje modular, que posibilita la construcción de numerosas variantes estructurales —desde disposiciones lineales hasta retículas en grandes superficies que se componen de elementos básicos y de unión estandarizados—. De este modo se tiene la posibilidad de adaptar estructuras luminosas a la arquitectura o incluso de crear estructuras arquitectónicas propias, que proporcionan un aspecto integrado y uniforme de la instalación de iluminación.

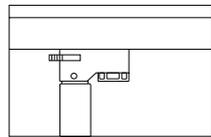
Un subgrupo de las estructuras luminosas lo forman las *vigas de soporte electrificadas*, que sirven exclusivamente para la sujeción y el suministro eléctrico a las luminarias orientables. Las vigas de soporte se pueden montar mediante railes electrificados o sistemas tubulares y de paneles con railes electrificados integrados, directamente en techos y paredes o suspendidas del techo. Para estructuras de amplia extensión libre existen sistemas portantes con una elevada capacidad de carga estática.

Las estructuras luminosas —en el verdadero sentido— se caracterizan por luminarias integradas, pero a menudo ofrecen,

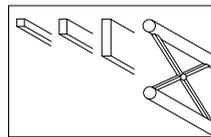
mediante railes electrificados o salidas de conexión, la posibilidad adicional de montar luminarias orientables. Se componen de elementos tubulares o paneles, casi siempre suspendidos del techo. Las estructuras luminosas utilizan sobre todo elementos con luminarias de rejilla integradas, que se pueden aplicar tanto para la iluminación directa en general como para la iluminación indirecta de luz reflejada por el techo. Para la iluminación acentuada sirven elementos con Downlights o Downlights-proyectores orientables integrados (a menudo en la técnica halógena de bajo voltaje); mediante elementos con lámparas incandescentes o halógenas incandescentes de libre radiación se pueden lograr efectos decorativos. Otros elementos permiten el montaje de luminarias de señalización, cajas de enchufe o altavoces.



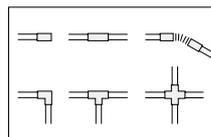
Rail electrificado trifásico para tensión de red y rail electrificado monofásico de bajo voltaje.



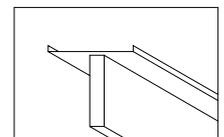
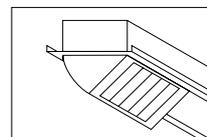
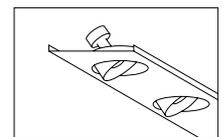
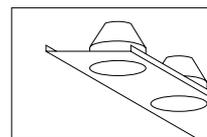
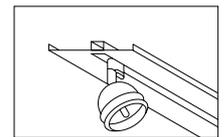
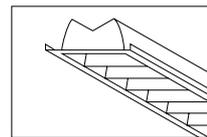
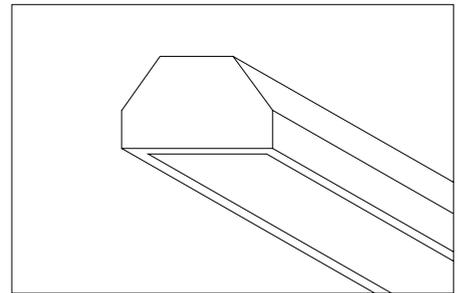
Adaptador con interruptor de elección de fase para rail electrificado trifásico.



Estructuras portantes en diferentes formas: desde el rail electrificado hasta la estructura de viga de amplia extensión.

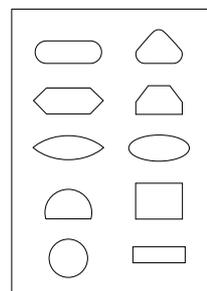
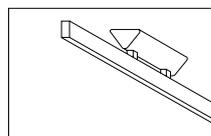
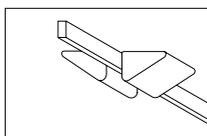
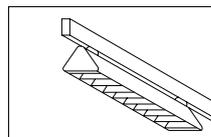
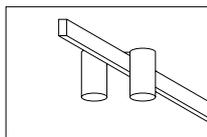


Tapa final, acoplamiento, acoplamiento flexible, conexión angular, conexión en T y conexión en cruz para railes electrificados.



Estructura luminosa; perfil hueco con diferentes elementos: luminaria de rejilla, Downlights (en caso necesario, también altavoces, conexiones a la red, etc.), bañadores de pared, railes electrificados, proyectores orientables y luminarias de señalización.

Vigas de soporte con Downlights (arriba, izda.), luminaria de rejilla (arriba, dcha.), bañadores de techo (abajo, izda.) y Uplight (abajo dcha.).



Secciones de estructuras luminosas en diferentes formas de perfil.

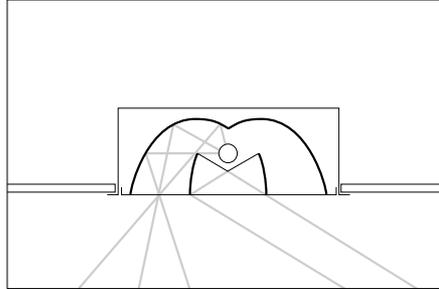
### 2.7.4. Luminarias con reflector secundario

Debido al incremento de los puestos de trabajo con pantalla han aumentado las exigencias al confort visual, sobre todo en cuanto a la limitación del deslumbramiento directo y el deslumbramiento por reflexión. La ausencia de deslumbramientos se puede conseguir mediante la utilización de luminarias-BAP adecuadamente construidas, pero también se puede considerar la aplicación de otras formas de iluminación, como la indirecta.

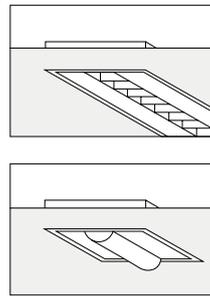
Una iluminación exclusivamente indirecta por la iluminación del techo ofrece la deseada ausencia de deslumbramiento, pero resulta poco efectiva y ópticamente es prácticamente incontrolable; se produce una iluminación completamente uniforme, difusa, de todo el espacio. Para posibilitar una iluminación diferenciada y la aplicación de luz dirigida, en primer lugar se pueden combinar partes de iluminación directas e indirectas en una iluminación de dos componentes, sea por el acoplamiento de luminarias de puesto de trabajo y bañadores de techo, sea por estructuras luminosas con radiación directa-indirecta.

Un control óptico más amplio se persigue comparativamente mediante la joven técnica secundaria. En este caso se sustituye el techo como superficie de reflexión luminotécnicamente incontrolada por un reflector secundario integrado en la luminaria, pudiendo adelantar de este modo información sobre sus propiedades de reflexión y luminancia. Mediante la combinación de un sistema de reflector primario y otro secundario, se produce una luminaria especialmente variable, que tanto puede emitir exclusivamente luz indirecta como también luz directa e indirecta en partes de libre elección. También

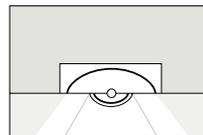
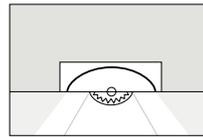
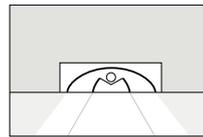
en la aplicación de fuentes de luz de alta luminancia, como las lámparas halógenas incandescentes o las lámparas de halogenuros metálicos, se puede conseguir un elevado confort visual, sin que por ello se tenga que renunciar a una iluminación diferenciada.



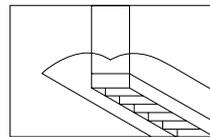
Luminaria con reflector secundario. Reflector parabólico para la parte directa y reflector secundario de forma evolvente para la conducción de la parte indirecta.



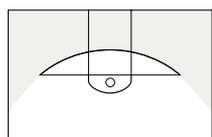
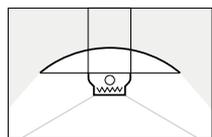
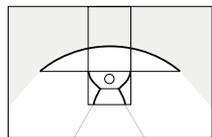
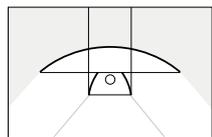
Luminaria con reflector secundario en forma rectangular y cuadrada.



Estructuras luminosas con luminaria secundaria de radiación directa-indirecta, así como indirecta.



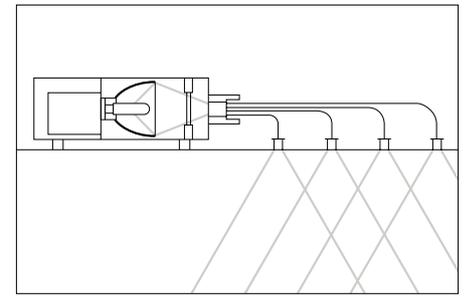
Luminaria con reflector secundario suspendida construida para radiación directa-indirecta.



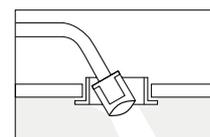
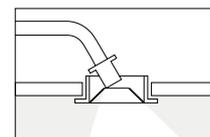
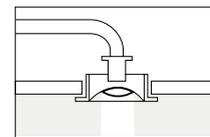
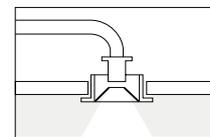
Luminaria con reflector secundario de rotación simétrica para fuentes de luz puntuales (por ejemplo, lámparas de descarga de alta presión). Formas de construcción con partes directas mediante reflector parabólico u óptica de lente, así como una luminaria puramente de radiación secundaria.

### 2.7.5 Sistemas de conductores de luz

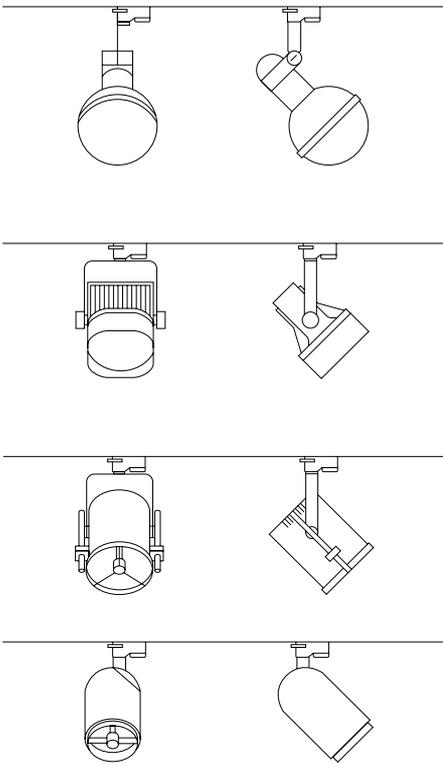
Los conductores de luz permiten el transporte de la luz en cualquier dirección, también en trayectos curvados —de modo que es posible separar la verdadera fuente luminosa de la salida de luz—, y ya también, para fines de la iluminación, de los suficientes flujos luminosos en la utilización de haces de fibra de vidrio. Los conductores de luz se aprovechan sobre todo en lugares en los que no se pueden utilizar lámparas convencionales por su tamaño, por problemas de seguridad o por ocasionar unos costos de mantenimiento imposibles de asumir. Así, se puede aprovechar el orificio especialmente pequeño de la salida de luz en Downlights miniaturizados o en los techos decorativos parecidos a un cielo lleno de estrellas. En la iluminación de vitrinas se pueden iluminar vitrinas de cristal enteras desde su zócalo: al tener en el exterior la fuente de luz, la carga calorífica y el riesgo de lo expuesto se reducen. En la simulación de modelos se pueden abastecer varios modelos de luminarias desde unas potentes fuentes de luz central, lo que posibilita la aplicación de luminarias a escala.



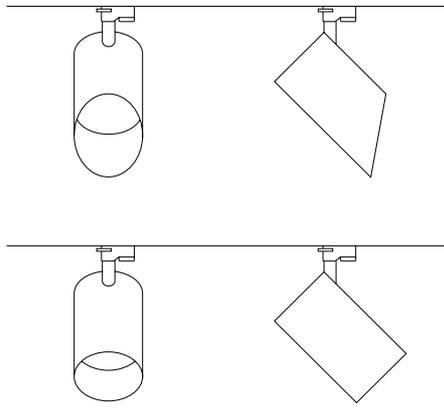
Sistema de conductores de luz, compuesto de transmisor, conductores y luminarias individuales. En el transmisor se enfoca la luz de una lámpara halógena de bajo voltaje a través de un reflector elíptico a la entrada de un haz del conductor de luz. De este modo se distribuye la luz a los diferentes conductores de luz, saliendo por varias luminarias conductores de luz individuales.



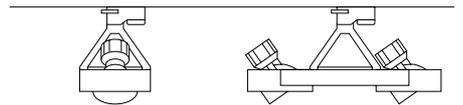
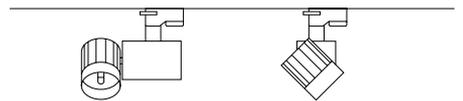
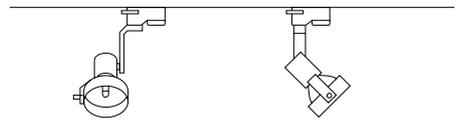
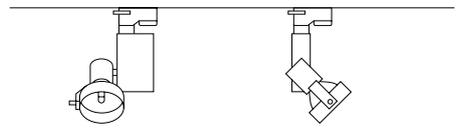
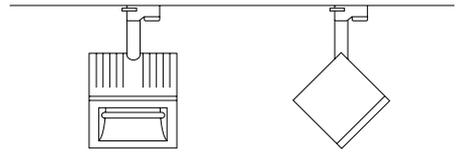
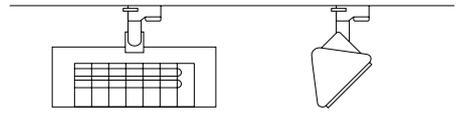
Formas típicas de luminarias conductores de luz individuales (de arriba abajo): Downlight con reflector de apantallamiento y con óptica de lente para un enfoque intensivo, y proyector orientable con reflector de apantallamiento, y con óptica de lente para un enfoque intensivo.



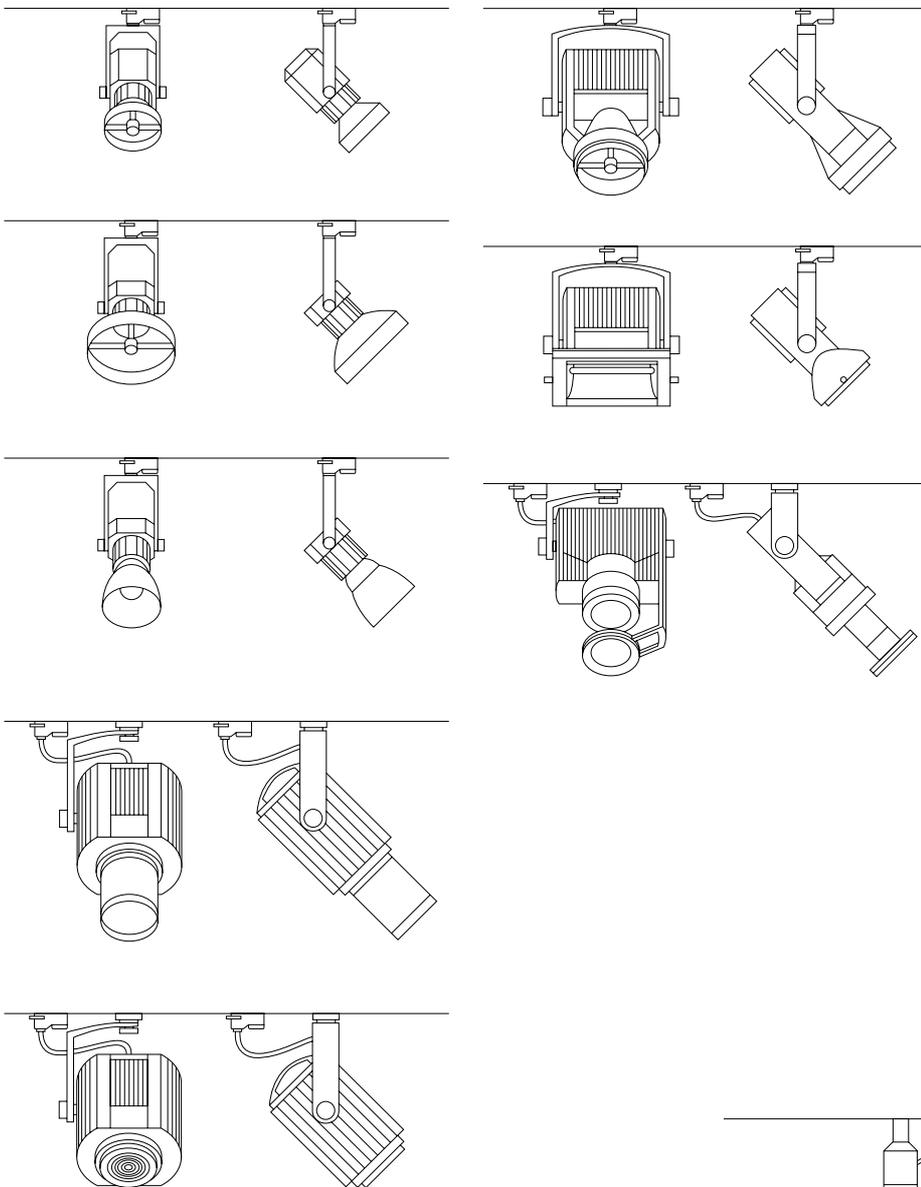
Proyectores en diferentes formas y ejecuciones técnicas.



Proyectores y bañadores basados en formas geométricas.

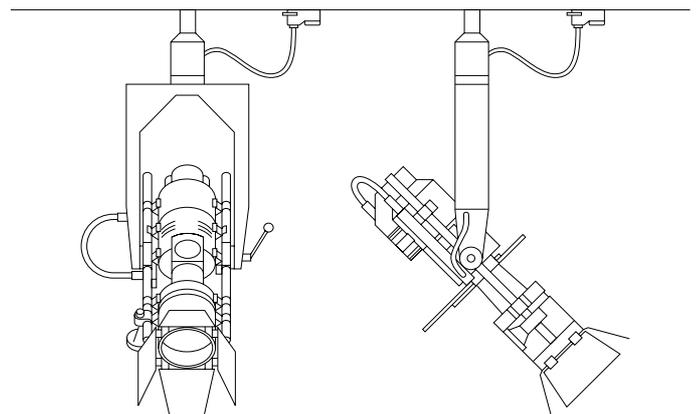


El desarrollo de las lámparas halógenas de bajo voltaje posibilita especialmente luminarias de medidas pequeñas, sobre todo en proyectores para raíles electrificados de bajo voltaje.



Dentro de un mismo concepto de configuración, la construcción de luminarias para diferentes fuentes de luz y tareas de iluminación nos lleva a una amplia gama de formas constructivas.

Mediante proyectores de escena se pueden conseguir efectos teatrales de luz como los colores vivos y proyecciones en grandes espacios.





**3.0**

**Programar con luz**

## 3.1

# Conceptos de cómo programar con luz

### 3.1 Cómo programar con luz 3.1.1 Planificación de iluminación cuantitativa

La teoría de la iluminación artificial es una disciplina relativamente nueva. A diferencia de la iluminación de luz diurna, que se remonta a una tradición de varios miles de años, no surge la necesidad de una planificación de luz artificial hasta la historia más reciente. Hace tan sólo 200 años la planificación de la iluminación artificial se limitaba a una hábil colocación de unas pocas velas o lámparas de aceite, con lo que no se lograba una iluminación medianamente suficiente. Hace sólo aproximadamente un siglo, después de una fase de desarrollo de eficientes fuentes de luz, que la planificación de luz dispone de instrumentos que permiten una iluminación artificial con suficientes iluminancias. Con estas posibilidades surgió, simultáneamente, la tarea de definir objetivos y métodos de la nueva disciplina: decidir según qué criterios se ha de aplicar en cada momento la luz artificial disponible.

#### 3.1.1 Planificación de iluminación cuantitativa

Mientras que en el área privada las ideas de iluminación se reducen a la elección de luminarias que agradan por su forma o diseño, en el área de la iluminación de puestos de trabajo existe un claro interés por el desarrollo de normas de iluminación efectivas y económicas. En primer lugar surge la cuestión de qué iluminancias y tipos de iluminación garantizan una óptima actuación visual y con ello una alta productividad y seguridad contra los accidentes a unos costos de servicio defendibles.

Ambos aspectos de este programa se están estudiando intensivamente; tanto la cuestión fisiológica de la relación entre la actuación visual y la iluminación, como la cuestión luminotécnica sobre criterios comprobables para las calidades de una instalación de iluminación. Ya pronto se obtiene el resultado del concepto de una planificación de luz de orientación cuantitativa con la iluminancia como criterio central, siguiendo los criterios de la uniformidad en la iluminación, el color de luz, la presencia de sombras y el grado de la limitación de deslumbramiento. Sobre esta base se pueden elaborar catálogos de normas, que para numerosas actividades siempre coordinan una iluminancia mínima sobre el nivel relevante utilizable, así como las exigencias mínimas para los demás criterios de calidad.

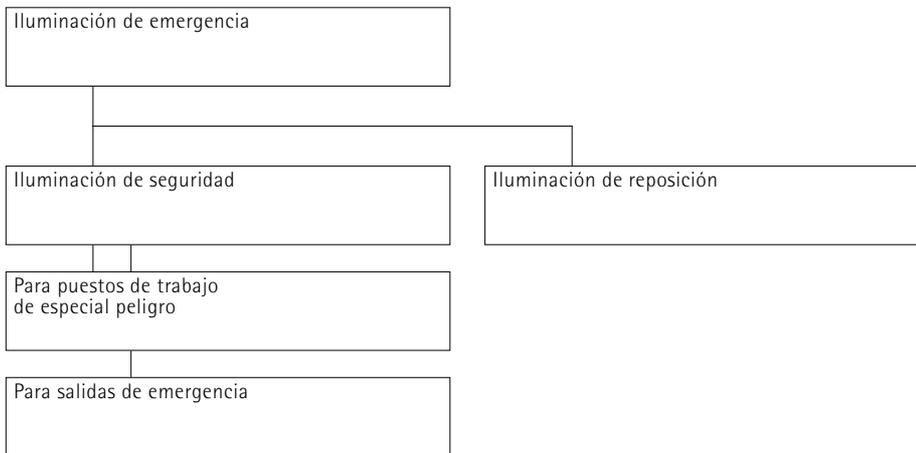
En la práctica surge además la exigencia de una iluminación uniforme, casi siempre de orientación horizontal de todo el espacio, que se consigue más convenientemente mediante una disposición regular de las luminarias, por ejemplo, con líneas de luminarias fluorescentes o reticuladas con Downlights. Así, la iluminancia se orienta —correspondiendo a la exigencia de una iluminación uniforme— siempre en la tarea visual que se espera

Tipo de iluminación	Zonas de actividad	Valores recomendados E (lux)
Iluminación general en espacios de uso transitorio.	Áreas de paso.	50
	Escaleras y espacios de estancias breves.	100
	Espacios sin uso continuado, accesos-espacios de entrada, espacios con tránsito de público.	200
Iluminación general en espacios de trabajo.	Despacho con puesto de trabajo orientado a la luz diurna.	300
	Sala de reuniones/conferencia, espacios de venta.	300
	Área oficina, ordenadores.	500
	Oficinas de gran extensión, de dibujo y construcción.	750
	Tareas visuales con gran dificultad, montaje detallado, comprobación de color.	1000
Iluminación adicional para tareas visuales muy difíciles.		2000

Valores recomendados de la iluminancia E para diferentes zonas de actividad, basándose en las recomendaciones de CIE.

### 3.1 Programar con luz

#### 3.1.1 Planificación de iluminación cuantitativa



**Iluminación de seguridad:**  
La iluminación de seguridad sirve para abandonar espacios e instalaciones sin peligro (iluminación de seguridad para salidas de emergencia) o la finalización de actividades sin peligro, respectivamente, y para abandonar espacios con puestos de trabajo de especial peligro.

Normativas: ASR 7/4  
DIN 5035 5ª parte, DIN 57108, VDE 0108.

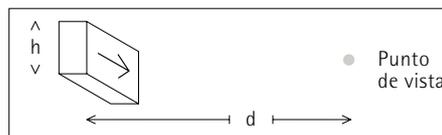
**Iluminación de reposición:**  
La iluminación de reposición (usualmente con el 10 % de la iluminancia nominal) se ocupa de la iluminación artificial para la continuidad del servicio sobre un espacio de tiempo limitado, especialmente para limitación de daños y faltas de producción.

Normativas: DIN 5035 5ª parte.

Iluminación de seguridad*	
Puestos de trabajo de especial peligro	Salidas de emergencia
$E_{min} = 0,1 E_n$ pero por lo menos 15 lux $E_n$ según DIN 5035, 2ª parte	$E_{min} \geq 1 \text{ lux}$ (0,2 m sobre el suelo) $\frac{E_{min}}{E_{max}} \geq \frac{1}{40}$
$\Delta t \leq 0,5 \text{ s}$	$\Delta t < 15 \text{ s}$ (Puestos de trabajo) $\Delta t < 1 \text{ s}$ (Lugares de reunión, edificios comerciales)
$\Delta t \geq 1 \text{ min}$ , pero por lo menos mientras dure el peligro	$t = 1 \text{ h}$ (Puestos de trabajo) $t = 3 \text{ h}$ (Lugares de reunión, edificios comerciales)

Exigencias a la iluminación de salidas de emergencia: iluminancia mínima  $E_{min}$ , uniformidad  $E_{min}/E_{max}$ , demora al conectar  $\Delta t$  y duración de servicio  $t$ .

Exigencias a la iluminación de seguridad de puestos de trabajo con especial peligro: iluminancia mínima  $E_{min}$ , demora al conectar  $\Delta t$  y duración de servicio  $t$ .



Altura mínima  $h$  de signos de emergencia en salidas de emergencia en función de la máxima distancia visual  $d$  (según DIN 4844).

Signos de emergencia iluminados por detrás  
 $h = \frac{d}{200}$

Signos de emergencia iluminados  
 $h = \frac{d}{100}$

\* Nota: Con independencia de lo aquí indicado deben consultarse las recomendaciones e instrucciones de obligado cumplimiento en cada país, en relación a la iluminación de emergencia.

sea la más difícil, de modo que para todas las demás actividades se da una iluminación sobreproporcional. No hay duda de que este concepto de una planificación de iluminación de orientación cuantitativa tiene éxito dentro del marco de los cometidos indicados. Existe una relación demostrable entre la calidad de luz y la actuación visual, a lo que corresponde una repercusión definible de la calidad de iluminación sobre eficiencia y seguridad en el puesto de trabajo. Por lo tanto, queda fundamentado que la normativa para una oficina técnica exija un tipo de iluminación distinta que un almacén con estanterías altas. En la iluminación de áreas de trabajo con diferentes o cambiantes actividades se muestran los límites del concepto de una planificación de iluminación de orientación cuantitativa. Si por ejemplo se deben iluminar una tabla de dibujo y un puesto-CAD —un caso bastante frecuente—, resulta que el alto nivel de luminosidad exigido para la tabla de dibujo tiene un efecto molesto para el trabajo ante el ordenador y que la parte necesaria de luz vertical para el dibujante incluso puede hacer imposible el trabajo ante la pantalla.

Por lo tanto, más luz no siempre significa mejor luz. También hay otras calidades de luz que por principios no se dejan clasificar en una lista de distribución válida —lo que sirve para la limitación del deslumbramiento directo falla en la limitación por reflexión—; una luz, como la que sería necesaria para poder leer la famosa tercera copia, puede resultar insostenible en la lectura de textos sobre papel cuché. La idea frecuente de que en una iluminación unitaria de 2000 lux con una óptima limitación de deslumbramiento y reproducción cromática ya no debería surgir ningún tipo de queja corresponde por tanto a una simplificación inadmisibles. Una iluminación óptima de diferentes puestos de trabajo no se puede realizar mediante la mejora global de la «calidad» de luz, sino sólo mediante una orientación sobre las exigencias de las diferentes áreas, es decir, mediante una reducción de la exigencia de la uniformidad de la iluminación.

Ya en la propia zona de aplicación, la de la iluminación del puesto de trabajo, se muestran por tanto las limitaciones de una planificación de iluminación de orientación cuantitativa. Pero generalmente resulta cuestionable —aunque muy extendida— la adopción de esta filosofía de la iluminación como un concepto general de la iluminación arquitectónica. Viéndolo con mayor detenimiento, se muestra que la planificación de luz cuantitativa emana de un modelo de percepción muy simplificado. Con ello se reduce todo el entorno a la idea de la «tarea visual», se hace caso omiso de la arquitectura, del contenido o del efecto estético de un entorno visual. Lo mismo también es válido para la definición del hombre

perceptor, que prácticamente sólo se concibe como una cámara ambulante —lo que se considera es exclusivamente la fisiología de la visión—; la psicología completa de la percepción no tiene lugar en la contemplación.

Una planificación sobre este fundamento, que sólo se ocupa de la economía laboral y la seguridad, ignorando todas las demás necesidades del hombre perceptor y su entorno visual, puede provocar problemas de adaptación en el puesto de trabajo. Fuera del área de trabajo, una iluminación de este tipo es percibida por la persona afectada casi inevitablemente como insuficiente; pero por lo menos la solución de iluminación queda claramente por debajo de las posibilidades imaginables.

### 3.1.2 Técnica de luminancia

Una planificación de luz cuantitativa principalmente orientada hacia la luminancia carece de criterios para el desarrollo de una concepción que sobrepase las exigencias de efectividad laboral y seguridad, que haga justicia tanto a la arquitectura iluminada como a las necesidades de las personas que viven en ella.

Como respuesta a este problema surge una filosofía de iluminación más nueva, como la que defienden por ejemplo Waldram y Bartenbach en los modelos «designed appearance» y «percepción estable». Objetivo de este principio es un procedimiento que no sólo proporciona la suficiente iluminación para tareas visuales sino que también está en disposición de describir y planificar el efecto óptico del espacio.

Para planificar el efecto visual de un entorno se realiza en primer lugar un cambio de la magnitud de la referencia central. En detrimento de la iluminancia, que describe exclusivamente la potencia técnica de una instalación de iluminación, la luminancia —una magnitud que se produce por la acción combinada de la luz y el entorno iluminado, formando así la base de la percepción humana— se convierte ahora en el criterio fundamental. Con el cambio hacia la luminancia como magnitud central, se pueden concebir las relaciones de luminosidad y contraste en el entorno percibido, sea entre tarea visual y fondo, entre diferentes objetos o entre objetos y su entorno.

Por lo que respecta al área de la iluminación de tareas visuales en el puesto de trabajo no se produce ninguna modificación importante debido a este cambio de criterio, porque se conoce la repercusión de diferentes relaciones de contrastes sobre la actuación visual, teniendo los en cuenta mediante el grado de dificultad definido de la tarea visual en la iluminancia. Esto, en cambio, no es válido para el efecto de luz en todo el espacio. A esto la consideración de las luminancias ofrece

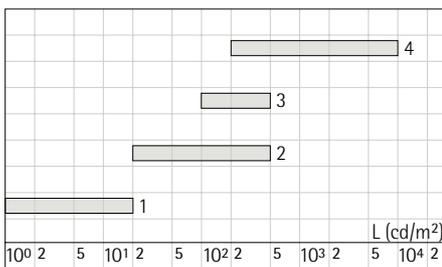
una posibilidad de averiguar las relaciones de luminosidad producidas por una instalación de iluminación planificada en el juego cambiante con la arquitectura y los objetos iluminados y desarrollar conceptos de iluminación para una distribución de la luminosidad, sobre la cual se dispone de datos.

El verdadero rendimiento de la planificación de luminancia, por tanto, reside menos en el cambio de la magnitud de la referencia luminotécnica que en la ampliación del análisis planificable sobre todo el espacio. Si hasta la fecha se indicaba para todo el espacio una iluminancia global orientada siempre en la tarea visual más difícil, ahora se planifican las luminancias de todas las áreas de un entorno visual.

Esto significa en primer lugar la posibilidad de entrar de modo diferenciado en las diferentes tareas visuales en un espacio, definir las zonas del espacio, cuya iluminación siempre se adapta a la actividad específica en estas áreas. Con ello, la iluminación de las diferentes tareas visuales puede orientarse del todo por las normativas vigentes hasta la fecha —y en este punto también calificadas— de la planificación de iluminación cuantitativa.

Pero la planificación de luminancia no se queda en este reparto de zonas, que en última instancia sólo significaría la división de un espacio en varias áreas convencionalmente iluminadas. Su punto de mira no se dirige a la iluminación de las tareas visuales, sino a la relación de luminosidad entre tareas visuales y su entorno, al equilibrio de todas las luminancias de una zona. Con ello se da por sabido que la iluminación de una zona posibilita una óptima percepción «estable» sólo cuando los contrastes de luminancia no están ni por debajo ni por encima de determinados valores. A lo que se aspira es a una situación en la que la tarea visual represente el área más luminosa del entorno, fijando así la atención del observador. En cambio, la luminancia del entorno debe ser menor, para evitar la desviación de la mirada, pero quedándose dentro de un área de contraste definida. La escala de contraste admisible en cada caso resulta por el estado de adaptación del ojo a la percepción de la tarea visual; un entorno «estable» supone para el ojo un estado de adaptación constante, en tanto que un entorno «inestable» lleva al fatigoso cambio de adaptación por la constante modificación del estado de adaptación del ojo en caso de luminancias demasiado altas o bajas del entorno.

En la planificación de un ambiente «estable» del espacio con una distribución de luminancia controlada no se puede trabajar sólo con los datos de una instalación de iluminación adecuada. Tal como se produce la luminancia por el efecto variado entre la iluminancia y la reflectancia de las superficies iluminadas, se deben proyectar conjuntamente la instalación de



Áreas de luminancias típicas L en espacios interiores: luminancias fuera de las zonas de trabajo (1), luminancias de superficies adyacentes a la zona de trabajo (2), luminancias de tareas visuales en el puesto de trabajo (3), luminancias límite de luminarias (4).

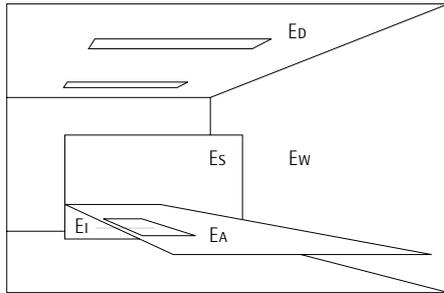
iluminación y las propiedades de material en la planificación de luminancia. De este modo, los contrastes de luminancia deseados no sólo se producen a través de una variación de la iluminación, sino también a través de la información dada de los colores del entorno. El ejemplo más notable es quizás el Museo de Arte de Berna, donde el efecto especialmente luminoso de los cuadros expuestos no se consigue por iluminancias más altas, sino mediante el tono gris en las paredes circundantes. Los cuadros disponen en esta coyuntura de una luminancia mayor que el entorno relativamente oscuro, de modo que sus colores —al igual que con la proyección de diapositivas o la iluminación con proyectores de contorno— se perciben como especialmente intensivos.

A primera vista se muestra aquí por tanto un concepto prometedor, que evita los puntos flacos de la planificación de iluminación cuantitativa, ofreciendo criterios para una teoría de planificación de orientación perceptiva. Pero justamente por el área de la psicología perceptiva se originan considerables dudas sobre si las luminancias y su distribución son criterios centrales adecuados para una teoría de planificación de luz centrada en la percepción humana.

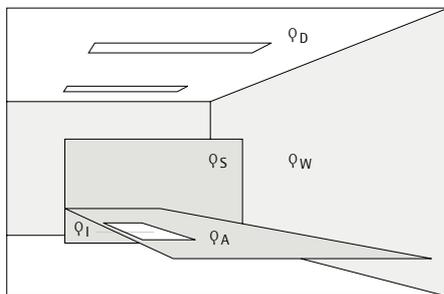
No obstante, la luminancia aventaja a la iluminancia en cuanto a que se basa efectivamente en la percepción: la propia luz es invisible, sólo se puede percibir a través de la reflexión en objetos. A pesar de ello, la luminancia no es idéntica a la luminosidad realmente percibida; la muestra de luminancia sobre la retina proporciona únicamente la base de la percepción, que sólo se lleva a cabo a través de complejos procedimientos de interpretación en el cerebro. Esto también es válido para las escalas de luminancias amoldadas al estado de adaptación del ojo o la conversión en escalas de luminosidad de iguales distancias: entre la imagen realmente percibida y las luminancias de la imagen retiniana no existe ninguna relación directa.

Si en su percepción el hombre estuviese exclusivamente atado a la luminancia, estaría entregado sin amparo a las desconcertantes muestras de luminosidad de su entorno; nunca sería capaz de separar color y reflectancia de un objeto de las diferencias de iluminación o percibir formas espaciales. Pero la percepción apunta justamente a estos factores constantes del entorno, a formas y cualidades de material; las variantes muestras de la luminancia representan en este caso sólo un medio de ayuda y base de partida, pero no el objetivo de la visión.

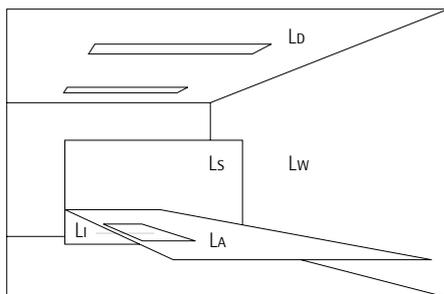
Relación simplificada entre iluminancia E, reflectancia ϕ y luminancia L en espacios de trabajo con tareas visuales I, superficie de trabajo A, techo D, pared W y tabique móvil S.



$E_I = 500 \text{ lux}$   
 $E_A = 500 \text{ lux}$   
 $E_D = 50 \text{ lux}$   
 $E_W = 200 \text{ lux}$   
 $E_S = 200 \text{ lux}$



$\phi_I = 0,7$   
 $\phi_A = 0,3$   
 $\phi_D = 0,7$   
 $\phi_W = 0,5$   
 $\phi_S = 0,3$



$L_I = 111 \text{ cd/m}^2$   
 $L_A = 48 \text{ cd/m}^2$   
 $L_D = 11 \text{ cd/m}^2$   
 $L_W = 32 \text{ cd/m}^2$   
 $L_S = 19 \text{ cd/m}^2$

Cálculo de la luminancia L en función de la iluminancia E y la reflectancia ϕ. La fórmula sólo es válida con exactitud en caso de reflectancias totalmente difusas, pero en la práctica da generalmente buenos valores aproximados.

$$L = \frac{E \cdot \phi}{\pi}$$

Sólo por el conocimiento de las relaciones de iluminación y recurriendo a los fenómenos de constancia se pueden hacer interpretaciones sobre los objetos basados en la muestra de luminancia de la retina, se produce por un sinfín de desconcertantes superficies la familiarizada imagen de una realidad tridimensional. Con ello las relaciones de luminosidad realmente percibidas y basadas en la muestra de luminancia pueden sufrir una considerable desviación. Por este motivo aparece el cielo cubierto y gris por encima de un campo nevado —a pesar de su luminancia mucho más alta— más oscuro que la nieve. Del mismo modo se ignora el descenso de luminancia sobre una pared lateralmente iluminada, intensificándose en cambio los lados de un cubo si se corrigen las relaciones de color y valores de grises en diferentes zonas iluminadas de tal manera que se pueda percibir una escala uniforme.

En cualquier caso, por tanto, si se considera menos el registro de luminancias frente a la percepción de constantes propiedades de objetos, la obtención de informaciones sobre el entorno tiene claramente preferencia frente a la pura imagen óptica. Pero este aspecto central del proceso de informaciones no puede considerarse según la teoría perceptiva que se basa en la luminancia. Al igual que en la planificación de luz cuantitativa, persiste la técnica de luminancia en un concepto puramente fisiológico, que reduce el proceso de la percepción sobre la imagen óptica en el ojo, quedando desatendidos todos los procesos del otro lado de la retina. El contenido informativo del entorno percibido y los intereses del hombre perceptor respecto al mismo no se pueden registrar en esta muestra, pero justamente el juego variante de informaciones e intereses proporciona la elaboración de la imagen registrada, la relativización de luminancias y la intensificación o el desentendimiento de los niveles de luminancia percibidos por el ojo.

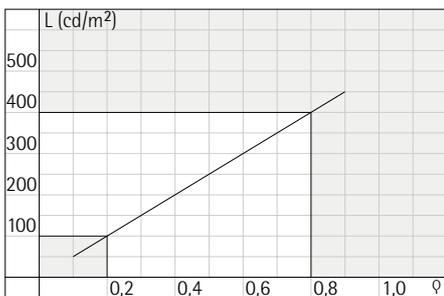
Si la percepción apunta hacia la elaboración informativa y transcurre en función de informaciones detectadas, en ningún caso puede ser analizada independientemente del contenido informativo del correspondiente entorno visual. En vista de lo cual cada intento de querer definir normas de iluminación en general válidas, independientes de la situación concreta, resulta cuestionable. Esto también es válido para el estudio de la definición abstracta de situaciones de iluminación «estables», tal como se adopta por la técnica de luminancia.

Una definición general, independiente de la situación, de las exigencias para la aparición del deslumbramiento psicológico —la forma más extrema de una situación de iluminación «inestable», molesta— fracasa por la deficiente inclusión del contenido informativo de las superficies deslumbrantes. Se muestra que el

deslumbramiento no sólo supone un alto contraste de luminancia, sino también el deficiente contenido informativo de la superficie deslumbrante. No es la ventana con vistas a un paisaje soleado lo que deslumbraba, sino —a pesar de la baja luminancia— el vidrio opalino, que impide esta vista; no deslumbraba el cielo azul verdadero con algunas nubes sueltas, sino el cielo uniformemente grisáceo de deslucidos días otoñales.

Pero si el caso extremo de un ambiente «inestable» ya no se puede definir de modo abstracto, se tambalea considerablemente el intento de una descripción técnica de luminancia fuera del contexto sobre estados ideales. En este caso se fijan los contrastes de luminancia con valores máximos alrededor de 1:3 y 1:10, respectivamente, entre el campo interior y el campo directo más o menos alejado, la escala de expresión del luminotécnico se limita a una floja medida intermedia. Fenómenos como brillo y modelación acentuada, que son esenciales para la información sobre los materiales de nuestro entorno, prácticamente se excluyen; situaciones de luminancia como las que proporciona cualquier día soleado y cualquier paseo por la nieve se consideran indeseadas. Si una situación de iluminación resulta agradable o indeseada, desde luego se decide sólo en la situación concreta; los contrastes de luminancia en la playa no resultarán tan altos para quien tome el sol o un baño, pero sí para quien intente leer un libro. Resulta tan difícil derivar de la luminancia la luminosidad realmente percibida, como deducir por el volumen del contraste de una situación luminosa concluyentemente a un estado de iluminación perceptible, así mismo resulta casi imposible evitarle al luminotécnico tener que «pelearse» con una situación concreta, su oferta informativa y las necesidades de los hombres perceptores en este entorno.

Debido a la extraordinaria capacidad de adaptación del ojo humano, cualquier valoración de conceptos de iluminación resulta difícil. Un instrumento de percepción, que es capaz de proporcionar resultados útiles tanto en los 0,1 lux de una clara noche con estrellas como en los 100000 lux de un día soleado y que no se deja perturbar esencialmente en su rendimiento por contrastes de luminancia de 1:100, también está en disposición de equilibrar las repercusiones de una planificación de iluminación insuficiente. Así, no es de extrañar que también las instalaciones de iluminación, que no tienen en cuenta las necesidades más esenciales del hombre perceptor, sean sensiblemente aceptadas. Si aparece insatisfacción, por ejemplo con la iluminación del puesto de trabajo, a menudo los afectados no pueden encontrar las causas en la planificación de iluminación, la crítica se canaliza casi siempre en dirección al cándido iluminante «lámpara neón».



Luminancia preferente  $L$  de tareas visuales en función de la reflectancia  $\phi$  de la tarea visual. Las luminancias preferentes para el experimento son proporcionales en relación a la reflectancia; por lo que resultan si se da una iluminancia uniforme. Por consiguiente, la iluminancia resulta un criterio preferente en la percepción de tareas visuales frente a la luminancia.

Por lo tanto, no se pueden valorar los avances en la planificación de iluminación con una evidente diferenciación entre soluciones claramente falsas y claramente correctas. Un concepto de planificación cuantitativo puede demostrar evidentes éxitos en la iluminación de puestos de trabajo, incluso si la iluminación está centrada de modo totalmente parcial sobre la optimización de la actuación visual. Del mismo modo se puede considerar la técnica de luminancia como un paso en la dirección correcta; la expansión del análisis planificable de la tarea visual por todo el espacio y la propagación de una planificación de luz por áreas son progresos que, con toda seguridad, pueden influir en la calidad de la iluminación.

Si bien se consiguen soluciones de iluminación mediante procedimientos cuantitativos que resulten aceptables dentro del amplio espectro de la adaptación visual, aún no se ha conseguido una iluminación que corresponda a todas las necesidades esenciales de la percepción. Tanto la planificación de luz cuantitativa como la técnica de luminancia permanecen en un nivel de planificación puramente fisiológico, que fuera de la observación aislada de tareas visuales no proporciona criterios fiables. Por este motivo tampoco la técnica de luminancia puede cumplir con sus dos promesas —la previsión planificada de efectos visuales y la creación de «estables» situaciones de iluminación desde el punto de vista técnico de la percepción—; se evidencia como imposible facilitar información de normas descartadas de situaciones concretas para la distribución luminosa.

### 3.1.3 Bases de una planificación de iluminación orientada a la percepción

La razón esencial para los conceptos de iluminación insatisfactorios, tanto de la planificación de luz cuantitativa como de la técnica de luminancia, es su persistencia en una visión de orientación fisiológica de la percepción humana. El hombre sólo es visto como un dispositivo móvil de enfoque; su entorno visual se reduce a la simple «tarea visual», a lo sumo a un repertorio global de «mesa» y «pared», de «ventana» y «techo». Bajo este ángulo visual sólo se puede analizar un pequeño detalle del complejo proceso de percepción, que abarca el ojo y un entorno de concepción abstracto; el hombre detrás del ojo y el significado de los objetos percibidos quedan al margen.

Por la ampliación de la fisiología del ojo en torno a la psicología de la percepción se registran totalmente las condiciones de la aceptación visual de información, se consideran todos los factores en el cambio entre el hombre receptor, los objetos vistos y el medio luz. En un concepto que comprende la percepción como un proceso de elaboración informativa, si

el entorno visual es más que una configuración de superficies ópticamente efectivas, se pueden analizar adecuadamente tanto las ofertas respecto al contenido como las estructuras y calidades estéticas de una arquitectura. Por otra parte, el hombre ya no es visto como simple registrador de su entorno visual, sino como factor activo en el proceso de percepción, como sujeto activo que construye su imagen de un entorno visual debido a un sinfín de expectativas y necesidades.

Por la sintonía de dos factores centrales —las propuestas estructurales de un entorno visual y las necesidades del hombre en esta situación— se desarrolla el modelo significativo de un espacio, pudiendo analizar el valor útil de determinadas zonas y funciones. Por otra parte, sólo sobre la base de este modelo de concepto es posible proyectar la iluminación como tercer factor variable en el proceso visual y adaptarlo adecuadamente a dicho modelo. Así, por ejemplo, es completamente diferente la orientación necesaria según el entorno: la luz como sistema conductor puede tener una importancia significativa en un palacio de congresos donde se produce un continuo cambio de visitantes, en tanto que queda en un segundo término en los entornos más familiares. Acentuar la estructura de superficie de una pared mediante reflejos de luz depende nuevamente de si esta estructura representa una información importante, esencial —por ejemplo, sobre su característica, como en el caso de una pared de piedra de cantera medieval— o si tal iluminación sólo deja al descubierto la deficiente calidad del revoque.

Un proyecto de iluminación orientado hacia la percepción, que apunta al hombre y sus necesidades, por lo tanto, ya no se puede considerar con preferencia en los conceptos *cuantitativos* de la luminancia o la distribución de la luminancia. Para conseguir unas formas de iluminación que se adapten a una situación determinada más bien se deben desarrollar unos criterios *cuantitativos*, elaborar un vocabulario capaz de describir las exigencias que se esperan de una instalación de iluminación y de abarcar las funciones de la luz con las que se puedan cumplir estas exigencias.

#### 3.1.3.1 Richard Kelly

Una parte importante de este cometido —la descripción fundamental de las diferentes funciones de la luz en la mediación de informaciones— fue realizada a principios de la década de los cincuenta por Richard Kelly, un pionero en la planificación de luz cualitativa.

Kelly nombra como primera y fundamental forma de luz el *ambient light*, un concepto que se podría traducir como «luz para ver». En este caso se proporciona una iluminación general del entorno, se

asegura que el espacio circundante, los objetos y las personas sean visibles. Esta forma de iluminación, que proporciona una posibilidad de orientación y actuación, se cubre en general mediante su orientación amplia y uniforme con los conceptos de la planificación de luz cuantitativos. Pero en este caso la luz para ver no es el objetivo, sino únicamente el fundamento de una progresiva planificación de luz. No se pretende una iluminación global con una iluminancia hipotéticamente óptima, sino una iluminación diferenciada, que se compone por el nivel base del antes denominado *ambient light*.

Para alcanzar esta diferenciación, se necesita una segunda forma de la luz, que Kelly denomina *focal glow*, «luz para mirar». En este caso, la luz recibe por vez primera la tarea expresa de actuar activamente en la mediación de información. Además, se tiene en cuenta el hecho de que las zonas con una iluminación más luminosa atraen espontáneamente la atención del hombre. Mediante una distribución de luminosidad adecuada se da la posibilidad de ordenar la abundante información de un entorno: destacar áreas importantes en cuanto a información a través de una iluminación acentuada, y dejar en un segundo plano las informaciones menos importantes o molestas con un nivel de iluminación más bajo. De este modo se facilita una información rápida y segura, el entorno visual se reconoce por sus estructuras y el significado de sus objetos. Esto es asimismo válido para la orientación en el espacio: la acentuación de objetos, la presentación de géneros o destacar la escultura más valiosa de una colección.

La tercera forma de la luz, *play of brilliance* o «luz para contemplar», resulta del conocimiento de que la luz no sólo puede hacer referencia a una información, sino que representa propiamente una información. Esto tiene sobre todo validez para los efectos de brillo, que son causados por fuentes de luz puntuales sobre materiales brillantes o refractivos; pero también la propia fuente de luz puede ser percibida como brillante. Sobre todo a los espacios representativos se les puede proporcionar vida y ambiente mediante «luz para contemplar»; lo que tradicionalmente se conseguía gracias a arañas de cristal y llamas de vela, se puede conseguir, en una planificación de luz moderna, mediante la aplicación determinada de esculturas de luz o la creación de brillo sobre materiales iluminados.



Richard Kelly, uno de los pioneros de la moderna planificación de luz. En proyectos de importantes arquitectos como Mies van der Rohe, Louis Kahn o Philip Johnson desarrolló los fundamentos de una planificación de luz diferenciada e influenciada por la iluminación de escena.

### 3.1.3.2 William Lam

Kelly aporta una parte esencial a una teoría cualitativa de la planificación de luz por su diferenciación de las funciones fundamentales de la misma, proporciona una exposición sistemática de los medios dispuestos a su disposición. Pero queda aún pendiente la cuestión de según qué criterios se deben sustituir estos medios; el luminotécnico sigue dependiendo de su instinto, de su experiencia y de la insuficiente ayuda de las indicaciones de normas cuantitativas en el análisis de cada contexto de iluminación —las singularidades del espacio, su aprovechamiento y las exigencias del hombre a este espacio—.

El inexistente catálogo de criterios, un vocabulario sistemático para la descripción orientada al contexto de las exigencias a una instalación de iluminación, no lo elabora hasta veinte años más tarde William M. C. Lam, uno de los más reconocidos defensores de una planificación de luz de orientación cualitativa. Lam distingue dos grupos principales de criterios.

En primer lugar describe el grupo de las *activity needs*, «exigencias», que se producen por la participación activa en un entorno visual. Decisivas para estas exigencias son las propiedades de las tareas visuales existentes; el análisis de las *activity needs* queda, por tanto, ampliamente cubierto por los criterios de la iluminación cuantitativa. También en los objetivos de la planificación de luz existe para este campo una gran compatibilidad; lo que se pretende es una iluminación funcional, que cree las condiciones óptimas para cada actividad concreta, sea en el trabajo, en movimiento por un local o en el tiempo libre.

A diferencia de los defensores de la planificación de luz cuantitativa, Lam se opone a una iluminación universal siempre según la tarea visual más difícil, más bien exige un análisis diferenciado de todas las tareas visuales según lugar, tipo y frecuencia.

Más importante que esta reevaluación de un grupo de criterios ampliamente conocido es para Lam el segundo complejo de su sistemática, que abarca las *biological needs*. Al contrario que las *activity needs*, que se producen por la ocupación con tareas específicas, bajo las *biological needs* se recopilan todas las exigencias fisiológicas a un entorno visual válidas en cada contexto. En tanto que las *activity needs* resultan de una ocupación consciente y apuntan a la funcionalidad de un entorno visual, las *biological needs* abarcan ampliamente necesidades inconscientes, que son fundamentales para la evaluación emocional de una situación; apuntan al bienestar de un entorno visual.

En su definición de las *biological needs* Lam parte del hecho de que nuestro punto de mira se dirige exclusivamente a una sola tarea visual en los mo-

mentos de máxima concentración. Casi siempre la atención visual del hombre se extiende a la observación sobre todo lo que le rodea. De este modo se perciben inmediatamente los cambios en su entorno, el comportamiento puede adaptarse sin demora a situaciones cambiadas.

La evaluación emocional de un entorno visual no depende por último de si expone claramente las informaciones precisadas o bien se las retiene al observador — el descontento, que emana de situaciones desconcertantes, sea por la orientación de indicaciones informativas de un aeropuerto o la búsqueda en los pasillos de las administraciones oficiales, no debe ser para nadie algo nuevo.

Respecto a las exigencias psicológicas fundamentales, que se dirigen a un entorno visual, nombra Lam en primer lugar la necesidad de una orientación unívoca. Orientación, en este caso, puede entenderse en primer lugar de forma espacial. Se refiere al reconocimiento de metas y los caminos hacia ellas; a la situación espacial de accesos y salidas y a las ofertas específicas de un entorno, sea una recepción, una oficina especial o el departamento individual de unos grandes almacenes. Pero la orientación también abarca la información sobre otros aspectos del entorno, por ejemplo, la hora, el tiempo o lo que sucede en los alrededores. Si estas informaciones faltan, como por ejemplo en el caso de espacios totalmente cerrados de grandes almacenes o en los pasillos de grandes edificios, se percibe el entorno como algo artificial y opresivo; sólo al abandonar el edificio se recupera el déficit informativo, se comprueba, por ejemplo, con asombro, que ha oscurecido o ha empezado a llover.

Un segundo grupo de exigencias psicológicas apunta a la orientación y la comprensión de las estructuras que nos rodean. En este caso tiene capital importancia la suficiente visibilidad de todas las zonas del espacio, esto es decisivo para dar la sensación de seguridad en un entorno visual.

Del mismo modo que la existencia de huecos y pasadizos no reconocibles, también las partes de un espacio mal iluminado pueden provocar la sensación de malestar. Esquinas oscuras, por ejemplo en pasos subterráneos o pasillos nocturnos en grandes hoteles ocultan tantos posibles peligros como las áreas con iluminaciones demasiado deslumbrantes.

Pero dominar con la vista no sólo apunta a una visibilidad completa, también abarca la estructuración, la necesidad de un entorno unívoco y ordenado. Una situación en la que la forma y la construcción de la arquitectura circundante son claramente reconocibles y en la que a su vez se destacan claramente del entorno las zonas importantes se percibe positivamente. En lugar de un flujo informativo desconcertante y posiblemente contradictorio, de este modo se



William Lam, luminotécnico y teórico contrastado de una planificación de luz de orientación cualitativa.

presenta un espacio con una cantidad orientable de propiedades claramente ordenadas.

En caso de destacar zonas importantes, no sólo las tareas visuales, que tradicionalmente se han tenido en cuenta, deberían recibir la acentuación correspondiente. Para la relajación necesaria, la existencia de una panorámica o interesantes puntos visuales, tienen la misma importancia que, por ejemplo, una obra de arte.

Una tercera zona abarca el equilibrio entre la necesidad comunicativa del hombre y su derecho a una zona privada definida. En este caso ambos extremos, tanto el total aislamiento como la completa notoriedad, son percibidos como algo negativo; un espacio debería posibilitar el contacto con otras personas, pero al mismo tiempo permitir la definición de zonas privadas. Tal área privada se puede crear, por ejemplo, mediante una isla de luz, que resalta del resto del entorno un grupo de asientos o una mesa de reuniones dentro de un espacio de dimensiones mayores.

Las luminarias pueden integrarse disimuladamente en la arquitectura, por ejemplo, empotradas en el techo, de modo que el efecto se produce casi exclusivamente a través de su luz, pero también se pueden añadir a la arquitectura: en forma de una estructura luminosa, una línea de proyectores o una escultura de luz convierte la propia iluminación en un elemento arquitectónico, que cambia determinadamente el efecto de un espacio.

### 3.1.3.3 Arquitectura y ambiente

Los dos grupos principales de criterios de Lam describen las necesidades del hombre, los requisitos de un entorno funcional y adecuadamente perceptible. Por encima de este análisis del hombre observador no se debe olvidar que luz y luminarias también aportan una parte importante a la configuración estética de la arquitectura. Le Corbusier define la arquitectura como el juego de cuerpos geométricos en la luz, lo que muestra el valor aritmético de la iluminación para la configuración de edificios.

Los requisitos de Lam según la estructuración ordenada y unívoca de un entorno visual se acerca a este cometido, pero no lo abarca totalmente. Mediante diferentes formas de iluminación se puede conseguir una estructuración del espacio orientada hacia las exigencias psicológicas de los usuarios. Pero cada decisión por uno de estos inicios implica en cada caso la decisión por otro efecto estético, otro ambiente del espacio. Más allá de las meras necesidades del hombre perceptor, por tanto, también es necesaria una planificación de la sintonía entre luz y arquitectura.

La luz tiene en este caso en primer lugar una función de soporte; se trata de un medio de ayuda para hacer visibles las estructuras arquitectónicas existentes y aportar algo a su efecto proyectado. Pero la iluminación también puede convertirse por sí misma en un componente activo de la configuración del espacio. Esto es válido para la luz, que no sólo es capaz de hacer visible una arquitectura, sino que también la puede cambiar con su efecto, pero también para las luminarias y su disposición.

## Planificación de iluminación cualitativa

La luz desempeña un papel clave y variado en la configuración de un entorno visual. Sólo con la luz es posible trabajar y moverse; sólo con la iluminación se vuelven visibles arquitectura, hombres y objetos. Pero, por encima del simple hecho de hacer algo visible, la luz también determina cómo se percibe un entorno, influye sobre el bienestar, el efecto estético y el ambiente de un espacio. Efectos de la luz en la arquitectura los muestran las construcciones barrocas de iglesias, con su ambiente luminoso y su conducta psicológica de la luz, así como los cuadros de calabozos de Piranesi, con sus laberintos oscuros, en cuyas sombras siempre parecen aguardar nuevos sobresaltos.

Gracias a la capacidad de adaptación del ojo, es posible una percepción elemental con intensidades luminosas mínimas o condiciones visuales difíciles. Tanto para unas óptimas condiciones en el puesto de trabajo, como para la aceptación y el efecto estético de una arquitectura, se requiere una iluminación que en sus iluminancias, sus cualidades y su distribución luminosa esté en concordancia con las correspondientes condiciones espaciales. Una de las fuentes de error más habituales de la planificación de iluminación es separar la luz de su compleja vinculación con las actividades y la psicología del hombre, así como con la arquitectura que nos rodea. Una planificación de iluminación simplificada y de orientación parcial sin duda puede ofrecer conceptos apreciables, pero debido al descuido inevitable de aspectos esenciales a menudo conduce a resultados poco satisfactorios. Esto es válido tanto para una planificación de iluminación cuantitativa —que a través de la creación de óptimas condiciones de trabajo olvida al hombre perceptivo— como para una iluminación principalmente orientada al diseño, que decora espacios con modernas luminarias, pero no tiene en cuenta sus efectos luminosos de manera más detallada.

Lo que más bien se requiere es una planificación de iluminación, que tiene en cuenta todas las pretensiones a la iluminación: una planificación que proporciona un entorno visual como parte íntegra del proyecto arquitectónico, que apoya al hombre en sus actividades, favoreciendo su bienestar, y está en concordancia con el efecto de la arquitectura. En este caso el inicio de la planificación de iluminación con sus cálculos y procedimientos científicos fundados representa una valiosa ayuda; en el proyecto de puestos de trabajo este procedimiento de planificación incluso puede convertirse en punto central. Pero el criterio central de la planificación de iluminación no es la indicación de un instrumento de medida, sino el hombre: no es decisiva la cantidad, sino la calidad de la luz, la manera como una iluminación complace las pretensiones visuales del hombre perceptivo.

### 3.2 Planificación de iluminación cualitativa

#### 3.2.1 Análisis de proyecto

##### 3.2.1 Análisis de proyecto

Fundamento de cualquier planificación de iluminación es un análisis del proyecto: las tareas que han de cumplirse para una iluminación, sus condiciones y particularidades. Una planificación cuantitativa puede orientarse en este caso detalladamente con la normativa válida para el cometido en concreto, de la que resultan los correspondientes requisitos de iluminancia, limitación de deslumbramiento, color de luz y reproducción cromática. No obstante, para una planificación cualitativa es necesario obtener las máximas informaciones posibles sobre el lugar a iluminar, su aprovechamiento, sus usuarios y la arquitectura.

##### 3.2.1.1 Aprovechamiento del espacio

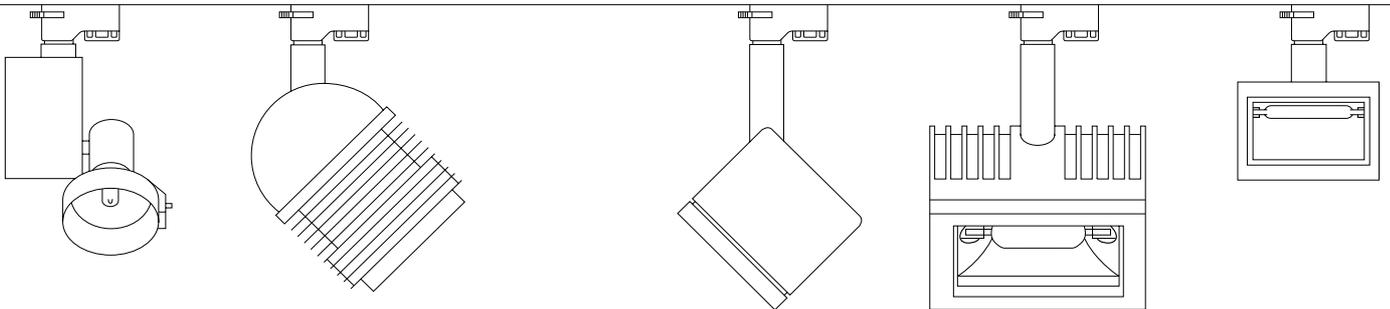
Un papel clave en el análisis de proyecto lo desempeña la cuestión del aprovechamiento de los espacios a iluminar, la actividad o actividades que tienen lugar en un entorno, su frecuencia y significado, y su unión a determinadas zonas del espacio o determinados periodos de tiempo.

De todo ello resultan en primer lugar unas respuestas globales que perfilan la tarea de iluminación y a menudo hacen referencia a una normativa que representa el marco de la planificación de iluminación. Dentro de este amplio cometido —por ejemplo, la iluminación de un espacio de ventas, una exposición, una oficina o las diferentes zonas funcionales de un hotel— se dan una serie de tareas visuales individuales, que deben ser captadas por sus cualidades.

Como criterios de una tarea visual, tamaño y contraste de los detalles a captar son lo más importante; además, se cuestiona si son de importancia estructura de superficie o color, si se deben reconocer movimiento y disposición espacial o si hay que esperar perturbaciones por deslumbramiento por reflexión. También la disposición de la tarea visual y la principal dirección de la mirada del observador pueden convertirse en temas principales —visibilidad de una tarea visual y sin deslumbramientos requieren soluciones diferentes en una cancha de voleibol (donde principalmente se mira hacia arriba), en una exposición de cuadros con objetos verticales o en las tareas visuales en horizontal sobre un escritorio.

Además de las cualidades de los objetos iluminados, la actuación visual individual de los usuarios, sobre todo personas mayores, también es importante: con la edad la capacidad del ojo disminuye, al tiempo que aumenta la sensibilidad ante los deslumbramientos, por ello, en determinados casos, especialmente en la iluminación de residencias de la tercera edad, se deben tener en cuenta los máximos requisitos en cuanto a iluminancia y anti-deslumbrantes.

Rail electrificado trifásico para tensión de red. El rail electrificado permite la instalación de luminarias para tensión de red y luminarias de bajo voltaje con transformador integrado; existe la posibilidad de conectar o regular el flujo luminoso por separado de tres grupos de luminarias.

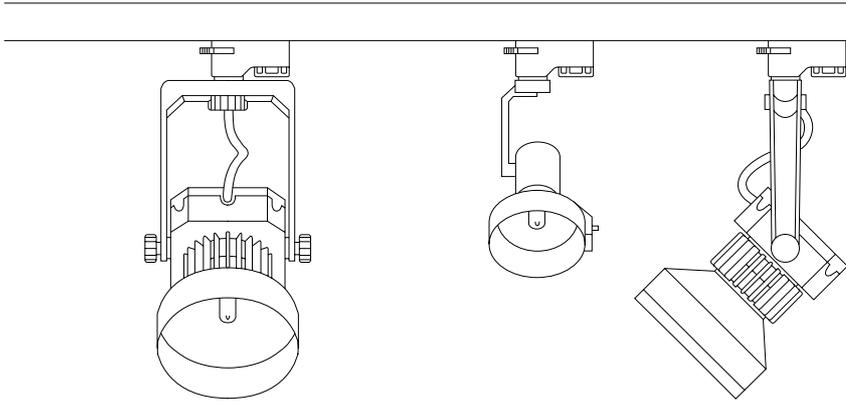
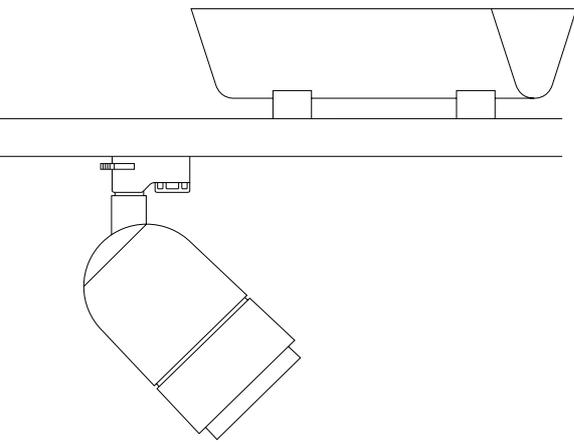


Proyector para lámparas halógenas de bajo voltaje con cabezal de luz orientable y transformador electrónico integrado. Los transformadores electrónicos compactos posibilitan unas formas especialmente reducidas de las luminarias.

Proyector para lámparas halógenas de bajo voltaje con transformador electrónico integrado.

Bañador para lámpara halógena incandescente de un solo casquillo; bañador para lámpara de halogenuros metálicos con reactancia integrada, y bañador de pared para lámpara halógena incandescente de 2 casquillos.

Rail electrificado de bajo voltaje. En el rail electrificado se pueden conectar luminarias de bajo voltaje sin transformador propio. La alimentación de corriente se realiza a través de un transformador externo con salidas múltiples.



Proyector para lámparas halógenas de bajo voltaje con transformador convencional integrado.

Uplight para lámparas fluorescentes compactas o lámparas halógenas incandescentes.

Proyectores para lámparas halógenas de bajo voltaje. Las reducidas medidas de las lámparas y la utilización de transformadores externos hacen posible formas de luminarias extremadamente pequeñas. Los reflectores más grandes, en cambio, permiten un control óptico mejorado y una mayor luminosidad.

#### 3.2.1.2 Requisitos psicológicos

Además de las exigencias objetivas, que resultan de las actividades de un entorno visual, también se deben tener en cuenta las pretensiones de los propios usuarios. Una serie de estas pretensiones se refieren a la posibilidad de tener un panorama hacia las demás inmediateces. Esto es válido para la necesidad de obtener información sobre la hora del día y el tiempo, sobre lo que ocurre en las inmediateces del edificio y en parte también por la necesidad de orientación espacial. Un caso especial es el aprovechamiento de luz solar en atrios o a través de claraboyas y tragaluces. Pese a que en este caso la función panorámica es limitada, se mantiene una información sobre el tiempo y el avance de la hora del día: una sola mancha de luz solar y su continuada variación pueden aportar mucho ambiente a un espacio interior.

Por encima de la necesidad de tener una buena panorámica y luz diurna, que se puede considerar principalmente independiente del proyecto individual, existe una variable demanda de ayudas de orientación. En grandes edificios con un frecuente cambio de usuarios la demanda de un sistema directriz óptico puede convertirse en una cuestión preferencial. En otros cometidos sólo se exige una acentuación de determinados puntos; en edificios con sencillas estructuras espaciales y una utilización constante esta demanda de ayudas orientativas queda a menudo en segundo término. Significativos son, por tanto, qué posición ocupa la necesidad de orientación en cada problema de iluminación y, según el caso, qué recorridos y zonas deberían ser acentuados.

Otra área de requisitos psicológicos es la creación de un entorno evidente y bien visible. Especialmente en zonas de peligro potencial es decisiva la total visibilidad y comprensión estructural del espacio. Pero aparte de esta situación, lo que principalmente es importante es una representación clara y ordenada del espacio, lo cual aporta el bienestar a un entorno visual. Surge en este caso la cuestión de cómo resaltar la estructura del espacio, los materiales empleados y los puntos significativos del espacio, pero sobre todo del tipo y la disposición de las limitaciones espaciales que han de ser iluminados y de los soportes informativos para acentuar.

Como último factor desempeña un papel la demanda de zonas espaciales definidas: la expectación de poder distinguir y reconocer las zonas de diferente función a través de su iluminación. Esto afecta en primer lugar a una iluminación característica de las áreas de función correspondiente a las respectivas preexperiencias, como por ejemplo la utilización de colores de luz más fríos, así como una iluminación uniforme y difusa, en el área de trabajo, frente a una iluminación orientada en zonas más representativas.

Bajo este aspecto también surge el deseo de tener áreas privadas limitadas; sobre todo en zonas de reuniones o de espera dentro de espacios más grandes puede resultar conveniente la creación de zonas privadas mediante una iluminación adecuada.

#### 3.2.1.3 Arquitectura y ambiente

Además de las exigencias que se producen por la utilización del espacio y por las necesidades de los usuarios, también arquitectura y ambiente reivindican sus pretensiones a la planificación de iluminación. El edificio es en este caso de momento el propio objeto de la iluminación arquitectónica — hay que hacerlo visible, destacar sus cualidades, apoyarlo en su ambiente y, si se da el caso, cambiarlo en su efecto. Pero además de ello el concepto arquitectónico define también las condiciones básicas para la configuración de una iluminación útil.

Sobre todo en los proyectos de cometidos de iluminación más exigentes se necesitan, por tanto, informaciones detalladas sobre la arquitectura para la planificación de iluminación. Esto comprende en primer lugar el concepto arquitectónico — el ambiente del edificio, el deseado efecto interior y exterior de día y de noche, el aprovechamiento de la luz diurna— y finalmente surge también la cuestión de los datos de información en cuanto a Budget y consumo eléctrico permitido.

Además de estas extendidas condiciones básicas del proyecto, también estructuras y propiedades del edificio son muy significativas para la planificación. Ya una planificación de iluminación de orientación cuantitativa presupone informaciones sobre las dimensiones de los espacios a iluminar, el tipo de techo y las reflectancias de las superficies que limitan el espacio. Un proyecto más detallado debería además tener en cuenta los materiales empleados, los colores de la pintura, así como el mobiliario previsto para el espacio.

Del mismo modo que la demanda de un entorno claramente estructurado, la iluminación arquitectónica no consiste únicamente en una iluminación que acentúe las estructuras y las señales características de un edificio sólo bajo el aspecto de una percepción óptima, sino también bajo la inclusión del efecto estético de un espacio iluminado. Por eso también surge en este caso la cuestión sobre las peculiaridades y los puntos centrales de un entorno, pero sobre todo la de la configuración del edificio: las condiciones del espacio y su estructuración, por módulos y ritmos, que se pueden captar y transmitir a través de la luz y las luminarias.

### 3.2.2 Evolución de proyecto

El resultado del análisis de proyecto es la obtención de una serie de cometidos de iluminación, que en su coordinación hacia diferentes áreas espaciales o períodos de tiempo forman la matriz característica de exigencia de un entorno visual. La fase siguiente al análisis de proyecto es el desarrollo de un concepto cualitativo, que perfila una imagen de las propiedades que debe tener la iluminación, pero que todavía no hace ninguna indicación exacta en cuanto a la elección de lámparas y luminarias, ni respecto a su disposición. El primer paso en el desarrollo del concepto es coordinar las adecuadas calidades de luz con los cometidos de iluminación obtenidos mediante el análisis de proyecto; averiguar qué condiciones de luz se deben alcanzar en un lugar determinado a una determinada hora. Esto, ante todo, concierne a la cantidad y a las diferentes características de calidad de la luz en las distintas zonas, así como a la posición de estos aspectos individuales dentro de todo el concepto de iluminación.

En función del tipo de exigencias del proyecto se desarrolla de este modo un tramado de calidades de luz, que da explicaciones sobre las distintas formas de iluminación, pero también sobre el grado deseable de la diferenciación espacial y temporal dentro de la iluminación. Con ello ya se insinúa si se necesita una iluminación principalmente uniforme o de diferenciación espacial, si la instalación de iluminación ha de ser fija o variable y, dado el caso, si sería conveniente una instalación de control de luz para programar la iluminación según las necesidades.

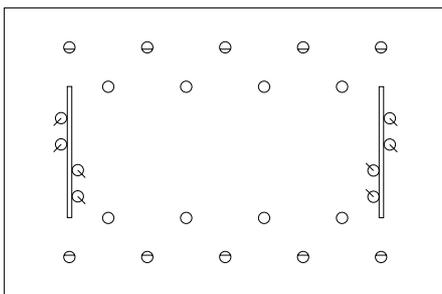
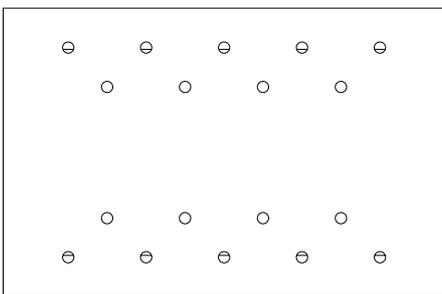
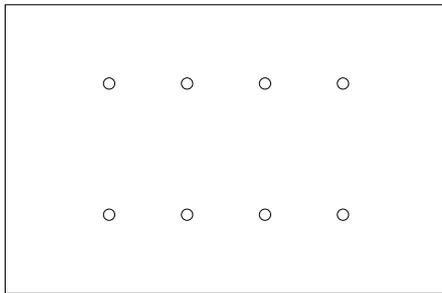
En la coordinación de calidades de luz a los diferentes cometidos de iluminación de un proyecto se crea un catálogo de objetivos de planificación que hace justicia a los requisitos diferenciados en la iluminación, pero que no tiene en cuenta ni las condiciones básicas para la conversión a la práctica ni las indicaciones para la configuración de una planificación de iluminación consistente.

Un concepto de planificación que se puede emplear en la práctica, por tanto, debe describir en primer lugar los pasos para poder realizar el proyecto en cuanto a los efectos de luz deseados dentro de las condiciones básicas y sus limitaciones. El proyecto debe corresponder a las normas eventualmente válidas y mantenerse dentro del margen indicado de presupuesto, tanto por lo que respecta a los gastos de inversión como a los de servicio de la instalación de iluminación. Por otra parte, el concepto de iluminación debe sintonizar con otros elementos, sobre todo con la técnica de climatización y la acústica, al tiempo que debe armonizar con la arquitectura. En esto hay que aclarar en qué posición se encuentran los distintos aspectos de la iluminación para todo el concepto: si una forma de ilumi-

nación puede justificar las pretensiones preferenciales, como en la solicitud de una suficiente altura del espacio para una iluminación indirecta, si en su configuración se deben subordinar a la acústica o si son posibles soluciones integradas, por ejemplo, mediante la unión de iluminación y climatización.

Pero el verdadero desafío de una planificación de iluminación de orientación cualitativa consiste en el diseño de un concepto que es capaz de cumplir con las demandas diferenciadas a la iluminación con una instalación de iluminación técnica— y estéticamente— consistente. A diferencia de lo que ocurre con los conceptos cuantitativos, que a partir del perfil de requisitos dados derivan un único tipo, generalmente válido, de calidades de luz, que conduce casi obligatoriamente a una configuración uniforme y con ello también homogénea de luz y luminarias, una planificación de iluminación cualitativa debe ponerse de acuerdo con los complejos tramados requeridos en cuanto a las calidades de luz. Pero esto no puede significar que sobre una diversidad no estructurada de requisitos de iluminación se reaccione con la misma diversidad no estructurada de luminarias. A menudo la bien intencionada consideración de unos cometidos de iluminación lleva a una distribución poco sistemática de los más diversos tipos de luminarias o a una agrupación de varios sistemas de iluminación. Una solución así proporciona tal vez una adecuada distribución de calidades de luz, pero, por otro lado, el valor estético y la percepción fisiológica de tales, también económicamente costosas instalaciones de iluminación, se pone claramente en duda mediante la inquietud del aspecto del techo.

Tanto bajo el punto de vista técnico y económico como bajo el creativo, pues, la planificación de iluminación debería ser el objetivo para obtener una solución que no apueste ni por una iluminación global niveladora ni, debido a las numerosas exigencias, sea inducida a un desconcertante y costoso caos de luminarias, sino que produzca la distribución pretendida de las calidades de luz con una instalación de iluminación lo más consistente posible. Qué grado de complejidad sería inevitable depende del cometido, sea porque evidentes puntos esenciales de éste permiten una forma de iluminación en general, sea porque formas de iluminación diferenciadas pueden lograrse mediante sistemas uniformes, como estructuras luminosas o mediante la amplia gama de luminarias empotrables en techo, sea porque una utilización variable requiere la combinación de diferentes sistemas de luminarias. Pero en cualquier caso se representará el concepto más convincente, que con el mínimo esfuerzo técnico y el máximo grado de claridad creativa consiga la potencia requerida.



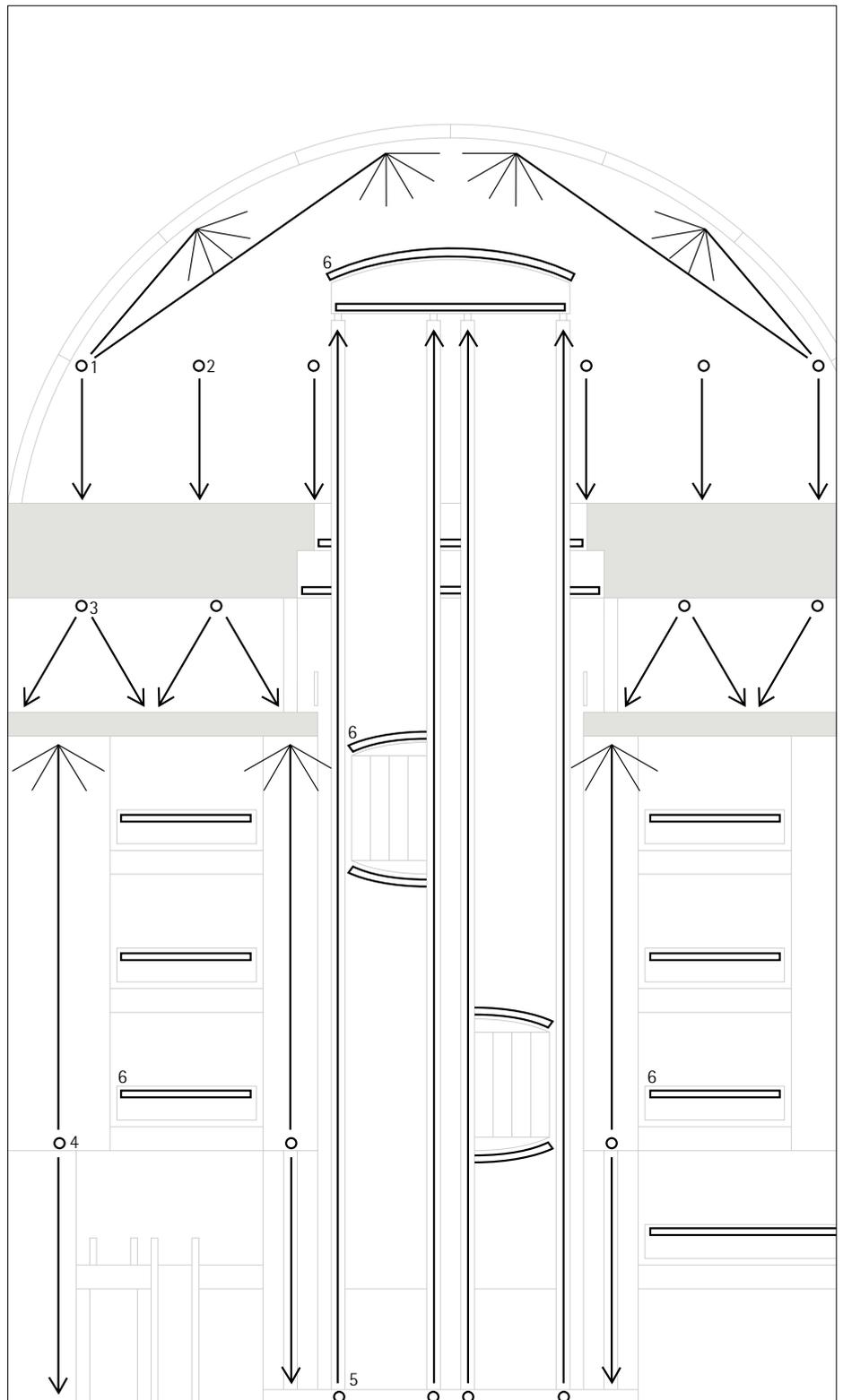
Ejemplo de desarrollo de una iluminación diferenciada (de arriba abajo): iluminación básica mediante Downlights, que corresponden a las tareas visuales presentadas; amplía a través de la iluminación de la arquitectura con ayuda de bañadores de pared, y acentuada para puntos visuales especiales con proyectores instalados en raíles electrificados.

Iluminación del restaurante debajo de la cúpula del atrio. Luminarias montadas en la pared (1) se ocupan de la iluminación indirecta de la cúpula y de la iluminación directa

del restaurante. Luminarias suspendidas (2) con un componente decorativo continúan con la iluminación directa dentro del espacio interior del restaurante.

Iluminación de la cafetería. Un componente de luz montado en el techo (3) proporciona una iluminación uniforme de la planta.

El componente de luz para la iluminación general del atrio (4) está montado sobre columnas en las paredes del atrio. La luz emana hacia arriba y es reflejada por reflectores del techo o por el propio techo del atrio, proporcionando de este modo una iluminación indirecta. Al mismo tiempo se acentúan las columnas mediante una iluminación orientada hacia abajo.

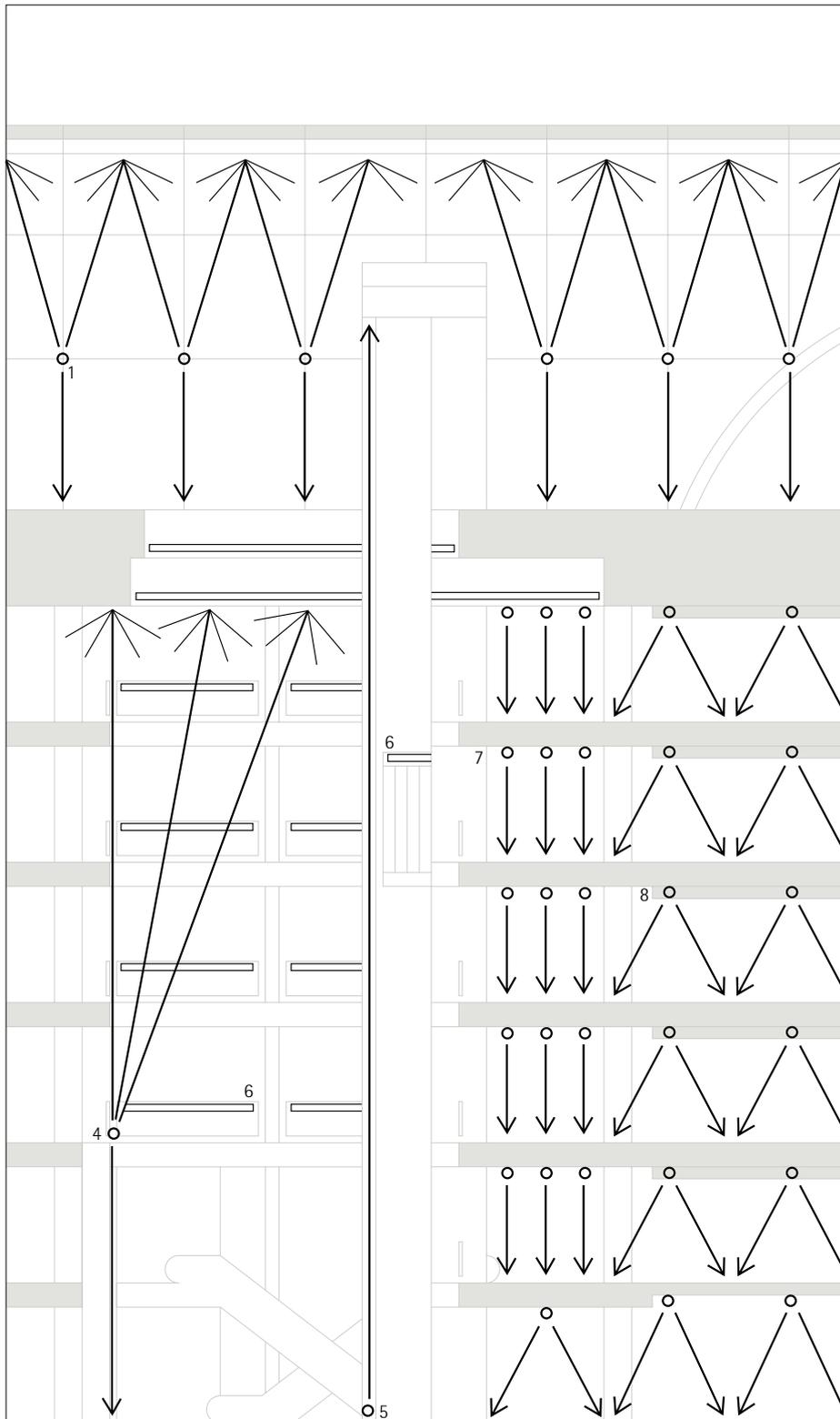


El ascensor panorámico independiente se acentúa desde abajo mediante luz orientada (5).

Diversos elementos arquitectónicos, como las balaustradas que limitan con las plantas de venta, la terminación superior del hueco del ascensor y la apertura del atrio se acentúan a través de componentes de luz lineales y decorativos (6).

### 3.2 Planificación de iluminación cualitativa

#### 3.2.2 Evolución de proyecto



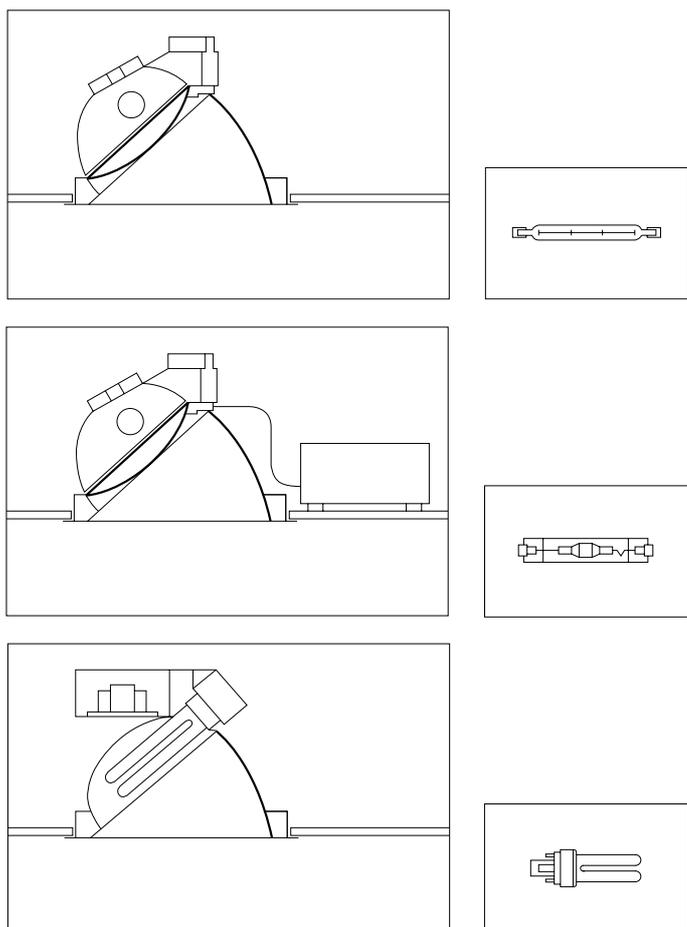
Desarrollo de un concepto de iluminación para el atrio de unos grandes almacenes. Los dibujos muestran dos secciones cortadas por el atrio con su ascensor panorámico central. Objetivo del concepto de iluminación es la determinación de posiciones de las luminarias y las calidades de luz, pero no la definición exacta de los tipos de luminarias o iluminancias.

Los rellanos que parten de las diferentes plantas de venta hacia los ascensores reciben una actuación luminosa mediante luminarias de radiación directa y colocadas a poca distancia entre sí (7).

Para la iluminación general de las plantas de venta lindantes se han utilizado luminarias de radiación directa integradas en el techo (8).

## Práctica de planificación

Bañador de pared equipado con (de arriba abajo): lámparas halógenas incandescentes, halogenuros metálicos y fluorescentes compactas. Los mismos tipos de luminarias con idéntica característica de radiación tienen, según las lámparas, diferentes propiedades en cuanto a flujo luminoso, color de luz y reproducción cromática.



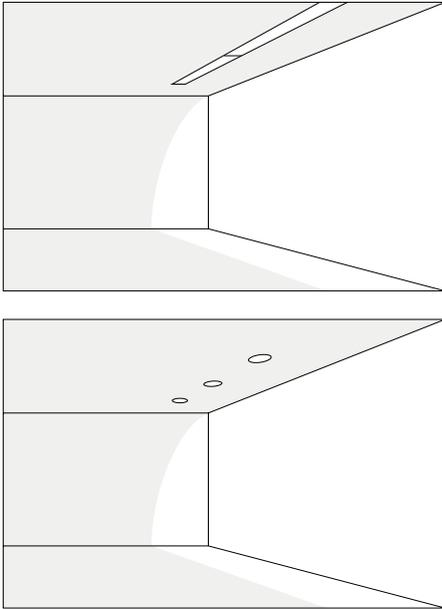
Después de la fase del análisis de proyecto y el desarrollo del concepto de iluminación sigue la fase de realización, donde se toman decisiones sobre las lámparas y luminarias empleadas, sobre la disposición e instalación de las mismas, así como sobre eventuales equipos de estabilización. Desde un concepto cuantitativo, que describe principalmente calidades de luz, se obtiene una planificación concreta, que también posibilita un cálculo seguro de los costos e iluminancias.

No obstante, al igual que ocurre en los primeros pasos de la planificación de iluminación, también para la fase de realización es válido que no se pueda fijar una sucesión de pasos de planificación obligatorios sólo usuales en general: la decisión por la elección del iluminante puede tomarse ya al inicio de un proyecto o posteriormente, en una fase más avanzada del mismo; la disposición de luminarias puede ser tanto la consecuencia de la decisión por una luminaria como también la información para la elección de las luminarias. La planificación de iluminación, en cualquier caso, debería considerarse principalmente como un procedimiento cíclico, en el que una y otra vez se equilibran soluciones desarrolladas con las exigencias dadas.

### 3.3.1 Elección de lámparas

La elección de fuentes de luz adecuadas tiene una influencia decisiva sobre las cualidades de una instalación de iluminación. Esto en primer lugar es válido para el área técnica; el gasto para eventuales equipos de estabilización, la posibilidad de programar la luz y sobre todo los costos de servicio de la instalación de iluminación dependen casi exclusivamente de la elección de las lámparas. Finalmente, esto también tiene validez para las pretendidas calidades de luz, por ejemplo, la elección del color de luz en espacios en los que hay que crear ambiente, la calidad de la reproducción cromática, donde hay que destacar colores, o la obtención de brillo y modelación en la iluminación representativa. No obstante, los efectos de luz no se pueden determinar sólo con la decisión por un determinado tipo de lámpara; se producen por la acción combinada de lámpara, luminaria y entorno iluminado. Pero muchas calidades de luz sólo se consiguen mediante fuentes de luz correspondientemente seleccionadas: una iluminación acentuada se realiza tan poco con tubos fluorescentes como una pasable reproducción cromática con la luz de vapor de sodio.

La decisión por una determinada fuente de luz, por tanto, no se determina libremente, sino por criterios que resultan de los efectos de luz planificados y las condiciones básicas del proyecto; por los múltiples tipos de lámparas disponibles, sólo un limitado número puede cumplir con las exigencias dadas.



Bañadores de pared para lámparas fluorescentes (arriba) y lámparas halógenas incandescentes (abajo). Una iluminación uniforme de la pared se puede conseguir tanto mediante la luz difusa de la lámpara fluorescente como con la luz dirigida de la lámpara halógena incandescente.

### 3.3.1.1 Modelación y brillo

Modelación y brillo son efectos que se producen por luces dirigidas. Por ello, presuponen fuentes de luz compactas, cuya luz casi siempre se enfoca adicionalmente a través de reflectores. La modelación de cuerpos espaciales y superficies se ilustra mediante sombras y recorridos de luminancias, como las produce la luz dirigida. Siempre se exige una iluminación modelada, cuando las propiedades de material (forma espacial y estructura de superficie) disponen de un valor informativo, sea en el control de material, sea en la iluminación de una escultura, la presentación de mercancías o la iluminación de superficies limitadoras del espacio interesadamente estructuradas. La modulación presupone, en general, luz dirigida de una dirección preferencial. Para la creación de una iluminación modelada, pues, sólo se pueden utilizar fuentes de luz poco más o menos puntuales, cuya luz casi siempre es enfocada adicionalmente mediante reflectores u otros sistemas conductores de la luz.

Se aplican en primer lugar lámparas compactas en sistemas de reflector simétrico rotativos. Las fuentes de luz lineales con extensiones crecientes son cada vez menos adecuadas para la creación de una iluminación modelada, debido a que en este caso la parte creada de luz difusa (que además aclara las sombras) aumenta cada vez más.

Para una modelación extrema y de efecto dramático en zonas muy limitadas se utilizan lámparas halógenas de bajo voltaje como formas compactas de lámparas; en caso de necesitar mayores potencias de luz, también pueden utilizarse lámparas de halogenuros metálicos. Para la creación de una iluminación general modelada existe una serie de tipos compactos de lámparas adecuadas, desde lámparas incandescentes, hasta reflectoras, halógenas incandescentes para tensión de red y lámparas de descarga de alta presión, donde la modelación conseguida disminuye con la creciente expansión de la fuente de luz. Una cierta modelación también se puede conseguir con lámparas fluorescentes compactas, cuando éstas se emplean por ejemplo en Downlights; en lámparas fluorescentes tubulares, no obstante, se alcanza definitivamente la parte predominante de luz difusa.

El brillo es producido por puntos de luz de una luminancia extremadamente alta. Éstos pueden ser las propias fuentes de luz, pero el brillo también se produce por la reflexión de estas fuentes de luz en superficies brillantes o mediante la refracción de la luz en materiales transparentes. Los efectos de brillo se aplican a menudo en la iluminación representativa o en entornos representativos para acentuar transparencia o brillo de los materiales iluminados y proporcionar así una revaloración de objetos o un ambiente festivo.

La creación de brillo exige más a la fuente de luz que a la producción de una iluminación que modela, presupone en lo posible fuentes de luz compactas, más o menos puntuales. El efecto de brillo depende en ello principalmente de la luminancia de la lámpara, en cambio, es independiente del flujo luminoso emitido.

A diferencia de una iluminación que modela, el brillo no presupone en general una dirección preferencial de la luz, sino poco más o menos unas fuentes de luz puntuales. Una conducción de luz a través de reflectores, por tanto, no es absolutamente necesaria: también las fuentes de luz de libre radiación pueden ser utilizadas para crear brillo, donde tanto la propia fuente de luz como también su efecto sobre los materiales iluminados se perciben como brillantes.

Para la creación de efectos de brillo son principalmente adecuadas las lámparas halógenas de bajo voltaje, porque representan iluminantes muy compactas con altas luminancias. También se pueden aplicar lámparas de halogenuros metálicos, pero su alta potencia de luz puede obstaculizar la creación debido a la atenuación del entorno.

Para la creación de brillo se pueden considerar en segundo lugar las ejecuciones claras de las lámparas halógenas incandescentes para tensión de red o las lámparas incandescentes convencionales. Proyectoras de volumen con superficies dispersoras de luz, como las lámparas incandescentes mates o las de vapor de mercurio de alta presión con materias fluorescentes, en cambio, son menos adecuadas y en ningún caso las lámparas fluorescentes, incluidas las fluorescentes compactas.

### 3.3.1.2 Reproducción cromática

Una fuente de luz tiene una buena reproducción cromática cuando en la iluminación de una amplia escala de colores se producen pocas desviaciones de color frente a la fuente de luz comparativa que sirve de norma, produciendo la correspondiente temperatura de color. Cada manifestación sobre la calidad de la reproducción cromática se refiere por tanto a una determinada temperatura de color, un valor de reproducción cromática igualmente válido para todos los colores de luz inexistentes.

La reproducción cromática desempeña un papel conforme a la naturaleza de los cometidos de iluminación, que requieren una apreciación segura de los efectos cromáticos, sea en la reproducción de color, sea en la iluminación de obras de arte o en la presentación de tejidos. Para la iluminación de puestos de trabajo existen normativas que regulan las exigencias mínimas a la reproducción cromática.

La reproducción cromática de una fuente de luz depende de la composición del espectro de la lámpara. Un espectro continuado proporciona una reproducción cromática óptima, mientras que espectros de rayas o de banda empeoran por principio la reproducción cromática. Además, para la reproducción cromática también es significativa la distribución espectral de la luz; una dispersión espectral que se desvía de la fuente de luz comparativa conduce asimismo al empeoramiento de los valores de la reproducción cromática debido a una acentuación subjetiva de los efectos cromáticos.

Un máximo índice de reproducción cromática (Ra 100) o categoría de reproducción cromática 1A, respectivamente, se consigue con todas las formas de lámparas incandescentes, incluidas las halógenas incandescentes, ya que para el área blanco cálido representan la fuente de luz referencial.

Con un índice de reproducción cromática por encima de 90 se encuentran en la categoría 1A además lámparas fluorescentes en ejecución De-Luxe, así como algunos halogenuros metálicos.

Categoría de reproducción cromática. Calidad	Aplicaciones
1A Óptima	Industria de colores de tejidos y de estampados. Espacios representativos. Museos.
1B Muy buena	Lugares de reuniones. Hotels. Pensiones. Escaparates.
2A Buena	Administración. Escuelas. Espacios de venta.
2B Suficiente	Plantas de fabricación industrial. Zonas de circulación.
3 Moderada	Iluminación exterior. Almacenes.
4 Escasa	Naves industriales. Iluminación exterior. Proyecciones.

Coordinación de las categorías de reproducción cromática CIE y la calidad de la misma sobre lámparas para cometidos de iluminación típicos.

Las restantes lámparas fluorescentes y de halogenuros metálicos se encuentran clasificadas en las categorías de reproducción cromática 1B, en las aumentadas eficiencias luminosas a costa de la reproducción cromática, y en las categorías 2A hasta 2B. Las lámparas de vapor de mercurio y de sodio de alta presión también están clasificadas en la categoría 2B con una reproducción cromática mejorada, pero en sus ejecuciones estándar están en la categoría 3. En la 4 se clasifican sólo las lámparas de vapor de sodio de baja presión.

### 3.3.1.3 Color de luz y temperatura de color

Igual que la reproducción cromática, también el color de luz de una lámpara depende de la dispersión de la luz emitida. Para las lámparas incandescentes esta dispersión resulta por la temperatura del filamento, de ahí el concepto temperatura de color; para lámparas de descarga, en cambio, es necesario recurrir a un valor comparativo: la temperatura de color más parecida. En vez de la indicación exacta de la temperatura de color, en la práctica se produce a menudo una clasificación más ordinaria en los colores de luz blanco cálido, blanco neutral y blanco luz diurna. Mediante una combinación determinada de sustancias luminosas, en las lámparas de descarga, no obstante, se permite además producir una gama de colores especiales de luz, que con el criterio de la temperatura de color sólo permite una descripción insuficiente.

El color de luz de una lámpara influye sobre la reproducción del espectro cromático de objetos iluminados. Con las lámparas blanco cálidas se acentúan áreas espectrales de rojo y amarillo, mientras que bajo la luz blanca diurna se destacan los colores azules y verdes, es decir, los colores fríos. Sobre todo en la presentación de objetos en áreas de colores definidos se puede aplicar por tanto el color de luz como medio configurativo; algunos colores de luz están expresamente sintonizados con la presentación de grupos especiales de mercancías. También para el análisis subjetivo de una situación de iluminación el color de luz desempeña un papel; se perciben como agradables los colores de luz más fríos con altas iluminancias e iluminación difusa (comparable con la luz celeste), los colores de luz cálidos más bien con escasas iluminancias y luz dirigida (comparable con la luz de una vela). En la iluminación del puesto de trabajo también se registra el color de luz recomendado de las normas correspondientes.

Como fuentes de luz con color de luz exclusivamente blanco cálido hay que clasificar en primer lugar todos los tipos de lámparas incandescentes, así como las de vapor de sodio de alta presión. Además, existen tanto las lámparas fluorescentes

como las de halogenuros metálicos y las de vapor de mercurio de alta presión con un color de luz blanco cálido. Como fuentes de luz con color de luz blanco neutral se dispone otra vez de lámparas fluorescentes, halogenuros metálicos y de vapor de mercurio de alta presión. Como fuentes de luz de color blanco diurno se pueden considerar las lámparas fluorescentes y las de halogenuros metálicos; colores de luz especiales se encuentran exclusivamente en las lámparas fluorescentes. El verdadero color de luz de una materia fluorescente, no obstante, puede ser manipulado, sea por el recubrimiento de una capa en la ampolla de la lámpara, como en las incandescentes similares a la luz diurna, sea a través de filtros de conversión antepuestos.

### 3.3.1.4 Flujo luminoso

El flujo luminoso de una lámpara desempeña sobre todo un papel cuando se está informado sobre la cantidad de lámparas con las que se debe realizar una instalación de iluminación, sea porque en el proyecto para la instalación se ha previsto la utilización de pocas lámparas, pero que son especialmente muy luminosas, sea porque, de lo contrario, se han previsto numerosas lámparas poco luminosas.

En este caso las lámparas de medianas intensidades luminosas son menos interesantes y más las zonas extremas de «paquetes lumen» especialmente grandes o pequeños. Flujos luminosos especialmente pequeños se encuentran sobre todo en las lámparas halógenas de bajo voltaje, seguidas de las incandescentes convencionales y fluorescentes compactas. Valores especialmente grandes se encuentran en las halógenas incandescentes para tensión de red, las fluorescentes y las de descarga de alta presión; los valores más altos se alcanzan con las lámparas de halogenuros metálicos.

### 3.3.1.5 Rentabilidad

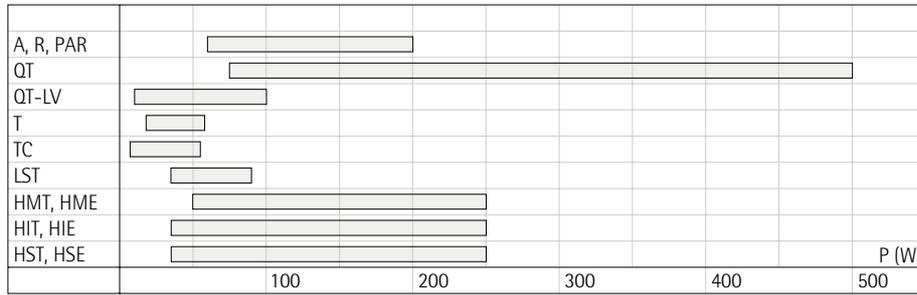
La rentabilidad de una instalación de iluminación depende principalmente de la elección de adecuadas fuentes de luz, la influencia de otros aspectos, como la elección de equipos de mando y de estabilización, tiene un significado comparativamente subordinado.

Para la elección de lámparas bajo el punto de vista de la rentabilidad y dependiendo de las condiciones básicas del cometido de iluminación, tienen significado preferente una serie de criterios.

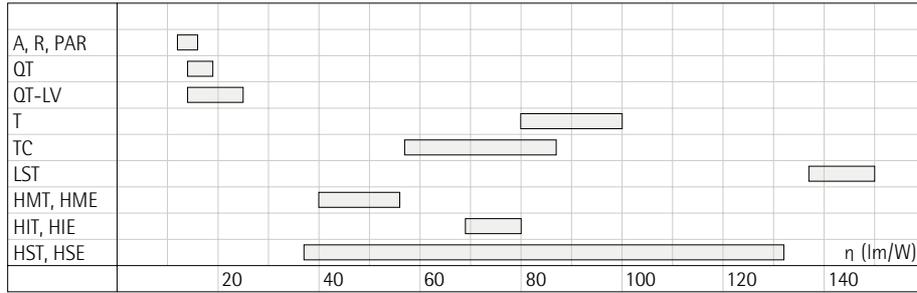
La eficacia luminosa de una lámpara es importante cuando se debe alcanzar con un mínimo de energía eléctrica un máximo de potencia de luz y con ello la iluminancia. Las eficiencias luminosas más bajas de aprox. 10-20 lm/W disponen en este caso de lámparas incandescentes y

### 3.3 Práctica de planificación

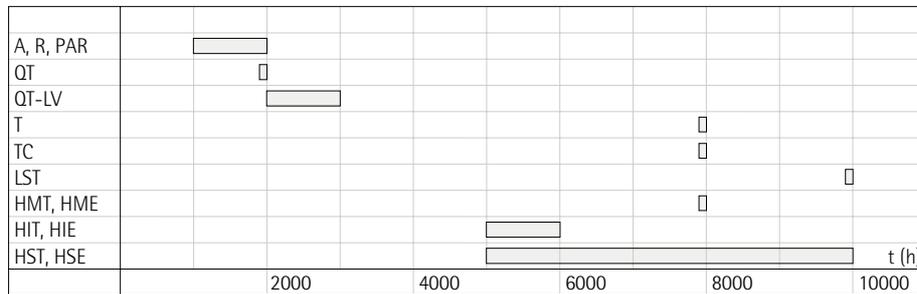
#### 3.3.1 Elección de lámparas



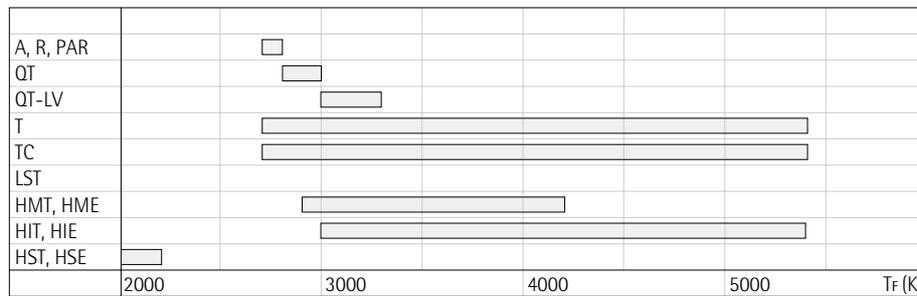
Gama de potencias de lámparas P para diferentes tipos de lámparas.



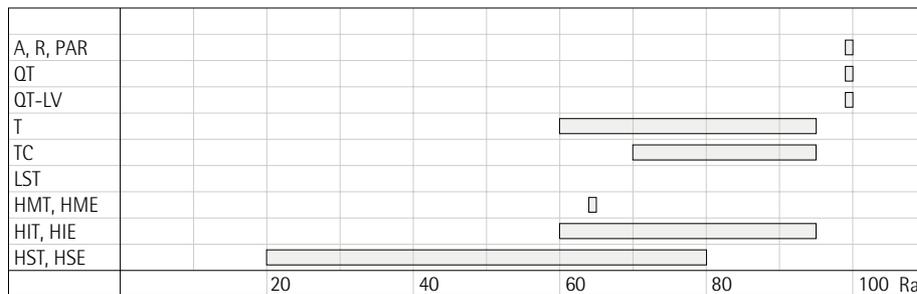
Gama de eficacia luminosa  $\eta$  para diferentes tipos de lámparas.



Gama de duración de vida t para diferentes tipos de lámparas.



Gama de temperatura de color  $T_r$  para diferentes tipos de lámparas.



Gama del índice de la reproducción cromática  $R_a$  para diferentes tipos de lámparas.

halógenas incandescentes. Eficacias luminosas más altas de aprox. 40-100 lm/W disponen de lámparas fluorescentes, de vapor de mercurio de alta presión y de halógenos metálicos. La eficacia luminosa excepcionalmente alta de las lámparas de vapor de sodio (hasta 130 lm/W con lámparas de alta presión) no obstante sufre la correspondiente merma en cuanto a la reproducción cromática.

La duración de vida de la lámpara se coloca siempre entonces en primer lugar, cuando el mantenimiento de la instalación origina elevados gastos o se dificulta por las circunstancias, por ejemplo en grandes alturas de techo o espacios de utilización continua. La duración de vida en las lámparas incandescentes se indica como la duración media hasta el fallo del 50 % de las lámparas; en las de descarga las indicaciones se refieren en cambio a la duración económica hasta una reducción del 80 % del flujo luminoso. La duración de vida real en cambio es adicionalmente influenciada por las condiciones de uso; así en las lámparas incandescentes es la tensión de servicio y en las de descarga la frecuencia de conexión lo que repercute sensiblemente en la duración de vida de las lámparas.

La duración de vida más baja, de 1000/ 3000 h, la tienen las lámparas incandescentes y halógenas incandescentes;

la duración de vida de las fluorescentes y halógenos metálicos, con 8000 h y 6000 h, respectivamente, es bastante más alta. Las lámparas de vapor de sodio alcanzan una duración de vida de 10000 h y las de vapor de mercurio de alta presión superan las 8000 h.

Los costos de las lámparas también tienen su participación en la rentabilidad de una instalación de iluminación; varían entre los valores, que se pueden desatender frente a los costos de energía y mantenimiento, hasta llegar a los valores por valor de estos costos. Lo más económico en este caso son las lámparas incandescentes convencionales, seguidas de las fluorescentes y halógenas incandescentes; los precios para las lámparas de descarga de alta presión son bastante más elevados.

### 3.3.1.6 Regulación del flujo luminoso

La posibilidad de regulación del flujo luminoso de fuentes de luz sobre todo tiene su importancia en la iluminación de espacios con una utilización variada y entornos con acentuación ambiental; no obstante, las lámparas regulables también se pueden utilizar para la adaptación a cambiantes condiciones del entorno (por ejemplo, una iluminación diurna y nocturna en restaurantes).

Las lámparas incandescentes convencionales y las halógenas incandescentes para tensión de red son las que permiten una regulación del flujo luminoso con menos problemas y también son más económicas. Las halógenas de bajo voltaje y las fluorescentes requieren un mayor gasto, pero también son regulables. Lo que técnicamente no es factible es la regulación de las lámparas de descarga de alta presión.

### 3.3.1.7 Comportamiento de encendido y reencendido

Tanto el comportamiento de la lámpara al encenderla en frío, como al volver a encenderla después de una interrupción en el suministro eléctrico puede jugar un papel significativo para la planificación.

Para un sinfín de aplicaciones es indispensable que las fuentes de luz proporcionen inmediatamente después del encendido (por ejemplo, al entrar en un espacio) el suficiente flujo luminoso; del mismo modo, en algunos casos resulta inaceptable una pausa de enfriamiento hasta el reencendido de lámparas desconectadas o apagadas. Para la iluminación de salas de reuniones y canchas deportivas el reencendido inmediato es parte de los requisitos legales.

Las lámparas incandescentes y halógenas incandescentes en este caso tienen un comportamiento sin problemas: simplemente, en cualquier momento pueden conectarse, igual que las lámparas fluo-

rescentes, que pueden encenderse tanto en frío como en caliente sin que por ello se produzca un retraso notable en el tiempo. Si las lámparas de descarga de alta presión deben ser reencendibles inmediatamente, en este caso deben utilizarse las formas de doble casquillo con arrancadores especiales.

### 3.3.1.8 Carga de radiación y calorífica

Hay que considerar la iluminación en el dimensionado de instalaciones de aire acondicionado, debido a que toda la energía instalada para la iluminación al fin y al cabo es convertida en calor, sea directamente por convección de aire o por el calentamiento de materiales que absorben la luz. La carga calorífica de un espacio aumenta, además, con la disminución del rendimiento de las fuentes de luz, ya que en caso de un bajo rendimiento, para un nivel de iluminación presentado, se origina más energía en la zona de infrarrojos.

En algunos cometidos especiales de iluminación la carga radiante de objetos pasa a primer término. Esto ocurre en la iluminación acentuada de mercancías sensibles. Pero con preferencia aparecen problemas radiantes en la iluminación de exposiciones. En este caso la luz, pero sobre todo la radiación infrarroja y ultravioleta, pueden causar daños, debido a que el envejecimiento de materiales se acelera y los colores se alteran.

Una elevada porción de radiación infrarroja y calor por convección emana sobre todo de fuentes de luz de un bajo rendimiento luminoso, como las lámparas incandescentes o halógenas incandescentes; en las lámparas fluorescentes convencionales y compactas, en cambio, la radiación infrarroja es más baja.

La radiación ultravioleta emana teóricamente sobre todo de las lámparas de descarga de alta presión. Pero como la parte UV siempre es reducida por cristales de seguridad prescritas, en la práctica la mayor carga ultravioleta se encuentra en las lámparas halógenas incandescentes sin doble envoltente, que producen muy poca radiación ultravioleta, pero la transmiten sin obstáculos a través de su ampolla de vidrio de cuarzo. No obstante, las eventualmente molestas partes de infrarrojos y ultravioletas de determinados tipos de lámparas pueden reducirse considerablemente mediante la correspondiente utilización de reflectores o filtros.

Principalmente se puede descuidar la carga de estrés en personas u objetos debido a las fuentes de luz utilizadas para la iluminación de interiores, tanto si es en el campo de infrarrojos como en el de ultravioletas. Como valor límite vale una potencia de conexión de 50 W/m<sup>2</sup>, por encima de la cual la amenidad de un entorno puede alterarse claramente debido a la carga calorífica.

$$K = \left( \frac{K_{La}}{\Phi \cdot t} + \frac{P \cdot a}{\Phi \cdot 1000} \right) \cdot 10^6$$

$$[K] = \frac{\text{Pta.}}{10^6 \text{lm} \cdot \text{h}}$$

$$[K_{La}] = \text{Pta.}$$

$$[P] = \text{W}$$

$$[\Phi] = \text{lm}$$

$$[t] = \text{h}$$

$$[a] = \frac{\text{Pta.}}{\text{kW} \cdot \text{h}}$$

Fórmula para calcular los costos de servicio de una instalación de iluminación en virtud de los costos de las lámparas específicas

$$K = \frac{\text{Pta.}}{10^6 \text{lm} \cdot \text{h}}$$

Para efectuar el cálculo sirven el precio de la lámpara  $K_{La}$ , la potencia de lámpara  $P$ , el flujo luminoso de la lámpara  $\Phi$ , la duración de vida de la lámpara  $t$  y el precio de la energía eléctrica  $a$ .

### 3.3 Práctica de planificación

#### 3.3.1 Elección de lámparas

Radiación óptica	$\lambda$ (nm)
UV-C	$100 \leq \lambda < 280$
UV-B	$280 \leq \lambda < 315$
UV-A	$315 \leq \lambda < 380$
Luz	$380 \leq \lambda < 780$
IR-A	$780 \leq \lambda < 1400$
IR-B	$1400 \leq \lambda < 3000$
IR-C	$3000 \leq \lambda < 10000$

Gama de longitudes de ondas de la radiación ultravioleta (UV), la radiación visible (luz) y la radiación infrarroja (IR). Las radiaciones UV e IR se subdividen, además, en los tipos A, B y C según DIN 5031, 7ª parte.

Lámpara	$\Phi_e$ (W/klm)		
	UV	Visible	IR
A, R, PAR	0,05-0,10	5-7	35-60
QT	0,10-0,15	5-6	25-30
T, TC	0,05-0,15	3-5	6-10
HME	0,20-1,00	2-3	10-15
HIT	0,20-1,00	2-5	6-10
HSE	0,01-0,05	2-3	4-6

Flujo radiante  $\Phi_e$  de diferentes tipos de lámparas, basándose en un flujo luminoso de  $10^3$  lm, subdividido según las áreas de longitud de ondas: W (280 nm-380 nm), visible (380 nm-780 nm), IR (780 nm-10000 nm).

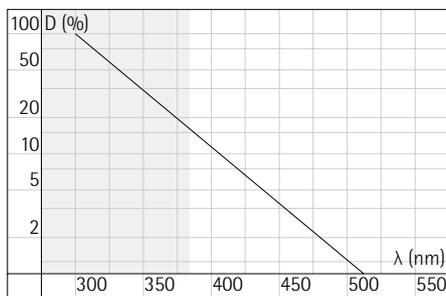
$$E_e = \Phi_e \cdot \frac{E}{1000}$$

$$[E_e] = \frac{W}{m^2}$$

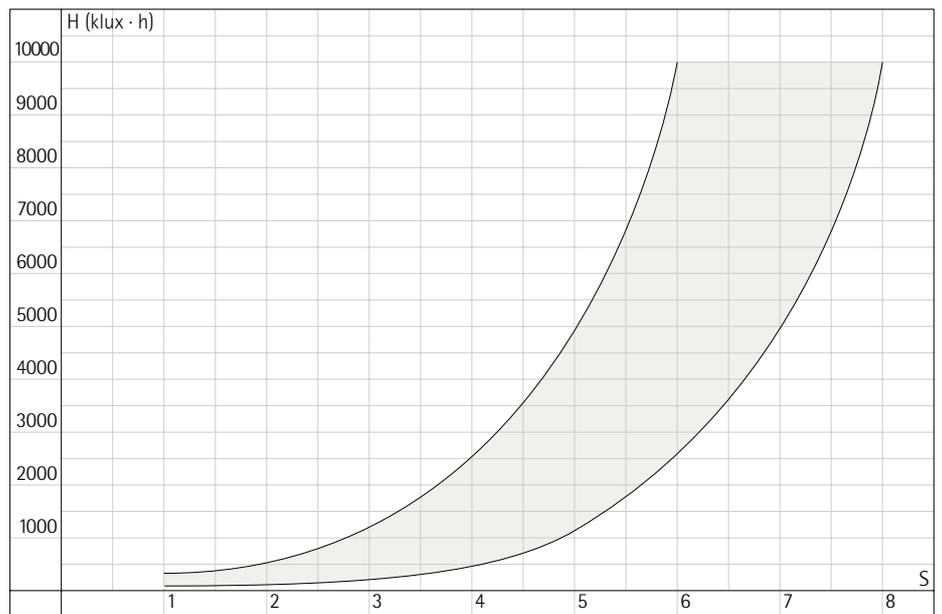
$$[\Phi_e] = \frac{W}{klm}$$

$$[E] = \text{lux}$$

Relación entre la irradiancia  $E_e$  originada sobre un objeto con la iluminancia dada  $E$  y un flujo radiante  $\Phi_e$ .



Factor de daño relativo  $D$  de la radiación óptica como función de la longitud de onda  $\lambda$ . El daño disminuye exponencialmente con la longitud de onda hasta el área de radiación visible.



Zona de exposición  $H$  como producto de la iluminancia  $E$  y tiempo de exposición  $t$ , que conduce a una decoloración visible de un objeto expuesto, en función de la resistencia a la luz  $S$  del objeto (según DIN 54004) y la fuente de luz utilizada. La curva de limitación superior vale aquí para lámparas incandescentes, la inferior para luz

diurna. Las fuentes halógenas y las de descarga se encuentran dentro del área indicada. Ejemplo: un objeto expuesto de la categoría 5 de la resistencia a la luz según aprox. 1200 kluxh, bajo la luz de lámparas incandescentes y después de aprox. 4800 kluxh aparecen las primeras decoloraciones.

Un caso singular representan las lámparas fluorescentes especiales, denominadas «lámparas de espectro total», que en su dispersión espectral se acercan a la irradiación global de sol y luz diurna, haciendo propaganda con una luz especialmente natural; las partes de radiación UV e infrarroja han aumentado en este caso de modo determinado a costa de la eficacia luminosa. Las ventajas higiénicas y luminotécnicas de estos tipos de lámparas, en cambio, no están documentadas.

### 3.3.2 Elección de luminarias

A través de las fuentes de luz se perfilan las propiedades técnicas de la instalación de iluminación concebidas, así como las limitaciones de calidades que la luz puede alcanzar. Que los efectos luminosos puedan hacerse realidad dentro de este espectro, no obstante, depende de la elección de las luminarias en las cuales se van a aplicar estas lámparas. Entre las decisiones por la correspondiente lámpara y luminaria existe una estrecha relación; la predeterminación por una fuente de luz reduce tanto la elección de los posibles tipos de luminarias como en la decisión por una luminaria la elección de las lámparas utilizables.

#### 3.3.2.1 Productos estándar o ejecuciones especiales

En la mayoría de los casos la elección de las luminarias se limita a productos ofertados en serie, debido a que se pueden suministrar antes, que disponen de características de potencia claramente definidas y que han pasado el control de seguridad técnico. Incluso en construcciones especiales como las instalaciones de iluminación de integración arquitectónica (por ejemplo, iluminaciones de molduras o techos luminosos) a menudo se pueden aplicar luminarias estandarizadas. Pero sobre todo en grandes proyectos representativos con iluminaciones más costosas también se pueden considerar ejecuciones especiales o nuevos desarrollos de luminarias. Tanto la disposición estética de las luminarias en la arquitectura y configuraciones espaciales como la solución de cometidos luminotécnicos complejos se pueden realizar más acorde con el proyecto y de modo más diferenciado que con las luminarias en serie. Pero paralelamente a los costos suplementarios sobre todo hay que calcular un plazo de entrega más largo para las luminarias.

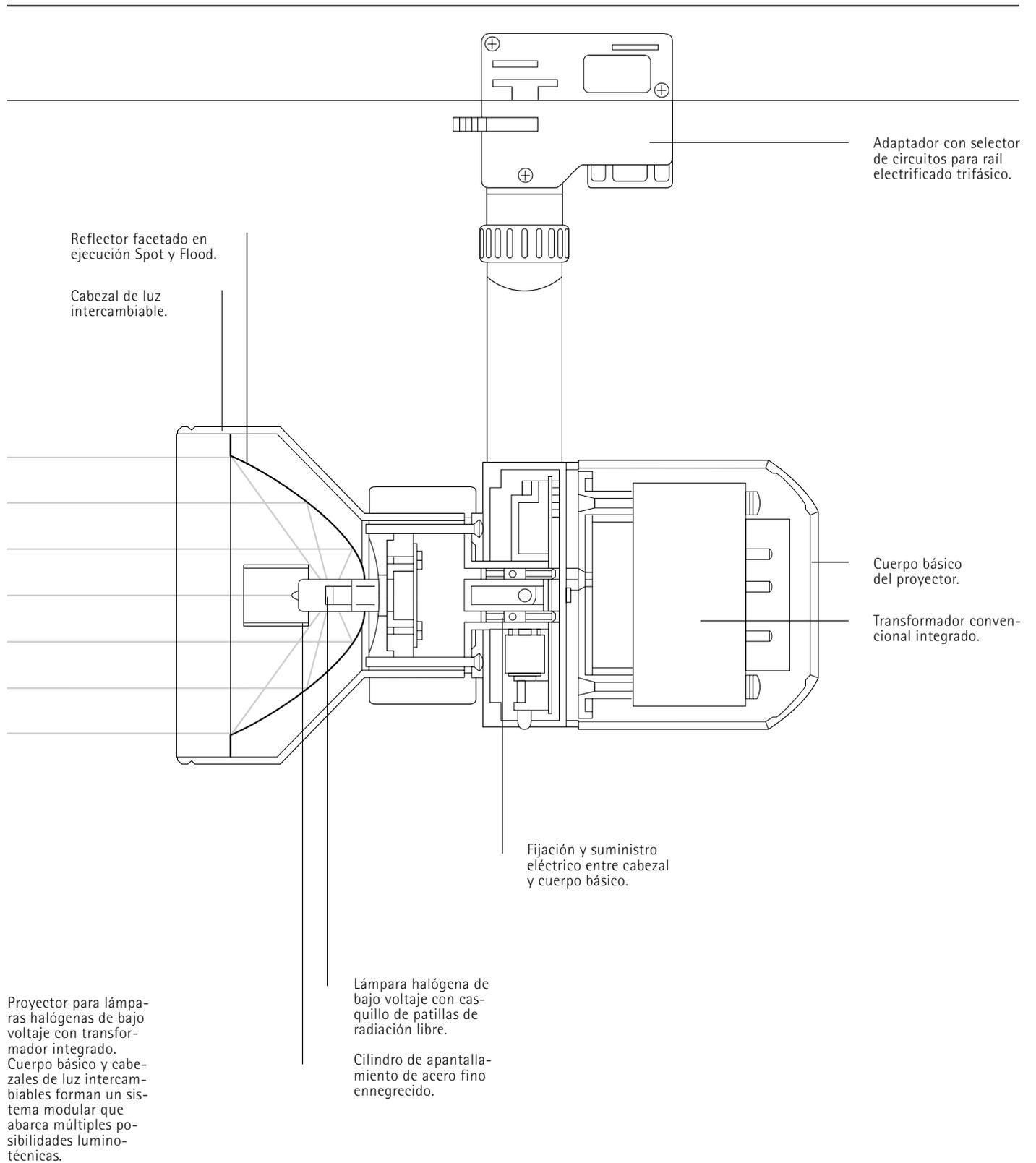
#### 3.3.2.2 Iluminación integrada o adicional

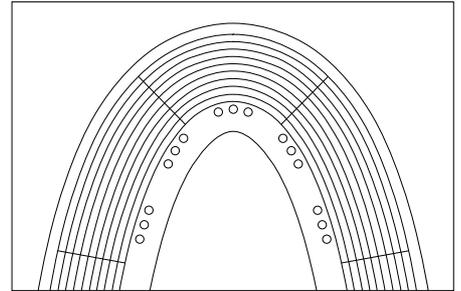
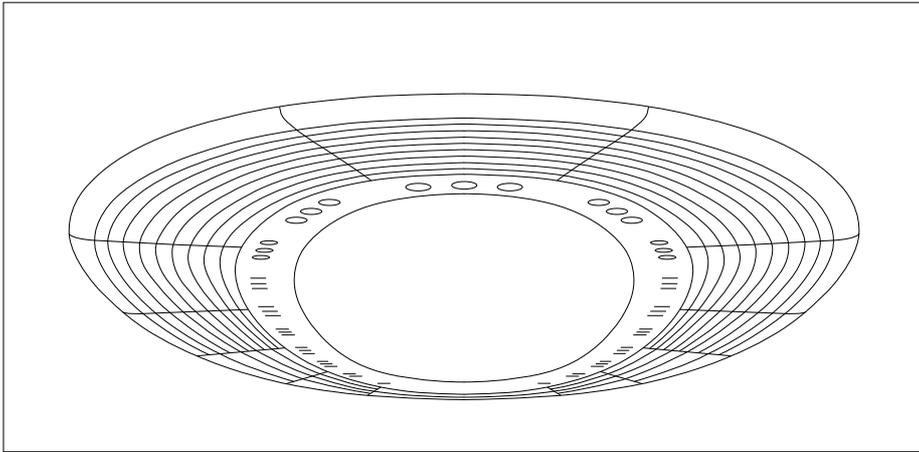
Para la clasificación de luminarias en la arquitectura existen dos conceptos básicos contrapuestos, que asignan a la iluminación tanto una función estética va-

riada, como también pueden manifestar diferentes posibilidades luminotécnicas. En este caso se trata por un lado del intento de integrar las luminarias lo máximo posible en la arquitectura, y por otro, de un principio que añade las luminarias como elementos independientes a una arquitectura ya existente. No obstante, ambos conceptos no se deberían considerar como principios cerrados, más bien forman los puntos extremos de una escala de posibilidades configurativas y técnicas, que también permiten conceptos mezclados y soluciones intermedias.

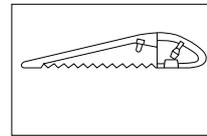
En caso de una iluminación integrada se coloca la luminaria detrás de la arquitectura; las luminarias sólo se hacen visibles por la forma de sus aperturas de pared o techo. El peso de la planificación, por lo tanto, se apoya menos en el trato configurativo con las propias luminarias y más en la aplicación de los efectos de luz producidos por las mismas. Una iluminación integrada se adapta fácilmente a distintos entornos, facilita la labor de adaptar luminarias de modo creativo en el espacio.

La iluminación integrada representa por naturaleza comparativamente una solución estática. Una variación de la iluminación sólo puede realizarse mediante luz programada o por el ajuste de luminarias de tipo orientable, por lo que existen algunas limitaciones en cuanto a la adaptación a las cambiantes condiciones de aprovechamiento. La integración de luminarias requiere, además, adecuadas condiciones constructivas, sea porque se puede aprovechar un techo suspendido para la instalación de luminarias, sea porque en una construcción nueva se integran en el techo o también en las paredes. El caso extremo lo representan en este caso las formas de iluminación que aprovechan las partes de la arquitectura como elementos ópticamente efectivos, sobre todo techos luminosos, iluminaciones de molduras o el resalte de contornos.

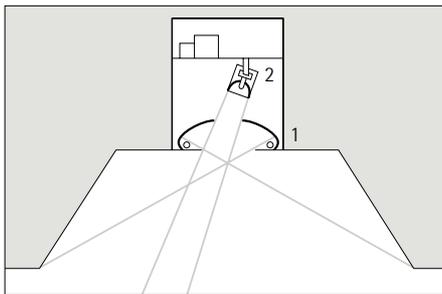




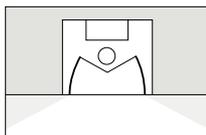
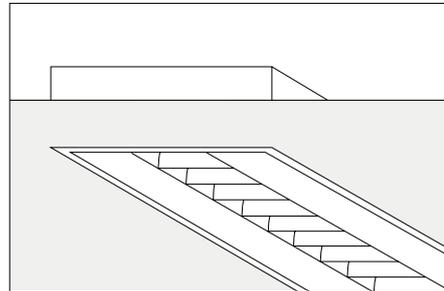
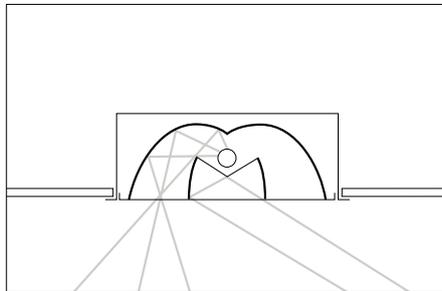
Luminaria especial para la sala de conferencias del Hong Kong and Shanghai Bank. La luminaria elíptica (9,1 x 3,6 m) corresponde a la forma de la mesa de reuniones. El anillo interior de la luminaria integra proyectores orientables que están coordinados con cada uno de los asientos. El anillo exterior está formado por una rejilla prismática que proporciona una parte de la iluminación general y efectos de brillo.



Luminaria especial para el techo de cassettes de la ampliación del Louvre. Un componente fluorescente (1) sirve para la iluminación de los flancos de cassettes y con ello para una iluminación indirecta integrada en el techo. Un proyector adicional (2) se puede utilizar para la iluminación acentuada.



Luminaria especial basada en un producto estándar: el sistema óptico de una luminaria de retícula convencional (abajo) se utiliza como elemento de radiación directa de una luminaria con reflector secundario (arriba).

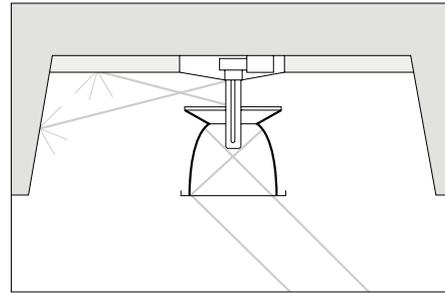
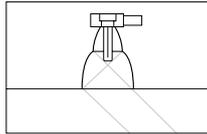
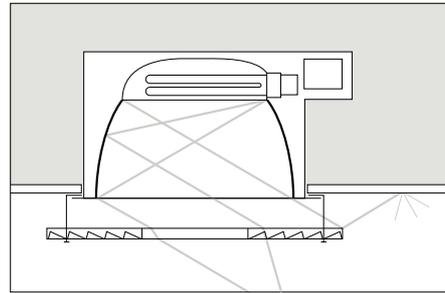
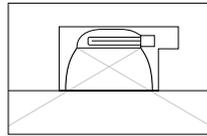


Las luminarias más adecuadas para la integración son las empotrables en techos, es decir, toda la gama de los Downlights, desde el Downlight clásico y bañador de pared hasta los Downlights proyectores orientables, así como la correspondiente oferta de luminarias de retícula. Para la integración en paredes los bañadores de suelo y techo son los más adecuados.

En el caso de la iluminación adicional las luminarias no se integran en la arquitectura, sino que aparecen como elementos independientes. Paralelamente a la planificación sobre los efectos de luz es fundamental encontrar una determinada elección y disposición de luminarias que se adapten a la arquitectura; el espectro de las posibilidades para el proyectista abarca en este caso desde la adaptación a estructuras existentes hasta la influencia activa sobre toda la imagen óptica.

Luminarias características para una iluminación adicional son las estructuras luminosas y proyectores, pero también los Downlights de superficie. Las estructuras luminosas ofrecen, además, por su separación del techo, un amplio repertorio de posibilidades de aplicación; permiten una iluminación del espacio de modo directo, así como indirecto o combinado directo-indirecto. Los proyectores que se pueden utilizar directamente en el techo o en estructuras suspendidas, en cambio, son especialmente adecuados para la iluminación variable, por ejemplo, en áreas de presentación y exposiciones. No obstante, para ganar flexibilidad nos encontramos también en este caso frente a la tarea de adaptar la imagen óptica de la instalación de iluminación al entorno y evitar la intranquilidad visual mediante la mezcla de tipos de luminarias o la disposición confusa de las mismas.

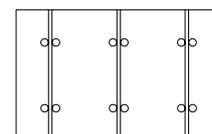
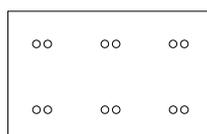
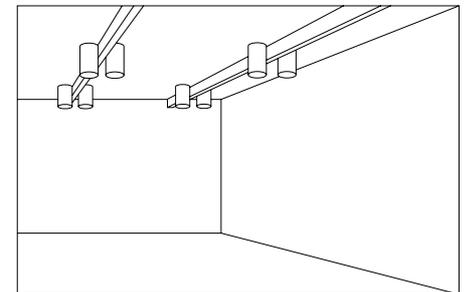
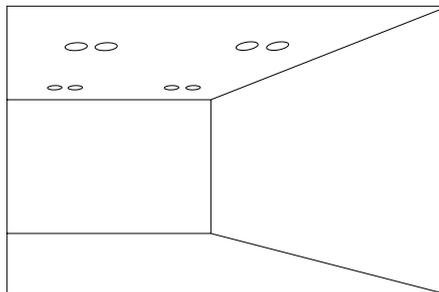
Entre las formas extremas de una iluminación completamente integrada y otra evidentemente adicional, existe una transición continua. De este modo, una iluminación integrada de Downlights puede acercarse a un concepto de iluminación adicional mediante los términos intermedios de Downlights semiempotrados, de superficie y finalmente suspendidos; los cometidos de una iluminación adicional mediante proyectores, no obstante, también se pueden hacer efectivos con proyectores Downlights orientables integrados. Por lo tanto, la planificación de luz y la elección de luminarias no están ligadas a la decisión por una solución claramente integrada o adicional, pueden decidirse por un concepto dentro de este espectro, que corresponde a los requisitos constructivos, estéticos y luminotécnicos.



Luminarias especiales basadas en productos estándar: la placa prismática montada a la distancia de apertura de techo de un Downlight convencional sirve para controlar la distribución de luminancia. El techo se hace más luminoso y al mismo tiempo se mejora el apantallamiento de la lámpara.

El reflector Darklight de un Downlight convencional se utiliza como elemento de radiación directa de una luminaria secundaria simétrica rotativa.

Iluminación integrada y adicional: efectos de luz idénticos mediante Downlights empotrados y Downlights instalados en una estructura luminosa.

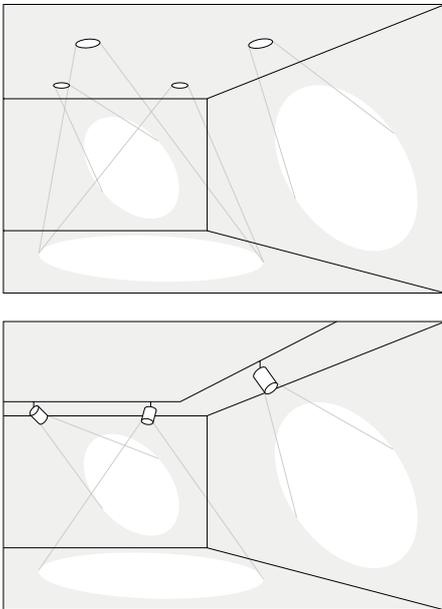


### 3.3.2.3 Iluminación fija u orientable

La decisión por una instalación de iluminación fija o variable se interrelaciona con la decisión por una solución integrada o adicional; no obstante, se determina menos desde un punto de vista configurativo y más desde las exigencias lumotécnicas en cuanto al cometido de la iluminación.

La variabilidad de una iluminación se puede lograr de distintas maneras. Incluso en sistemas fijos, sean luminarias empotradas, de superficie o estructuras suspendidas, se puede conseguir tanto una modificación espacial como temporal de la iluminación mediante luz programada: en luminarias independientes o grupos de luminarias se regula el flujo luminoso o se conectan y desconectan para adaptar la iluminación a otras situaciones de utilización.

El siguiente paso hacia una mayor variabilidad se basa en la aplicación de luminarias fijas, pero al mismo tiempo ajustables, es decir, casi siempre se trata de proyectores orientables-Downlights o de proyectores en salidas de conexión. La variabilidad más avanzada, como por ejemplo la requerida en la iluminación de exposiciones itinerantes o la representativa, se consigue mediante la aplicación de proyectores ajustables instalados en raíles electrificados o estructuras de soporte. Con ello es posible tanto una adaptación de la iluminación mediante luz programada como una nueva orientación espacial e incluso el desplazamiento o intercambio total de las luminarias. También en la decisión entre una iluminación más bien estática y otra variable existe por tanto una transición continua entre los extremos, que permite una adaptación a las condiciones correspondientes.



Iluminación fija y orientable: efectos de luz idénticos mediante proyectores Downlights orientables y proyectores en raíles electrificados.

### 3.3.2.4 Iluminación general o diferenciada

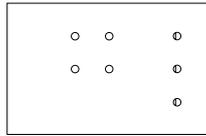
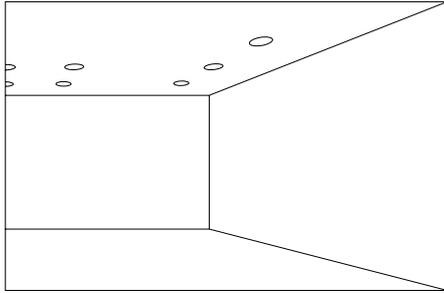
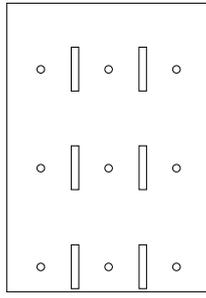
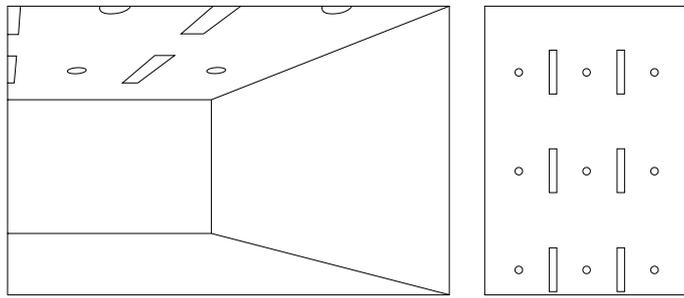
La orientación de puntos esenciales en una iluminación general principalmente uniforme o una iluminación acentuada más diferenciada depende de la estructura del cometido de la iluminación: una acentuación de áreas sueltas sólo tiene sentido si existe una superficie nivel informativo entre las zonas especialmente significativas o los objetos y su campo periférico, en tanto que para una distribución uniforme de cometidos e información resulta conveniente una correspondiente iluminación de orientación general.

Mientras que la iluminación general uniforme representa una concepción convencional y en la iluminación del puesto de trabajo generalmente incluso es algo normal, una concepción de iluminación exclusivamente enfocada hacia aislados acentos de luz, en cambio, puede considerarse excepcional. Una marcada iluminación acentuada contiene por regla general también parte de la iluminación general,

sólo ya para posibilitar la orientación al observador y la disposición espacial de objetos iluminados. Esta iluminación general se puede crear mediante las correspondientes luminarias, desde cuyo nivel de luz básico (ambient light) se pueden destacar áreas significativas mediante luz acentuada (focal glow). A menudo resulta suficiente la luz difusa de las áreas acentuadas para proporcionar una suficiente iluminación del entorno, por lo tanto, una iluminación general también puede producirse a través de la propia iluminación acentuada. Con ello queda demostrado que las aún usuales claras separaciones entre iluminación general y acentuada han quedado superadas; ambas áreas se entremezclan, pudiéndose combinar en cada caso con la forma de iluminación opuesta.

Para la iluminación general ante todo se proponen luminarias de radiación más horizontal, principalmente luminarias de retícula y estructuras luminosas para lámparas fluorescentes, como principalmente se utilizan en iluminaciones de puestos de trabajo. No obstante, también se puede lograr una iluminación uniforme a través de la iluminación indirecta, sea mediante bañadores de techo, bañadores de pared o luminarias con reflector secundario; sobre todo en la iluminación de lugares representativos como foyers o salas de reuniones es también costumbre utilizar Downlights dispuestos a lo largo del techo de radiación más concentrada.

En cambio, para la iluminación acentuada no hay tantos tipos a elegir entre las luminarias, se limitan a aquellas que pueden proporcionar una luz dirigida y con haz muy concentrado. Para los cometidos de la iluminación horizontal en este caso resultan adecuados los Downlights, donde los más variables en su ajuste son los Downlights proyectores orientables. Pero por regla general son los proyectores orientables instalados en raíles electrificados o en estructuras de soporte los que corresponden antes a las exigencias en cuanto a variabilidad y ajuste.



Iluminación general y diferenciada: iluminación general mediante una disposición regular de luminarias de retícula y Downlights. Una diferenciación temporal es posible a través de la conexión y regulación del flujo luminoso de ambos componentes (arriba). Una iluminación diferenciada espacial se logra mediante una disposición de bañadores de pared y un grupo de Downlights (abajo).

### 3.3.2.5 Iluminación directa o indirecta

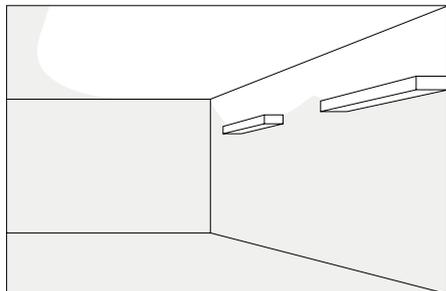
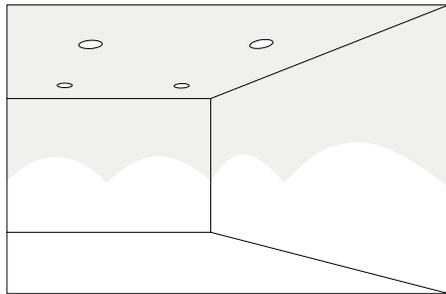
La decisión por una iluminación directa o indirecta tiene una amplia influencia sobre la creación de partes luminosas dirigidas o difusas; implica la decisión por un concepto de iluminación, que en caso de la indirecta está orientada necesariamente hacia una iluminación general difusa, mientras que una que sea directa permite tanto la luz difusa como la dirigida, tanto la iluminación general como la acentuada.

La iluminación indirecta ofrece la ventaja de producir una luz muy uniforme y suave, proporcionando una impresión abierta del espacio por la luminosidad de las superficies que lo limitan. Adicionalmente, se evitan los problemas causados por deslumbramientos directos y por reflectancias, de modo que una iluminación indirecta también puede servir como solución a problemas en caso de tareas visuales críticas, como pueden ser los puestos de trabajo situados ante pantallas de informática. No obstante, se debería tener en cuenta que a través de la escasa modelación y la ausencia de diferenciación espacial de una iluminación exclusivamente indirecta no se produce ninguna acentuación de la arquitectura o de los objetos iluminados, de modo que se puede dar un efecto general monótono y plano del entorno.

Una iluminación indirecta se logra debido a que la luz de una fuente de luz primaria es reflejada por una superficie reflectante mucho mayor y casi siempre difusa, recibiendo por ello el carácter de una luminaria secundaria plana. Como superficie reflectante puede servir de momento la propia arquitectura; la luz se orienta a las paredes, al techo, e incluso sobre el suelo y desde allí se refleja por el espacio. No obstante, cada vez más se desarrollan las denominadas luminarias con reflector secundario, que abarcan una fuente de luz primaria con un sistema de reflector propio y un reflector secundario mayor; por ello, se posibilita un control óptico mejorado de la luz emitida.

La iluminación directa se puede igualmente concebir como iluminación general predominantemente con luz difusa y la mayoría de las veces mediante la utilización de luminarias de retícula. Además, también permite la aplicación de luz dirigida. Debido a ello se obtienen unas calidades de luz evidentemente modificadas, pero sobre todo una reproducción bastante mejorada de la plasticidad, como también de las estructuras de superficie de los objetos iluminados. Pero principalmente mediante la luz dirigida se hace posible una planificación de iluminación capacitada para iluminar de modo dirigido desde casi cualquier lugar diferentes áreas del espacio, que además tanto permite una distribución diferenciada de la luz, como concede una mayor libertad en cuanto a la disposición de las luminarias.

Iluminación directa e indirecta: iluminación directa mediante Downlights (arriba) e indirecta mediante bañadores de techo montados en la pared (abajo).

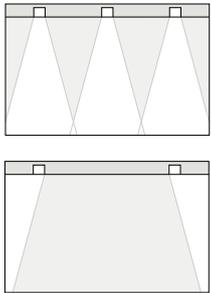


3.3.2.6 Iluminación horizontal y vertical

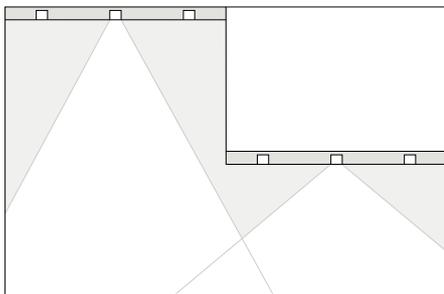
A diferencia de la decisión por una instalación de iluminación integrada o de adición o por un concepto estático y variable, las formas extremas de una iluminación exclusivamente horizontal o vertical prácticamente no desempeñan ningún papel en la práctica de la planificación: mediante la reflexión en las limitaciones del espacio y los objetos iluminados se produce casi siempre una parte (en la mayoría de las veces deseada) de la forma de iluminación contraria. A pesar de esta interdependencia, el carácter de una iluminación se determina esencialmente por la orientación de la luz horizontal o vertical.

En cambio, si se insiste mucho en una iluminación horizontal, ésta casi siempre puede solucionarse eligiendo una luz de orientación funcional y útil y sobre todo tiene validez para la iluminación del puesto de trabajo, en la que la planificación de luz principalmente está ajustada a la iluminación de tareas visuales de orientación horizontal. Las partes de iluminación vertical se producen en este caso sobre todo por la luz difusa y reflejada desde las superficies iluminadas.

Poner el peso en una iluminación vertical también puede estar condicionado funcionalmente en la iluminación de tareas visuales verticales, por ejemplo, de pizarras o pinturas. Pero a menudo apunta a la presentación y configuración del entorno visual; a diferencia de la luz útil de orientación horizontal, se aspira a una luz que destaque los rasgos característicos y puntos esenciales del entorno visual. Esto en primer lugar es válido para la arquitectura, cuyas estructuras se pueden resaltar a través de una determinada iluminación de las paredes, así como para la acentuación y modelación de los objetos en el espacio. No obstante, también se necesitan las partes verticales de iluminación, para facilitar la comunicación y no permitir que la mímica del interlocutor desaparezca en las sombras superpuestas de una parcial iluminación horizontal.



Iluminación horizontal y vertical: en iguales posiciones de luminarias se pueden aplicar Downlights para una iluminación horizontal y bañadores de pared para una iluminación vertical.



Iluminación general horizontal en diferentes alturas de techo: por regla general se aplican en techos altos luminarias de haz intensivo y en techos bajos luminarias de radiación horizontal, para poder conseguir una superposición homogénea de los conos de luz.

3.3.2.7 Iluminación de superficie de trabajo y suelo

La iluminación de superficies horizontales es uno de los cometidos más frecuentes en la iluminación. Bajo esta categoría se clasifica la mayoría de cometidos de iluminación regulados por normativas en cuanto a puestos de trabajo y caminos de circulación, sea la iluminación de superficies de trabajo (nivel útil 0,85 m sobre el suelo) o la iluminación del propio suelo (nivel útil 0,2 m sobre el suelo).

La iluminación de estas superficies puede realizarse en primer lugar a través de luz directa; para ello, se ofrecen un sinfín de luminarias. Según las luminarias empleadas se pueden conseguir diferentes

efectos de luz. Con luminarias de retícula o estructuras luminosas para lámparas fluorescentes se logra una iluminación general uniforme, como sobre todo se requiere en el puesto de trabajo. Con la ayuda de Downlights, sobre todo para lámparas incandescentes, en cambio, se puede crear una luz más orientada, que acentúa las propiedades de material y posibilita una conducción más diferenciada de la luz; esto se puede aprovechar ante todo en cometidos de iluminación más representativos y de presentación. Una combinación de ambos tipos de luminarias es posible para crear una iluminación espacial diferenciada o aumentar en general la parte de luz dirigida.

No obstante, también se puede lograr una iluminación de superficies horizontales mediante luz indirecta. En este caso se iluminan las paredes, pero preferentemente el techo, para crear una iluminación general difusa mediante reflexión que muestra tanto las partes de iluminación verticales para dar más luminosidad al espacio, como las horizontales de iluminación para la propia iluminación de la superficie de trabajo o del suelo. Esto por ejemplo se puede utilizar en la iluminación de pasillos, para conseguir una impresión más abierta del espacio a pesar de las bajas iluminancias. Pero principalmente se recomiendan las formas indirectas de iluminación, por sus excelentes cualidades antideslumbrantes, en la iluminación de tareas visuales, donde es fácil que se produzcan deslumbramientos por reflexión, como por ejemplo ocurre en los puestos de trabajo en los que se utilizan pantallas informáticas. Si se requiere un aumento en la modelación para mejorar la por lo demás débil representación espacial de objetos iluminados o una acentuación más remarcada de la arquitectura, se puede completar la iluminación indirecta por una directa que proporcione la necesaria luz dirigida. En algunos casos, en cambio, se desea una baja modelación, de modo que en este caso la iluminación indirecta representa una forma óptima de la misma. No obstante, hay que tener en cuenta que el consumo de energía en una iluminación indirecta es más alto que en una iluminación directa.

Frente a la iluminación puramente directa o indirecta, en el futuro cobrará importancia una iluminación directa-indirecta combinada, en la que el componente indirecto proporcione una iluminación general con un elevado confort visual, mientras que las partes de la iluminación directa se aplicarán para una acentuación del área de trabajo y sus tareas visuales. Paralelamente a la combinación de luminarias de radiación directa e indirecta, sea como luminarias individuales o integradas en estructuras luminosas, también se utilizan luminarias con reflector secundario, que emiten partes de iluminación directas e indirectas, permitiendo un control óptimo de ambas formas de iluminación.

3.3.2.8 Iluminación de pared

La iluminación de pared puede cumplir con una serie de cometidos. En primer lugar se puede orientar hacia tareas visuales en las paredes, es decir, hacia portadores de información como pizarras, objetos de presentación como cuadros o mercancías, estructuras arquitectónicas o la superficie de la propia pared. Pero la iluminación de pared también puede apuntar exclusivamente a la representación de la pared en su función como superficie limi-

tadora del espacio; en definitiva, también puede ser un medio para la iluminación general indirecta del espacio.

Para la iluminación acentuada de determinadas zonas de pared u objetos en la misma, sobre todo y según el grado de flexibilidad necesario, son adecuados proyectores y Downlights-proyectores orientables. En caso de superficies reflectantes, por ejemplo, cuadros al óleo o grabados vitrificados, hay que tener en cuenta el ángulo de incidencia de la luz para evitar los molestos reflejos en el ángulo visual del observador causados por ángulos demasiado planos, y en su caso también para impedir las sombras sobrepuestas ocasionadas por una incidencia de luz demasiado inclinada, por ejemplo, las sombras marcadas sobre superficies ilustradas.

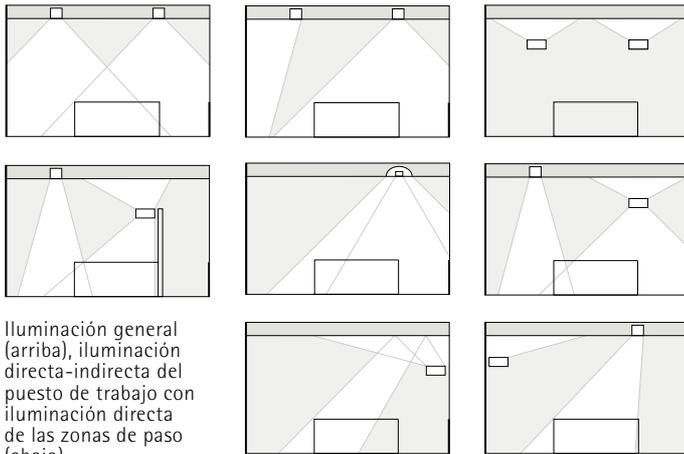
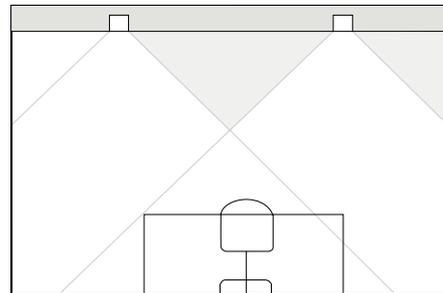
En cambio, para la acentuación de estructuras de superficie es especialmente adecuada una iluminación con reflejos de luz a través de Downlights. Esta forma de iluminación también puede ser utilizada para la pura iluminación de pared, en caso de desear obtener una impresión del material de pared, ocasionada por la entrada de conos de luz (scallops). Especialmente en la iluminación de pasillos y de exteriores también se puede conseguir una iluminación de pared mediante reflejos de luz con la ayuda de Uplights o Up-Downlights. No obstante, en todos los casos se debería tener en cuenta que la distribución de los conos de luz sobre la pared concuerde con las proporciones de espacio siguiendo un ritmo continuo, es decir, que se pueda derivar claramente una distribución asimétrica de las particularidades de cada superficie de pared, por ejemplo, la distribución de puertas u objetos.

Si no se desea una acentuación del carácter limitador de una pared, sino más bien una impresión abierta de la misma, se requiere una iluminación de pared más uniforme y continua.

Los más adecuados para ello son los Downlights-bañadores de pared, que se pueden suministrar en diferentes ejecuciones, tanto para una continuidad de pared lineal como para salientes y rincones del espacio, así como para paredes de pasillo, que transcurren en paralelo a poca distancia. Por su especial segmento reflector, los Downlights-bañadores de pared proporcionan una iluminación claramente más uniforme de la pared que los Downlights en su forma básica.

Una iluminación de pared completamente uniforme se consigue mediante bañadores de pared, que pueden suministrarse tanto como Downlights-bañadores empotrables y de superficie, como para el funcionamiento en railes electrificados y vigas de soporte. Además de la pura iluminación de superficies de pared, los bañadores de pared o Downlights-bañadores de pared también son adecuados para una iluminación uniforme de tareas visuales verticales y para la iluminación general indirecta.

Iluminación de superficies de trabajo en la oficina: en función de de la utilización y el carácter del espacio se pueden aplicar diferentes conceptos de iluminación.

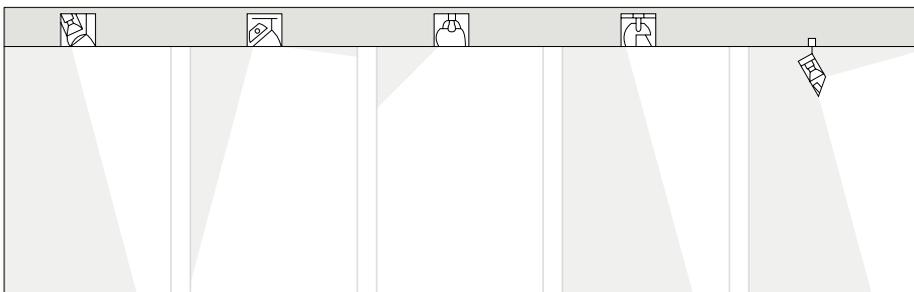
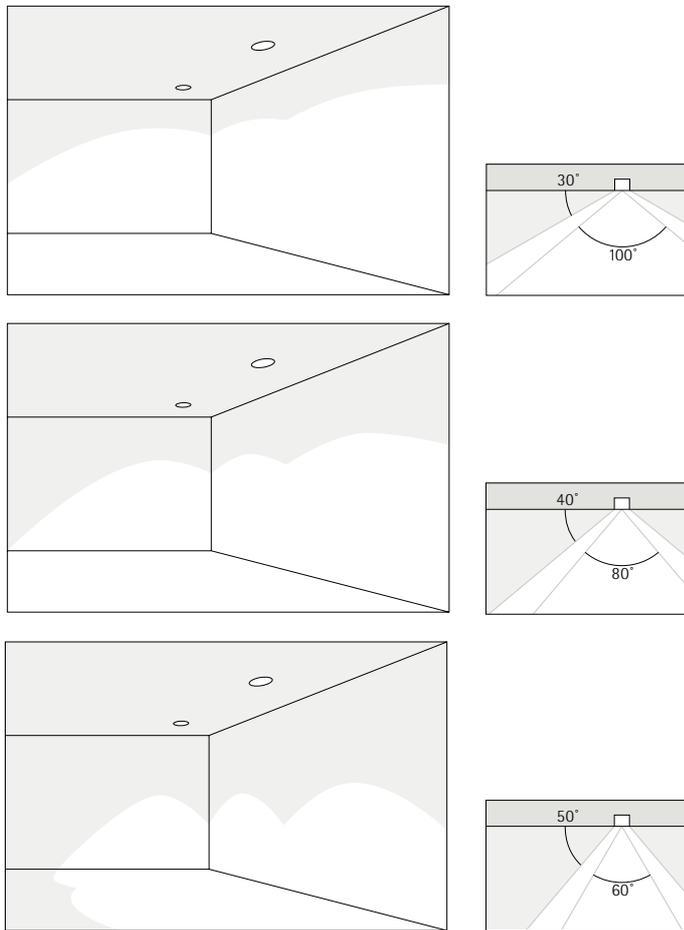


Iluminación general (arriba), iluminación directa-indirecta del puesto de trabajo con iluminación directa de las zonas de paso (abajo).

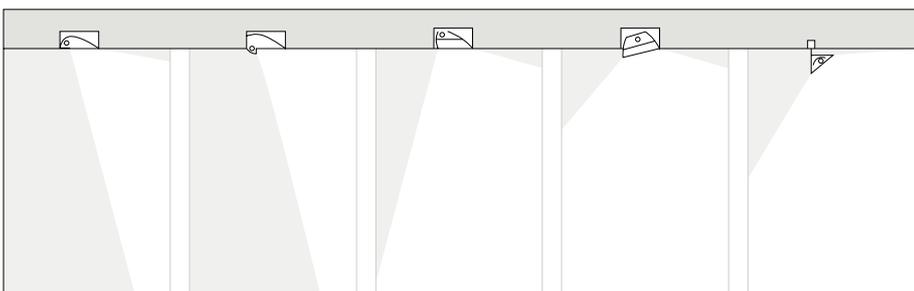
Iluminación directa del área de trabajo con iluminación de pared (arriba), iluminación del área de trabajo a través de luminarias con reflector secundario (centro), iluminación general indirecta y del puesto de trabajo mediante reflector de techo (abajo).

Iluminación general indirecta (arriba), iluminación directa-indirecta del puesto de trabajo con iluminación directa de zonas de paso (centro), iluminación dirigida del puesto de trabajo con iluminación indirecta de las zonas de paso (abajo).

Con el aumento del ángulo de apantallamiento se incrementa el confort visual de la luminaria por una mayor limitación de deslumbramiento. En una disposición igual de luminarias se crean además diferentes entradas de conos de luz en la pared. En aumento del ángulo de apantallamiento disminuye el ángulo de irradiación próximo al mostrado en relación a los 30°, 40° y 50°.



Iluminación de pared a través de luminarias simétricas rotativas (de izda. a dcha.): bañador de pared de lente, proyector orientable, Downlight-bañador de pared, bañador de pared y bañador de pared instalado en rail electrificado.



Iluminación de pared a través de luminarias lineales (de izda. a dcha.): bañador de pared con lámparas fluorescentes, bañador de pared con elemento prismático, bañador de pared con reflector de retícula, bañador de pared orientable, bañador de pared instalado en rail electrificado.

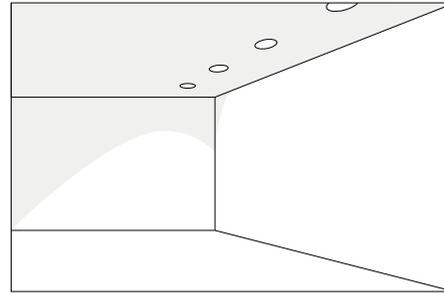
### 3.3.2.9 Iluminación de techo

También la iluminación de techo puede en primer lugar tener su propia importancia en cuanto a esta superficie del espacio, sobre todo si el techo dispone de un valor informativo propio a través de pinturas o estructuras arquitectónicas. La mayoría de las veces, no obstante, la iluminación del techo se utiliza como medio de ayuda para la iluminación general indirecta del espacio. De todos modos, se debería tener en cuenta que de esta manera el techo se convierte en la superficie más luminosa del espacio, recibiendo así un valor de atención que frecuentemente no corresponde a su contenido informativo. Por eso más que nada en permanencias más prolongadas se puede percibir la luminancia del techo —igual que un cielo cubierto— como algo molesto o incluso deslumbrante; esto sobre todo también es válido para techos luminosos, donde el techo no es iluminado, sino configurado como propia luminaria plana.

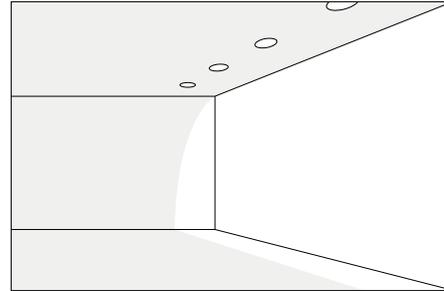
Una iluminación de techo puede realizarse mediante bañadores de techo integrados o montados en la pared; una forma especial de este método de iluminación es la que se realiza por molduras. En caso de no existir una posibilidad para la instalación de pared, tal como ocurre principalmente en edificios históricos, también se pueden aplicar bañadores de techo sobre soportes de pie. Además los techos pueden ser iluminados mediante luminarias o estructuras luminosas suspendidas, que radian la parte superior del espacio. Requisito indispensable en cualquier caso es una suficiente altura del espacio, ya que todos los tipos de luminarias deben montarse a una altura por encima de la cabeza, para evitar deslumbramientos directos, y por encima de esta altura aún es necesaria una clara distancia hasta el techo para una distribución de luz uniforme. Una iluminación de techo que apunte menos a la iluminación uniforme y más a la acentuación de determinadas zonas se puede lograr mediante Uplights; este método también es apropiado para espacios con poca altura de techo.

### 3.3.2.10 Limitación de la luminancia

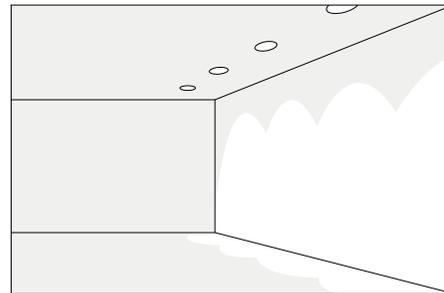
La cuestión de la limitación de efectos de deslumbramiento se da de distinta manera en luminarias fijas y móviles. En luminarias ajustables, como proyectores o Downlights-proyectores orientables, los efectos de deslumbramiento dependen sin duda también de la característica de radiación de la luminaria, pero primero se origina en este caso el deslumbramiento por un ajuste inadecuado de la luminaria, que produce el deslumbramiento por hacerse visible el iluminante, sea por la propia luminaria, sea por el reflejo de la lámpara en superficies reflectantes del espacio.



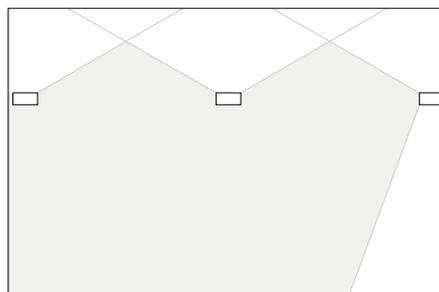
Iluminación de pared a través de Downlight-bañador de pared (arriba) y bañador de pared (abajo).



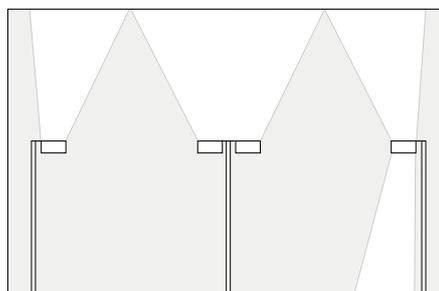
Aplicación de Downlights con haz intenso para la iluminación de pared rasante con decorativas entradas de conos de luz.



Iluminación de techo mediante bañadores de techo montados en pared, luminaria indirecta suspendida y luminaria directa-indirecta montada en pared.



Luminaria de pie con iluminación indirecta asimétrica, luminaria de pie con iluminación indirecta simétrica, luminaria de pie con iluminación directa-indirecta asimétrica.



### 3.3 Práctica de planificación

#### 3.3.2 Elección de luminarias

Tipo protección		Medidas de protección
I		Luminaria con dispositivos que permiten unir las partes metálicas accesibles a un conductor de protección.
II		Luminaria con doble aislamiento o aislamiento reforzado. No precisa toma de tierra.
III		Luminaria funcionando a una tensión no superior a 50 V.

Para una seguridad eléctrica de luminarias se exigen medidas de protección que evitan que piezas de metal tocables en caso de fallo tengan tensión. El tipo de protección indica la correspondiente medida de protección.

Las luminarias se protegen por seguridad contra la entrada de cuerpos sólidos y líquidos. La señal de cada tipo de protección (IP) se realiza internacionalmente a través de la

combinación de dos cifras XY, donde la cifra X señala la protección de cuerpos sólidos y la Y la protección de líquidos. La exigencia mínima para espacios interiores es de IP 20.

X	Protección contra cuerpos sólidos	Y	Protección contra cuerpos líquidos.
0	Sin protección.	0	Sin protección.
1	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 50 mm (p. ej. contactos involuntarios de la mano).	1	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación).
2	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 12 mm (p. ej. dedos de la mano).	2	Protegido contra las caídas verticales de agua hasta 15° de la vertical.
3	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm (p. ej. herramientas, cables, etc.).	3	Protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical.
4	Protegido contra cuerpos sólidos superiores a 1,0 mm (p. ej. herramientas finas, pequeños cables).	4	Protegido contra las proyecciones de agua en todas direcciones.
5	Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales).	5	Protegido contra el lanzamiento de agua en todas direcciones.
6	Totalmente protegido contra el polvo.	6	Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes del mar.
		7	Protegido contra la inmersión.
		8	Protegido contra los efectos prolongados de la inmersión bajo la presión.

Tipos de protección IP XY usuales para luminarias.

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Y
6										
5	•		•	•	•					
4	•		•	•						
3										
2	•		•	•						

Caracterización de especiales propiedades de la luminaria y requisitos de seguridad.

	Luminaria con lámpara de descarga adecuada para montajes en zonas de edificio de materiales con temperaturas de inflamación > 200°C (por ejemplo, techos de madera).
	Luminaria con lámpara de descarga, que muestra una temperatura limitada de superficie adecuada para zonas con peligro de fuego o explosión por causa de polvo o sustancias fibrosas, respectivamente.
	Luminaria apta para montar en o sobre muebles con materiales normales inflamables (maderas recubiertas, chapadas o lacadas).

	Luminaria apta para montaje en o sobre muebles con propiedades de inflamación sin determinar.
	Distancia de seguridad (X) en dirección de radiación de la lámpara.

En caso de las luminarias fijas como Downlights, luminarias de retícula o estructuras luminosas hay que distinguir entre la limitación de deslumbramiento para el área del deslumbramiento directo y el área del deslumbramiento por reflexión. Para el deslumbramiento directo la calidad de la limitación de deslumbramiento depende de la característica de radiación de la luminaria. Para el área de la iluminación del puesto de trabajo existen normativas que dan información sobre los correspondientes ángulos mínimos de apantallamiento o las luminancias máximas permitidas, respectivamente, de las luminarias bajo determinados ángulos de irradiación; para puestos de trabajo que utilizan pantallas valen datos propios.

En luminarias con reflectores de espejo se mejora la limitación del deslumbramiento directo con mayores ángulos de apantallamiento, es decir, una característica de radiación más baja; como estándar se han impuesto los ángulos de apantallamiento de lámpara de 30° y 40°. Una limitación de deslumbramiento por reflexión, en cambio, no es posible a través del aumento del ángulo de apantallamiento. En este caso resulta esencial el emplazamiento de la luminaria; cualquier luminaria de un puesto de trabajo situada en el área crítica del techo es una fuente potencial para el deslumbramiento por reflexión. Como zona crítica también se puede considerar la parte de techo que sería vista por el usuario como un espejo sobre la superficie de trabajo.

### 3.3.2.11 Exigencias técnicas de seguridad

Las luminarias deben corresponder en cualquier caso a las exigencias técnicas generales de seguridad, esto normalmente se garantiza a través de la existencia de una marca-VDE\*. En algunos casos no obstante se mantienen amplios requisitos con las correspondientes caracterizaciones de luminaria. Esto en primer lugar es válido para una suficiente seguridad contra incendios en el montaje de luminarias sobre muebles u otros materiales inflamables. Además, también valen otros requisitos especiales para luminarias que han de funcionar en lugares con polvo o peligro de explosión.

Las luminarias se clasifican en diferentes tipos y clases de protección; la *clase de protección* señala el modo de proteger la luminaria contra descargas eléctricas y *el tipo de protección* su seguridad contra contactos, polvo y humedad. Luminarias destinadas a lugares con peligro de explosión deben satisfacer unas exigencias adicionales.

Para garantizar la seguridad contra incendios, las luminarias para lámparas de descarga que se montan sobre materiales normal o fácilmente inflamables deben estar provistas de la señal  $\nabla$ . Luminarias con montaje en muebles, necesitan para

los materiales normal o difícilmente inflamables la señal  $\nabla$ , y para los materiales de desconocidas propiedades inflamables la señal  $\nabla \nabla$ .

### 3.3.2.12 Colaboración con técnicas de climatización y acústica

Principalmente en salas de conciertos y teatros, pero también en auditorios y otras salas multiuso, la acústica del espacio es de vital importancia. Motivo por el cual los criterios acústicos en la configuración del techo tienen un significado preferente; de ello pueden surgir datos de información tanto para la elección como para la disposición de las luminarias. Especialmente favorables para tales cometidos han resultado los Downlights empujables por disponer de la superficie con el menor efecto acústico.

También para el área de la climatización se dan cuestiones parecidas; las técnicas de luz y climatización deben coordinar sus exigencias para proporcionar una imagen homogénea del techo y evitar conflictos en la organización de los cableados. Una esencial reducción de aperturas de techo y una homogeneidad en la imagen de éste se pueden conseguir en este caso mediante la utilización de luminarias climáticas, que según ejecución posibilitan la impulsión de aire, el retorno de aire regulable o la impulsión y el retorno de aire, respectivamente. En caso de necesitar más luminarias que aperturas de climatización, se pueden aplicar luminarias simuladas. Existen tanto luminarias de retícula como también Downlights en la versión climática.

### 3.3.2.13 Instalaciones adicionales

Numerosas luminarias pueden ser provistas de elementos adicionales para la modificación de sus propiedades luminotécnicas o mecánicas. Ante todo se trata de monturas de filtro para cambiar el color de luz o para disminuir la radiación UV e infrarroja, respectivamente, de lentes dispersoras para modificar la característica de irradiación, de dispositivos para mejorar la limitación de apantallamiento o de seguros mecánicos, por ejemplo, contra el lanzamiento de pelotas. Para más información sobre el tema, léase el apartado 2.6.5.

\* Actualmente las normas comunitarias armonizadas EN. (Nota de la traductora.)

#### 3.3.2.14 Luz programada y efectos escénicos

La aplicación de efectos teatrales también va aumentando en la iluminación arquitectónica. Para ello contamos con dramáticos contrastes claro-oscuro, la utilización de luz en colores, así como la proyección de logotipos o motivos mediante los denominados gobos.

En parte estos efectos se producen por la determinada aplicación de luminarias convencionales, sea por las pronunciadas calidades de luz como luz de color o una modelación extrema, sea por una distribución de la luz especialmente acentuada en el espacio o a través de una adecuada luz programada. Algunas luminarias con monturas de filtro y sistemas de lente, que permiten una modificación de la característica de irradiación y la proyección de carátulas y gobos, son especialmente aptas para estos cometidos. No obstante, para una aplicación lo más variable posible y sobre todo para la libre regulación temporal y espacial de efectos de luz, se necesitan luminarias especiales que a través del mando a distancia posibilitan una modificación del color de luz y característica de irradiación, si se da el caso incluso también en la orientación de la luminaria.

Es de suponer que tales luminarias, que hasta la fecha se empleaban ante todo en el ámbito del espectáculo, se van a desarrollar cada vez más para la iluminación arquitectónica.

#### 3.3.3 Disposición de luminarias

Para la disposición de luminarias pueden existir, independientemente de cada proyecto de iluminación, una serie de informaciones. En relación a ello hay que nombrar primero la dependencia de ciertos cometidos de iluminación. Una iluminación diferenciada de determinadas partes del espacio o áreas funcionales puede requerir el correspondiente emplazamiento diferenciado de luminarias en determinados lugares, así por ejemplo la disposición de Downlights por encima de un grupo de asientos o el emplazamiento de Downlights y bañadores en una moderna central de mando. Una iluminación uniforme va a sugerir del mismo modo la correspondiente distribución de luminarias por todo el espacio.

También pueden darse más datos para la disposición de luminarias por la naturaleza del techo; retículas y módulos existentes, pero también jácenas u otras modelaciones de techo, conforman estructuras que deben ser tenidas en cuenta en la disposición de luminarias.

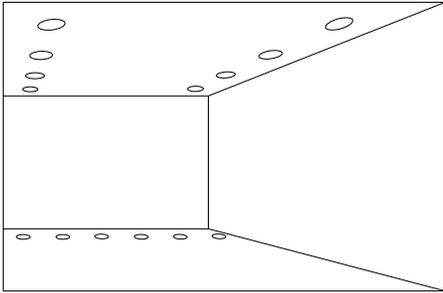
En algunos casos adicionalmente se requiere una colaboración con la técnica climática y acústica para garantizar una conducción de cable libre de colisión y una imagen uniforme del techo.

De todos modos no se debería considerar la disposición de luminarias exclusivamente como un determinado proceso técnico o funcional; a pesar de todas las informaciones obtenidas existe un amplio margen libre para un tratamiento creativo de la disposición de luminarias, que aparte de los aspectos puramente lumotécnicos también considera la estética de la imagen del techo.

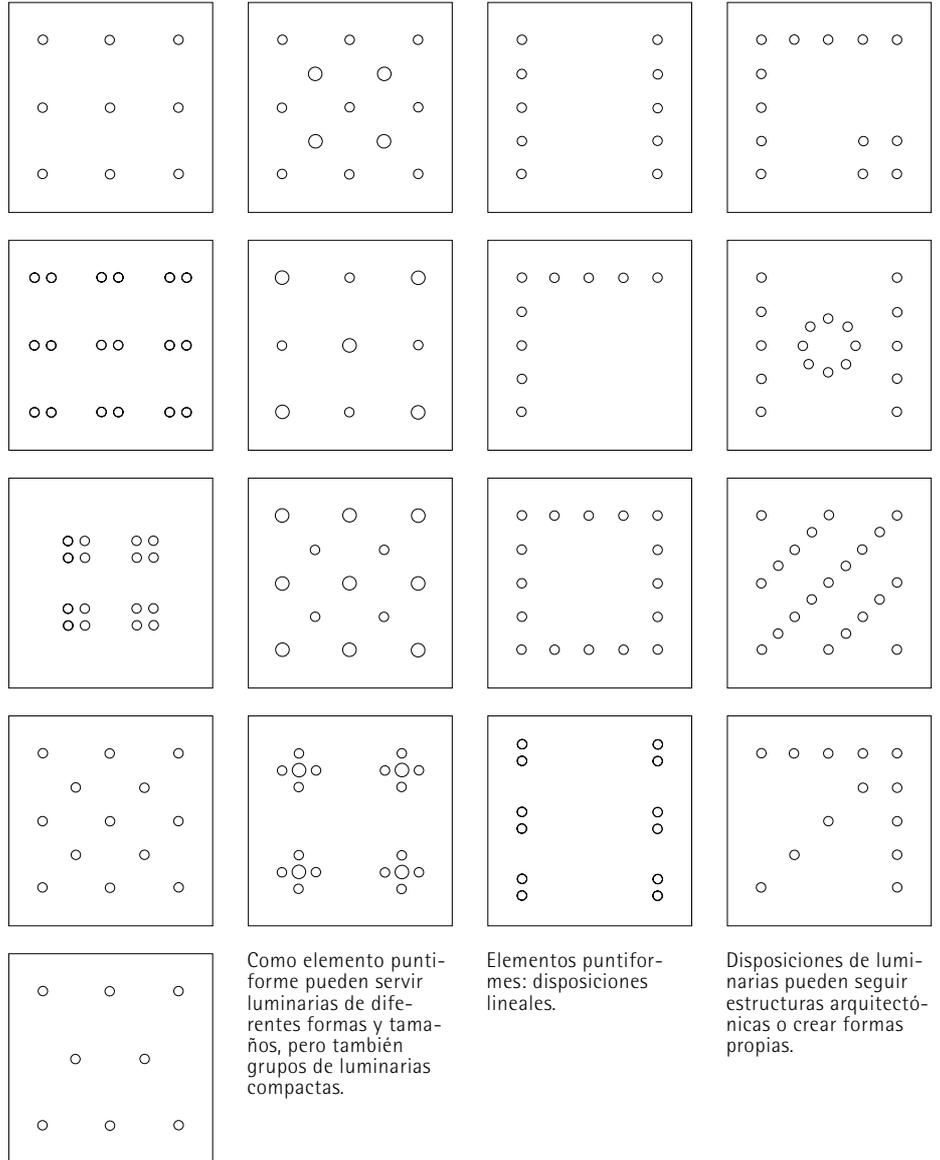
No obstante, en la práctica de la planificación de iluminación de orientación cuantitativa se ha generalizado desarrollar la preferencia por un reticulado de luminarias de techo totalmente uniforme por la exigencia de una iluminación en lo posible homogénea. Pero por la superposición de la distribución de luz también se hace posible una iluminación uniforme en una configuración diferenciada de la disposición de luminarias; una iluminación diferenciada se puede lograr por otra parte también con una distribución homogénea de diferentes luminarias. Por tanto, no existe ninguna conexión directa entre disposición de luminarias y efectos luminosos; en un aprovechamiento completo del espectro de luminarias disponibles se puede conseguir una muestra planificada de efectos luminosos mediante una serie de diferentes disposiciones de luminarias. Este espacio libre puede y debería ser aprovechado para desarrollar imágenes de techos que unen la iluminación funcional con una configuración de disposición de luminarias estéticas y coordinadas con la arquitectura.

La presentación de un amplio lenguaje de formas para la configuración de la disposición de luminarias ni es posible ni tiene sentido; la imagen de techo de una instalación de iluminación en un caso concreto se crea por la acción combinada de cometidos de iluminación, informaciones técnicas, estructuras arquitectónicas, reflexiones configurativas. A pesar de ello se pueden describir una serie de conceptos básicos que muestran inicios generales para la configuración de superficies de techo. En el más amplio sentido debe valer como puntiforme cada luminaria individual, pero también vale cada grupo compacto de luminarias y especialmente aisladas, por lo que la categoría descrita de elementos configurativos no sólo abarca Downlights sino también luminarias más planas, como las de retícula, e incluso agrupaciones de estos elementos sueltos, si su superficie es pequeña frente a la superficie total del techo.

La disposición más sencilla de estos elementos puntiformes consiste en una retícula regular, sea sencilla o alterada. En una retícula uniforme de idénticas luminarias sueltas, no obstante, se llega fácilmente a un efecto monótono del techo, además prácticamente se puede descartar una iluminación más diferenciada. Disposiciones acentuadas se pueden crear a través de la utilización alternada de dife-



Luminarias de techo siguiendo una disposición lineal a lo largo de las paredes laterales del espacio. La pared de fondo también se ilumina por separado a través de una disposición de luminarias empotrables de suelo.

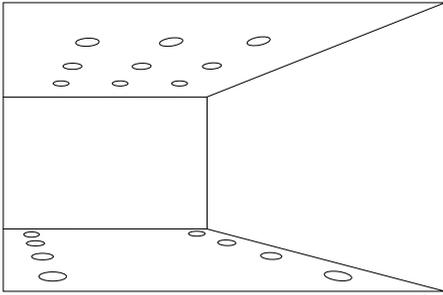


Elementos puntiformes: disposiciones de retícula regulares y alteradas.

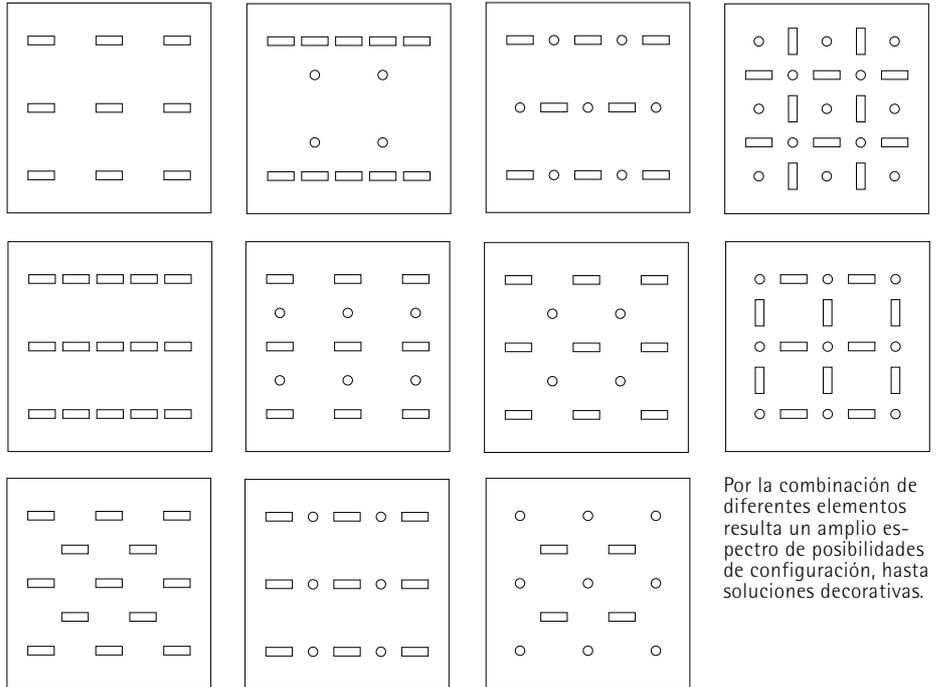
Como elemento puntiforme pueden servir luminarias de diferentes formas y tamaños, pero también grupos de luminarias compactas.

Elementos puntiformes: disposiciones lineales.

Disposiciones de luminarias pueden seguir estructuras arquitectónicas o crear formas propias.



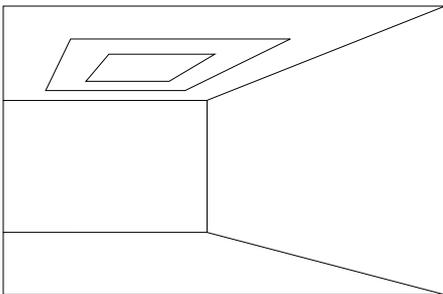
Una disposición regular de luminarias de techo proporciona la iluminación general del espacio. Por separado se acentúan las paredes laterales a través de luminarias empotrables de suelo.



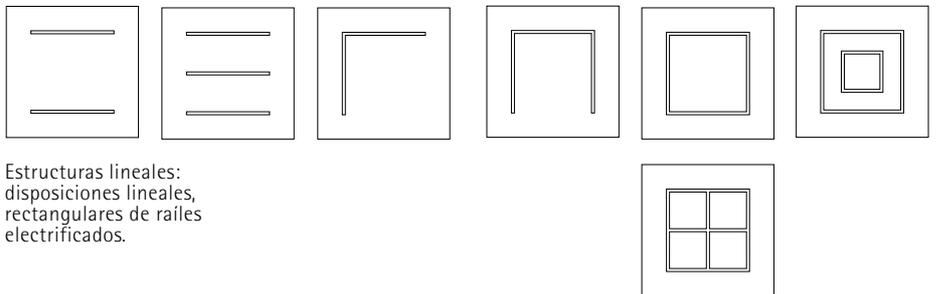
Por la combinación de diferentes elementos resulta un amplio espectro de posibilidades de configuración, hasta soluciones decorativas.

Elementos lineales y puntiformes: disposiciones de retícula regulares y alteradas.

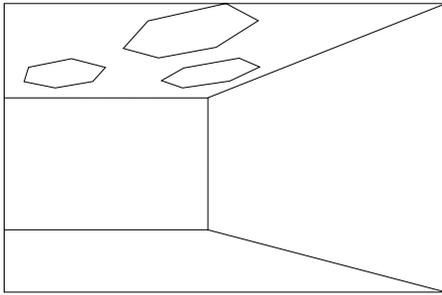
Elementos lineales: disposiciones de retícula regulares y alteradas.



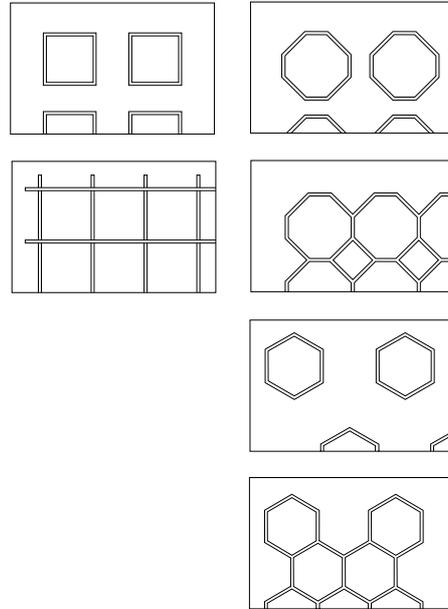
Un rectángulo de railes electrificados sigue la forma del espacio. De este modo se posibilita tanto una iluminación flexible de todas las superficies de pared como la iluminación de objetos en el espacio.



Estructuras lineales: disposiciones lineales, rectangulares de railes electrificados.



Una disposición de varios elementos de estructuras luminosas hexagonales subdivide el techo independientemente de la arquitectura, causando de este modo el efecto de un elemento activo de configuración del espacio.



Instalación de estructuras luminosas en disposiciones de 90°, 135° y 120°; elementos individuales y estructuras reticuladas.

rentes luminarias sueltas, así como por la aplicación de combinaciones de luminarias; en este caso se pueden coordinar tanto luminarias iguales como también de tipos diferentes. Sobre todo por la utilización de distintos tipos de luminarias, sea mediante emplazamientos alternativos o combinados, se puede lograr una determinada influencia de las calidades de luz de un entorno visual. Otro paso hacia formas configurativas más complejas representa la colocación lineal de elementos puntiformes.

A diferencia de la disposición sencilla en retículas, en este caso la configuración del techo se identifica más estrechamente con la arquitectura: ya no sólo se cubre con un reticulado de luminarias, sino que se decora en arreglo al trazado en línea del espacio, sea mediante la adopción de este trazado en línea o a través de la consciente composición de contrastes para este lenguaje de formas. Pero la mayor libertad en la colocación lineal también trae consigo mayores exigencias a la configuración. Como la coordinación de las diferentes luminarias a un trazado lineal no está obligatoriamente indicada por una línea real —que pueden ser situaciones de pared, salientes de techo o jáceñas—, sino que sólo se realiza a través de la percepción de formas, se debería dedicar a las leyes de formas una especial atención a la hora de elaborar el proyecto. Los criterios decisivos en este caso son ante todo la distancia regular y la proximidad de las luminarias.

Mientras las estructuras lineales en la colocación de luminarias puntiformes sólo se creen mediante la percepción de formas, éstas pueden componerse directamente con ayuda de elementos lineales. Como elementos pueden servir las correspondientes luminarias, por ejemplo, luminarias de retícula, pero también vigas de soporte. Tanto líneas como estructuras luminosas y casi todas las disposiciones de railes electrificados u otras estructuras de soporte, por tanto, pertenecen a esta categoría de configuración.

El lenguaje de formas de las disposiciones lineales es, en un principio, idéntico al de las colocaciones de puntos. Pero como las formas creadas en el empleo de elementos lineales realmente existen y no sólo están insinuadas visualmente, también se pueden crear disposiciones más complejas sin el peligro de distorsión por la percepción de formas. La robusta estructuración permite tanto la utilización alternativa de diferentes formas de luminarias, como la colocación de proyectores en estructuras luminosas o de soporte; con ello, por tanto, se posibilita una iluminación diferenciada del espacio, sin que por ello se altere esencialmente el gran formato basado en la estructura debido a las luminarias sueltas.

Pero en la utilización de elementos lineales también se da la posibilidad de reticulaciones, el paso hacia las disposiciones planas, que sobre todo se ofrece en la aplicación de estructuras luminosas y de soporte. El lenguaje de forma de estas re-

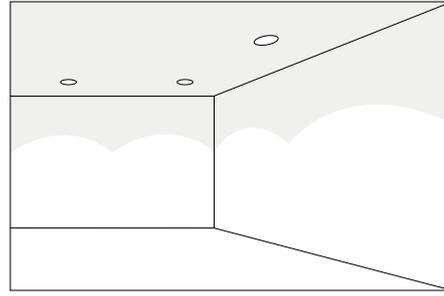
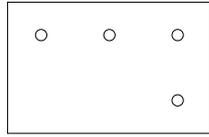
ticulaciones depende más que nada de las piezas de unión disponibles de cada estructura. Las piezas de unión de libre movimiento permiten una configuración especialmente variable; no obstante, son más usuales las piezas de unión con ángulos fijos de 90° y 45°, de 120° y 60°. A cada ángulo corresponde un abanico de posibles formas, desde las rectangulares en ángulos de 90° hasta las disposiciones alveolares en ángulos de 120°. Junto a los conceptos básicos puramente creativos, también se pueden fijar normas generales para algunos aspectos luminotécnicos del emplazamiento de las luminarias; en una disposición regular de las mismas esto tiene sobre todo validez para las distancias entre sí y de la pared de las luminarias.

Para Downlights empotrados en el techo, la distancia de pared debería corresponder aproximadamente a la existente entre los propios Downlights. Para bañadores de pared vale que la distancia de pared sea más o menos una tercera parte de la altura del espacio; la distancia entre bañadores no debería sobrepasar 1,5 veces la distancia de pared.

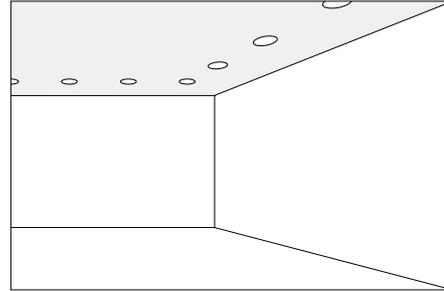
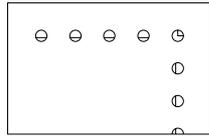
En la iluminación de cuadros o esculturas con ayuda de proyectores, éstos deberían ser emplazados de tal modo que la luz incida por debajo de 30°, el denominado «ángulo de museo»; de esta manera se consigue una máxima iluminación vertical al tiempo que se evita un posible deslumbramiento por reflexión del observador.

### 3.3 Práctica de planificación

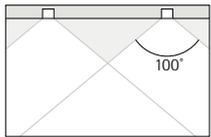
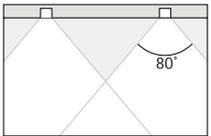
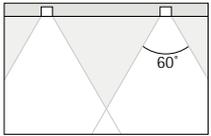
#### 3.3.3 Disposición de luminarias



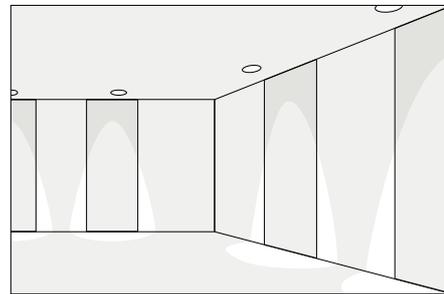
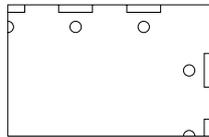
Contando con las distancias entre luminarias, por regla general se montan los Downlights a la mitad de la distancia entre luminarias desde la pared. Las luminarias de esquina deberían montarse sobre la línea de 45° para producir idénticos inicios de conos luminosos en ambas superficies de las paredes iluminadas.



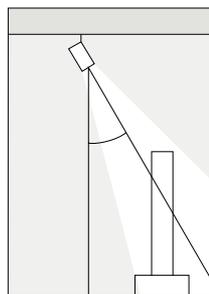
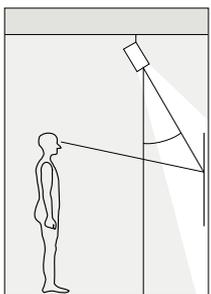
La distancia de bañadores de pared y Downlights-bañadores de pared debería suponer 1/3 de la altura del espacio; la distancia de las luminarias entre sí no debería sobrepasar 1,5 veces la distancia de pared.



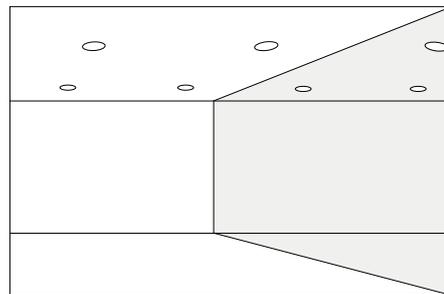
Sobreposición de conos de luz (ángulo de irradiación 60°, 80° y 100°) sobre el nivel de referencia en una relación altura-distancia de 1:1.



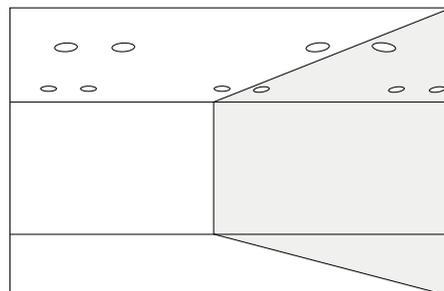
En espacios con dominantes estructuras arquitectónicas, la disposición de las luminarias debería ser adaptada a los elementos arquitectónicos.



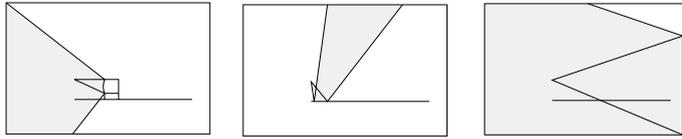
En la iluminación de cuadros y esculturas resulta el ángulo óptimo de incidencia de luz de 30°.



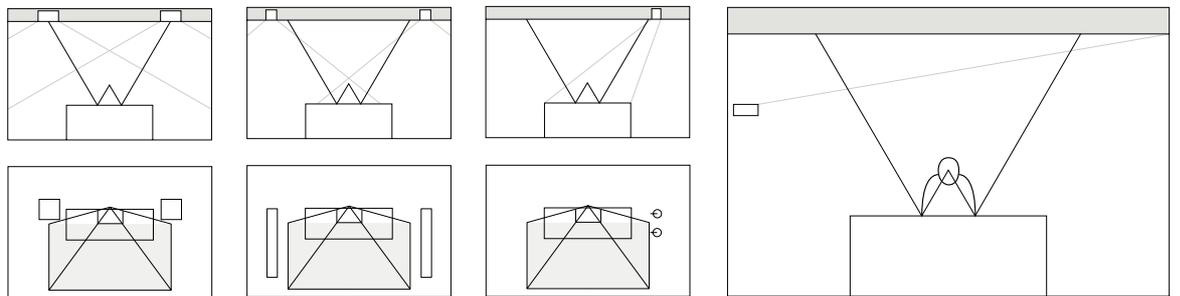
En paredes de espejo se debería elegir la disposición de luminarias de modo que ésta continúe uniformemente en la imagen reflejada.



Áreas críticas (zonas prohibidas) en pantallas (izda.), tareas visuales horizontales (centro) y tareas visuales verticales (dcha.). Las luminancias que inciden sobre la tarea visual desde las zonas antes nombradas producen deslumbramiento por reflexión.

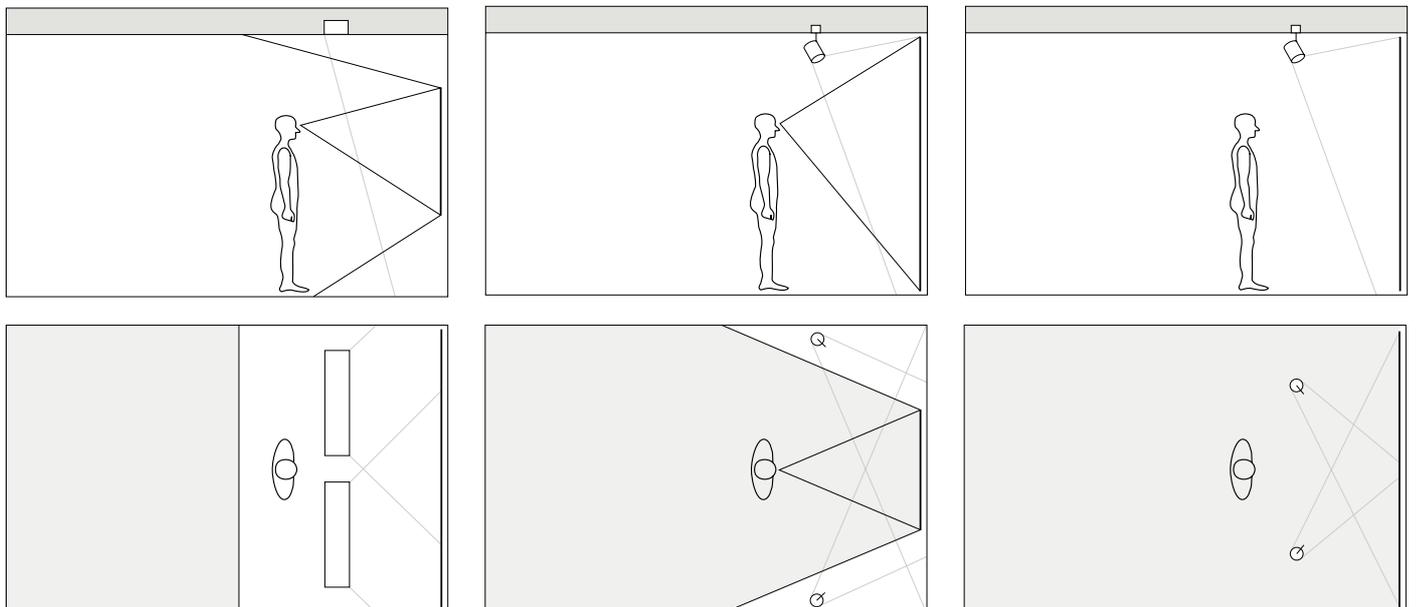
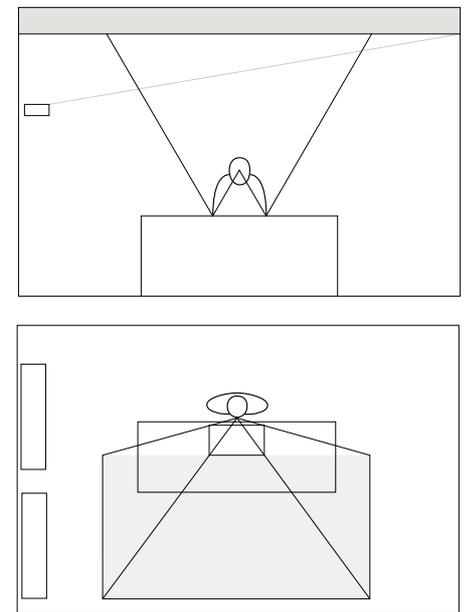


Soluciones de iluminación para tareas visuales horizontales libres de deslumbramiento por reflexión: iluminación directa mediante luminarias desde fuera de la zona prohibida, iluminación indirecta.



Soluciones de iluminación para tareas visuales verticales libres de deslumbramiento por reflexión (de izda. a dcha.): en una superficie reflectante dispuesta en diagonal las luminarias se pueden montar delante de la zona prohibida de techo y a lado de la misma en caso de una

disposición lateral de la superficie reflectante. En caso de una superficie de pared completamente reflectante, las luminarias deben montarse dentro de la zona prohibida; en este caso se deben limitar los conos de luz de tal manera que no se refleja ninguna luz hacia el observador.



### 3.3.4 Conexión y programación de luz

En el caso más sencillo se puede estructurar una instalación de iluminación sobre un solo circuito de carga. Tal instalación no obstante sólo se puede conectar y desconectar, produciendo en consecuencia una sola constelación de iluminación. Pero frecuentemente la iluminación debe responder a cambiantes condiciones, de manera que existe una demanda de posibilidades de control adicionales.

Incluso en un aprovechamiento invariable de espacio y en función del cambio de la luz diurna se dan condiciones de iluminación fundamentalmente cambiadas; durante el día ésta debe competir con la luz solar, la percepción está adicionalmente adaptada a una elevada claridad de las superficies espaciales del entorno, mientras que al atardecer y por la noche se aceptan iluminancias e islas de luz más bajas. Este hecho representa un importante criterio de planificación para numerosas tareas de iluminación; para algunos cometidos, como por ejemplo la iluminación de restaurantes más pretenciosos, puede convertirse en un factor central y requerir la planificación de una instalación de iluminación que haga justicia a ambas condiciones del entorno.

Las cambiantes condiciones de utilización aumentan las exigencias a la variabilidad de una iluminación. La iluminación en salas de conferencias, por ejemplo, debería posibilitar una discusión desde el podio, que se acentúa, pero también se ilumina la sala de espectadores con una claridad comparativa. Además, la instalación de iluminación también debería permitir efectuar reportajes con diapositivas; en este caso el orador queda bajo una luz acentuada, al tiempo que se garantiza la suficiente luz para tomar notas en la sala de espectadores. Si además fueran posibles proyecciones de cine y vídeo, aumentarían correspondientemente las exigencias a la programación de luz.

Por tanto, en muchos casos la creación de una iluminación diferenciada no se puede limitar al desarrollo de un concepto, donde un definido modelo de cometido cumple mediante una muestra de iluminación igualmente fija, como sólo espacialmente diferenciada. Cambiantes condiciones de entorno más bien pueden requerir también la creación de una diferenciación transitoria, es decir, pasar de una situación de iluminación fija a la elección de varias escenas de luz en función de tiempo o situación.

La primera posibilidad para la construcción de una escena de luz es la unión de distintas luminarias de una instalación en grupos de luminarias que se pueden conectar de modo individual por un propio circuito de conexión. En estos grupos se puede tratar tanto de sistemas de iluminación completamente independientes entre sí, que en cada caso se han adaptado a diferentes cometidos de ilumina-

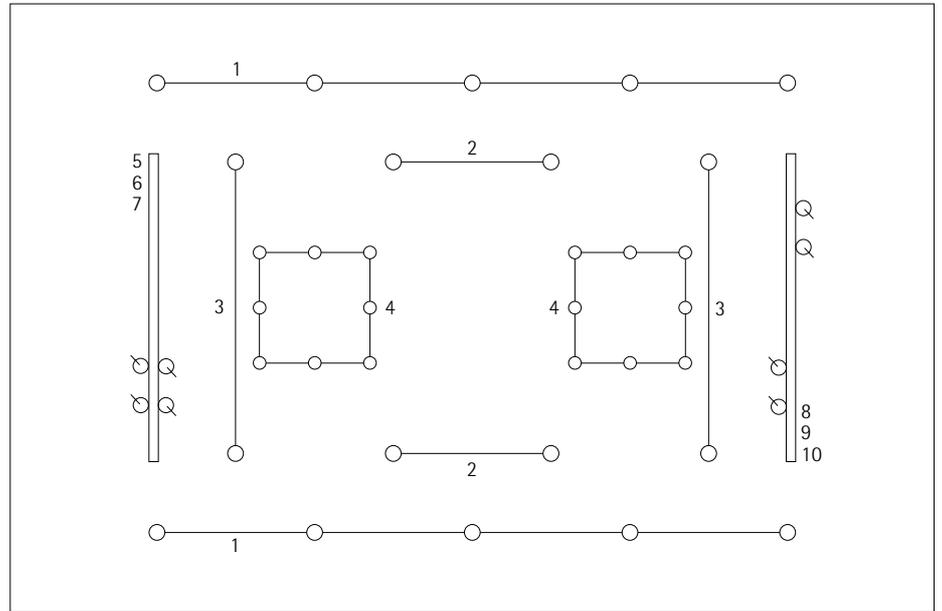
ción, como también de componentes sueltos de una amplia instalación de iluminación, que tanto pueden funcionar de modo individual como en conjunto.

Pero por regla general la definición de una escena de luz no sólo exigirá la simple conexión de grupos de luminarias, sino también la variación de los niveles de la intensidad de luz. Además de la conexión de circuitos de carga separados, se necesitan por lo tanto equipos para la regulación por dimmer de los distintos grupos de luminarias.

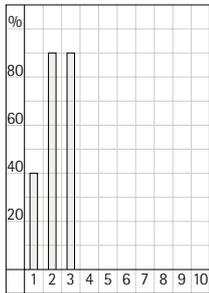
Mediante la indicación de niveles de intensidad luminosa se pueden tratar las exigencias de cada situación de iluminación de modo diferenciado; el abanico de posibles escenas de luz aumenta considerablemente si cantidad y conexión de luminarias quedan invariables. Al mismo tiempo se puede controlar la distribución y la luminosidad exacta de la luz en las distintas áreas del espacio, así como adaptar el nivel total de una escena de luz a las cambiantes condiciones del entorno, por ejemplo, en cuanto a la hora o a la luz diurna. La conexión y la regulación del flujo luminoso de los diferentes grupos de luminarias puede realizarse manualmente, sea mediante interruptor y regulador convencional, sea mediante un mando a distancia infrarrojo, que posibilita la conexión de grupos de luminarias, incluso en caso de una cantidad insuficiente de circuitos de carga en su interior. No obstante, de este modo resulta difícil reproducir definidas escenas de luz o ajustarlas a una velocidad fijada. Si se exige mucho a la programación de luz o se necesita controlar una mayor cantidad de grupos de luminarias, sería conveniente tener una instalación electrónica. Ésta proporciona, mediante pulsación de botón, escenas de luz exactamente definidas, al tiempo que el cambio de la escena de luz se puede programar en el decurso de tiempo. Asimismo, es posible una regulación de la luz en función de la aportación de la luz diurna; adicionalmente y mediante el correspondiente acoplamiento, también es posible controlar otras funciones técnico-domésticas aparte de la iluminación.

Requisitos especiales a la programación de luz resultan por la aplicación de efectos escénicos en la iluminación arquitectónica, donde además del control de la luminosidad también puede ser necesario un cambio del color de luz y el ángulo de irradiación, incluso en la orientación espacial de las luminarias, si se da el caso.

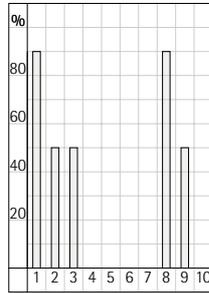
Disposición esquemática de luminarias en un espacio multifuncional con coordinación de las luminarias a los distintos circuitos de conexión de una instalación de luz programada.  
Circuito eléctrico: iluminación de pared(1); iluminación general (2-3); componentes decorativos (4); railes electrificados (5-8).



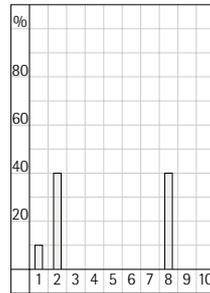
Situaciones de conexión y regulación de los circuitos eléctricos 1-10 en diferentes escenas de luz.



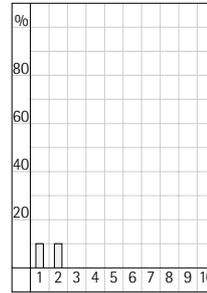
**Conferencia:**  
Iluminación general horizontal alta, iluminación de pared moderada.



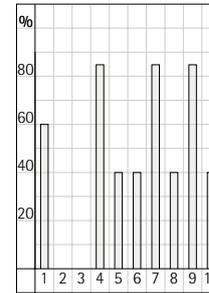
**Discurso:**  
Iluminación general reducida, acentuación de las paredes, acentuación del orador.



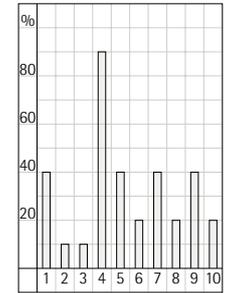
**Pase diapositivas:**  
Iluminación general reducida a posibilidad de tomar notas, iluminación pared mínima, acentuación del orador.



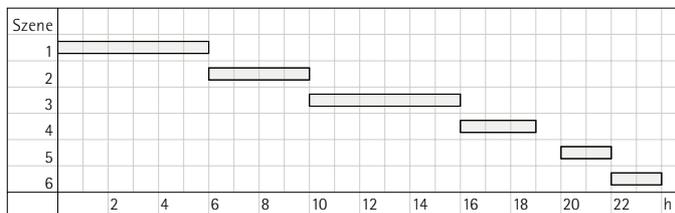
**Proyección de cine y vídeo:**  
Iluminación general mínima.



**Comidas:**  
Iluminación de pared baja, ambiente festivo mediante el componente decorativo 4, acentuación de puntos visuales sobre mesas y aparador mediante proyectores en railes electrificados.



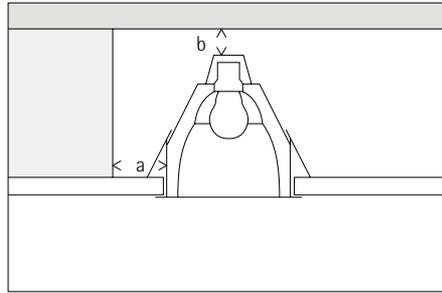
**Recepción:**  
Se destacan las proporciones del espacio mediante iluminación de pared, ambiente festivo a través del componente decorativo 4, acentuación de puntos visuales en el espacio mediante proyectores en railes electrificados.



Programación de escenas de luz en función del tiempo en un foyer de hotel. La transición entre las escenas de luz discurre en tiempos fading hasta 15 minutos.

**Escena 1:**  
Reducida iluminación de noche.  
**Escena 2:**  
Iluminación de mañana.  
**Escena 3:**  
Iluminación complementaria a la luz diurna en función de la misma.

**Escena 4:**  
Iluminación de atardecer destacadamente cálida.  
**Escena 5:**  
Iluminación de noche festiva.  
**Escena 6:**  
Iluminación festiva reducida.

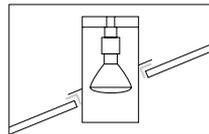
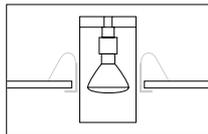
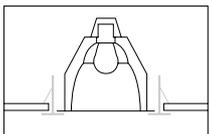
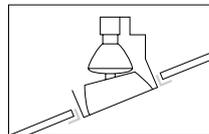
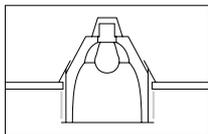
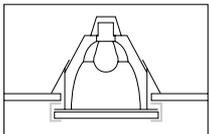
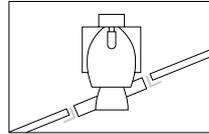
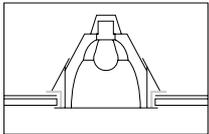


Montaje de luminarias de empotrar según norma europea (EN 60598): la distancia lateral «a» entre luminaria y partes del edificio debe ser como

mínimo de 50-75 mm, la distancia superior «b», como mínimo de 25 mm. En luminarias que llevan el signo  $\nabla$  no es necesaria una distancia hacia arriba.

### 3.3.5 Montaje

Una serie de tipos de luminarias —proyectores, pero también Up-Downlights y estructuras luminosas— están exclusivamente prevista para un montaje adicional, sea para la colocación en raíles electrificados y estructuras estáticas, para la suspensión o para el montaje fijo en pared o techo. En cambio, dentro del amplio surtido de Downlights y luminarias de retícula existen en la mayoría de casos ejecuciones de diferentes construcciones, que permiten diferentes tipos de montaje. En colocaciones de pared o suelo se trata de montajes de superficie o empotrado. En cambio, el montaje en techo ofrece posibilidades más amplias, se puede realizar mediante suspensión de las luminarias, montaje de superficie, semiempotrado y empotrado. Algo parecido también es válido para el área de las estructuras estáticas, que según tipo de construcción son adecuadas exclusivamente para el montaje libre en el espacio o bien adicionalmente para diferentes formas de empotramiento.



Tipos de montaje de luminarias empotrables (de arriba abajo): montaje en techos de revoque con aro de empotramiento, en techos suspendidos con cierre de luminaria y desde arriba con aro de empotramiento.

Semiempotramiento de luminarias empotrables con aro intermedio (arriba), de luminarias de superficie con aro de empotramiento (abajo).

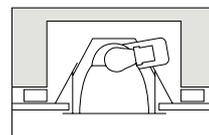
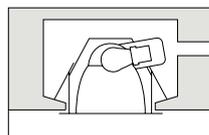
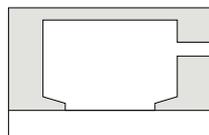
Montaje de luminarias empotrables en techos inclinados: Downlights de doble foco orientable (arriba), proyector orientable (centro) y Downlights con accesorio especial (abajo).

#### 3.3.5.1 Montaje en techo

Se pueden montar luminarias tanto en techos de hormigón como en otros falsos techos; el tipo de empotramiento depende esencialmente del tipo de techo. Para el montaje en techos de hormigón hay que dejar libre el correspondiente hueco para las luminarias durante la construcción del mismo. Un procedimiento es fijar bloques de stiropor en forma del hueco deseado sobre el encofrado de hormigón; una vez terminado el techo se quitan los bloques de manera que quedan los orificios del tamaño adecuado de luminaria.

Otra posibilidad se da con el montaje de cuerpos de empotramiento ya terminados, que también se colocan fijándolos sobre el encofrado, quedando en el techo. En cualquier caso se debe aclarar si la disposición de luminarias planificadas es compatible con la estática, por ejemplo, si determinados lugares de montaje deben excluirse debido a vigas maestras o jácenas ocultas o si se debería adaptar la armadura del techo a la disposición de luminarias.

Techos de hormigón estructurados, como techos cassettes colados, pueden servir como elementos luminotécnicamente efectivos. Esto se puede aprovechar en primer lugar para la creación de partes de iluminación indirectas y libres de deslumbramiento, pero sobre todo de esta manera se logra una acentuación de la estructura del techo. Las luminarias se pueden montar en el cassette e iluminar las paredes laterales del mismo; no obstante, es más usual suspender una luminaria dentro del cassette, que tanto irrada directamente al espacio como produce



Montaje de luminarias empotrables con cuerpo empotrable para techos de hormi-

gón (izda.), con bloque de stiropor y subestructura (dcha.).

una parte de luz indirecta a través de la iluminación del cassette de techo. El montaje de luminarias empotrables en techos suspendidos depende siempre del tipo de techo utilizado.

En techos suspendidos lisos, por ejemplo de placas de cartón enyesado, se pueden situar las luminarias independientemente del reticulado de techo. Las luminarias se sujetan en los correspondientes recortes de techo; si es necesario se deben aplicar suspensiones propias o cerca de la luminaria para soportar el peso de la misma. En caso de revocar el techo se requieren aros empotrables para las luminarias.

Existen techos suspendidos de placas sueltas de numerosos tipos, que tanto se distinguen por los materiales utilizados de las placas y sus medidas de retícula como por sus estructuras de soporte. Pero por el reticulado del techo en cualquier caso se dan estructuras que se deberían tener en cuenta a la hora de situar las luminarias.

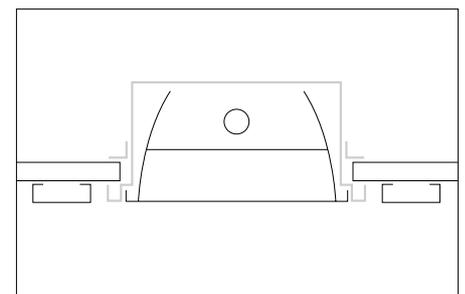
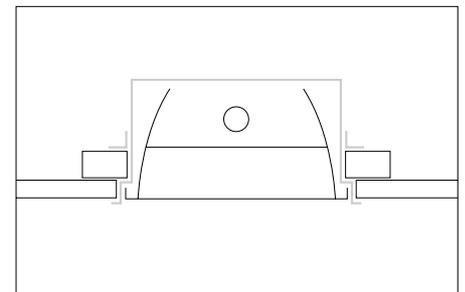
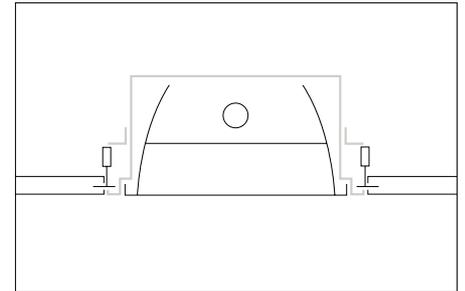
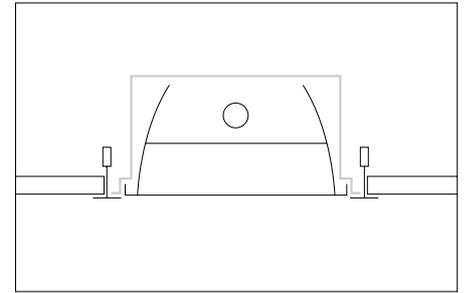
Luminarias más pequeñas, como Downlights, se pueden empotrar en las placas; el montaje se realiza en este caso como en techos lisos. Luminarias más grandes, sobre todo las de retícula, pueden sustituir determinadas placas de techo; para el montaje en diferentes tipos de techo se requieren en cada caso los correspondientes elementos empotrables. Representan una excepción los techos en los que las luminarias no sólo se pueden montar en las placas de techo, sino también en la estructura soporte suficientemente ancha. En techos suspendidos de placas sueltas se pueden necesitar también piezas de suspensión para soportar el peso de las luminarias.

Para techo de paneles y de rejilla de panal existen cassettes con recortes para el montaje de Downlights. Los cassettes se adaptan en sus medidas a los correspondientes módulos, de manera que rellenan un panel de techo o posibilitan el montaje entre techos de paneles estáticos que no permiten cargas.

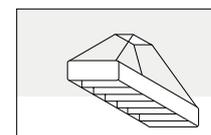
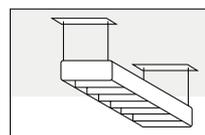
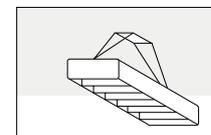
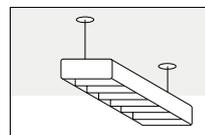
Las luminarias semiempotradas son comparables en su montaje, aunque disminuye la profundidad empotrable. En parte se ofrecen tipos de luminarias que sirven exclusivamente para el semiempotrado, pero mediante elementos de montaje adecuados también se pueden adaptar luminarias empotrables o de superficie para el semiempotrado.

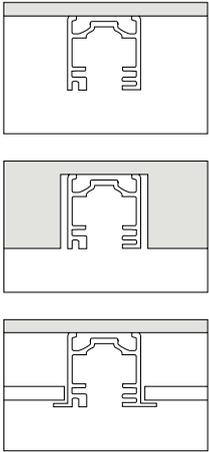
La suspensión de luminarias puede realizarse de distintas maneras. Luminarias con poco peso se suspenden normalmente por el cable de conexión. En luminarias más pesadas se aligera el peso mediante una suspensión por separado. Puede ser una suspensión adicional de cable metálico, pero asimismo es posible una suspensión rígida a través de un tubo pendular, que por regla general también recoge el cable de conexión.

Montaje de luminarias de retícula empotrables en distintos sistemas de techo (de arriba abajo): montaje en techos con perfiles vistos y ocultos, montaje en techos lisos suspendidos y techos de paneles.

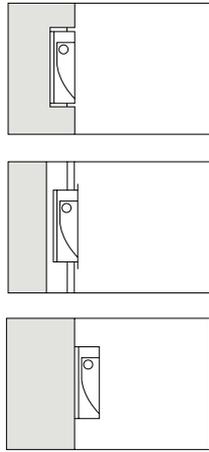


Suspensión de luminarias de retícula: suspensión de dos y de cuatro puntos, suspensión doble y cuádruplo desde un solo elemento de techo.

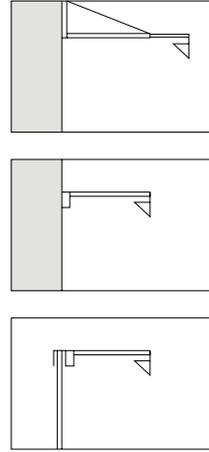




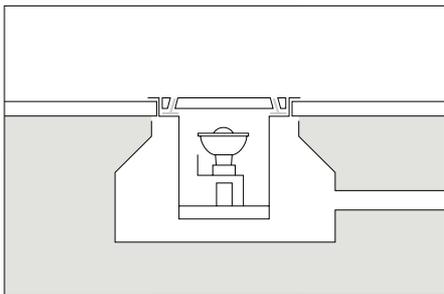
Montaje de raíles electrificados (de arriba abajo): montaje de superficie, empotrado en techos compactos, rail con aleta suspendido con placas de techo.



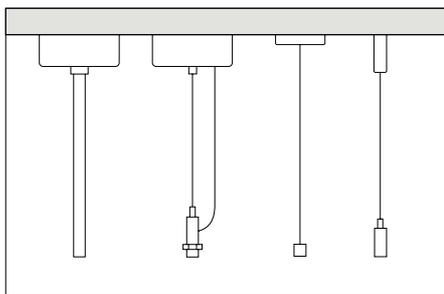
Montaje de luminarias de pared (de arriba abajo): empotrada en pared compacta, empotrada en pared hueca, montaje de superficie.



Luminarias montadas con brazos de pared (de arriba abajo): brazos de pared con variable longitud, brazos con transformador integrado, brazos para pared tabique.



Montaje de luminarias de suelo empotrables: El cuerpo empotrable se instala en el suelo bruto. La propia luminaria se atornilla con el cuerpo y ésta cierra a un nivel con la superficie del suelo.



Suspensión de raíles electrificados y estructuras luminosas (de izda. a dcha.): tubo pendular con florón de techo y posibilidad de alimentación, suspensión de cable metálico con florón de techo y posibilidad de alimentación, suspensión de cable metálico, suspensión de cable metálico con equilibrio longitudinal.

### 3.3.5.2 Montaje en pared y suelo

El montaje de luminarias en la pared puede ser de superficie o empotrable; en caso de ser empotrable, puede realizarse tanto en paredes de hormigón como en huecos. El montaje de luminarias en el suelo sólo puede ser empotrable y se debe tener en cuenta un cierre de luminaria resistente a los golpes y la protección contra humedades.

### 3.3.5.3 Estructuras estáticas

Una serie de estructuras estáticas están previstas principalmente para el montaje suspendido desde el techo, donde la suspensión, igual que en el caso de las luminarias, puede efectuarse mediante cables metálicos o tubos pendulares. En algunos casos también es posible un montaje en la pared mediante brazos u otros accesorios de pared.

Los raíles electrificados ofrecen un abanico más amplio de posibilidades de montaje. También se pueden suspender, pero permiten igualmente un montaje directo sobre techo o pared. En la ejecución correspondiente pueden ser empotrados en techos o paredes e incluso servir como parte de una estructura estática suspendida del techo.

Un caso especial representan las estructuras estáticas muy amplias, que se pueden montar suspendidas y tensadas entre paredes, y se pueden aplicar en versión de pie.

### 3.3.6 Cálculos

En la planificación de instalaciones de iluminación se necesita una serie de cálculos. Por regla general, éstos se refieren en primer lugar al nivel luminoso medio obtenido o a la iluminancia exacta en determinados puntos del espacio. También podría ser significativo averiguar la luminancia de diferentes áreas espaciales, características de calidad de la iluminación como presencia de sombras y reproducción de contrastes o el coste de una instalación de iluminación.

#### 3.3.6.1 Método del factor de utilización

El método del factor de utilización sirve para el dimensionado aproximativo de instalaciones de iluminación; permite la determinación de la cantidad de luminarias que se necesitan para una pretendida iluminancia sobre el nivel útil o la determinación de la iluminancia alcanzable sobre el nivel útil mediante la indicación previa de la cantidad de luminarias a utilizar. Lo que no se hallan son iluminancias exactas en determinados puntos espaciales, de modo que para averiguar la uniformidad de una iluminación, así como para

determinar iluminancias puntuales, se requieren otros procedimientos. El método del factor de utilización consiste en calcular la iluminancia horizontal media para el espacio de un determinado tamaño por el flujo luminoso total de las luminarias instaladas, así como por el rendimiento luminoso y la utilancia. Expresado de un modo general, se describe por tanto la parte del flujo luminoso emitido por las fuentes de luz, que después de la interacción con luminarias y superficies que limitan el espacio dan con el nivel útil. La dimensión decisiva para este cálculo es la utilancia, que se puede derivar por la geometría del espacio, las reflectancias de las superficies que limitan el espacio y de la característica de irradiación de las luminarias utilizadas. Para poder hallar la utilancia exacta en un caso aislado existen tablas que indican la utilancia de un espacio estandarizado en cambiantes geometrías espaciales, cambiantes reflectancias y luminarias con variadas características de irradiación.

Sobre el espacio idealizado y sirviendo de base, se supone que está vacío y proporcionado, siendo por tanto según la sección la dimensión entre longitud y anchura poco más o menos de 1,6 a 1. En cuanto a las luminarias, se supone que están montadas en un reticulado uniforme o directamente en el techo o suspendidas. Estas estandarizaciones tienen una influencia decisiva sobre la exactitud de los cálculos en la aplicación. Si las condiciones de la planificación concreta coinciden considerablemente con las informaciones sobre el espacio modelo, se obtienen resultados exactos. Cuanto más se desvíen las condiciones concretas de estas informaciones, por ejemplo, por una disposición claramente asimétrica de luminarias, se debe suponer que en el cálculo haya el correspondiente aumento de errores.

En la aplicación del procedimiento de rendimiento se averigua en primer lugar la tabla de utilancia correspondiente a la luminaria utilizada en cada caso. Para ello se puede utilizar la tabla estándar correspondiente a la clasificación de la luminaria. La clasificación de la luminaria según DIN 5040 y LiTG abarca en cada caso una letra y dos cifras, por las cuales se pueden comprobar una serie de propiedades de la luminaria. La letra indicadora especifica la categoría de luminaria, define si el flujo luminoso de la misma incide más en la mitad superior o inferior del espacio, es decir, emite principalmente sus rayos de modo directo o indirecto. La primera cifra indicadora especifica la parte de flujo luminoso que incide en la mitad inferior del espacio directamente sobre el nivel útil; la segunda cifra indica el valor correspondiente a la mitad superior del espacio. Pero a menudo no es necesario buscar la tabla estándar correspondiente a través de la característica de la luminaria, debido a que el fabricante de luminarias la facilita.

$$E_N = V \cdot \frac{n \cdot \Phi \cdot \eta_R \cdot \eta_{LB}}{a \cdot b}$$

$$n = \frac{1}{V} \cdot \frac{E_N \cdot a \cdot b}{\Phi \cdot \eta_R \cdot \eta_{LB}}$$

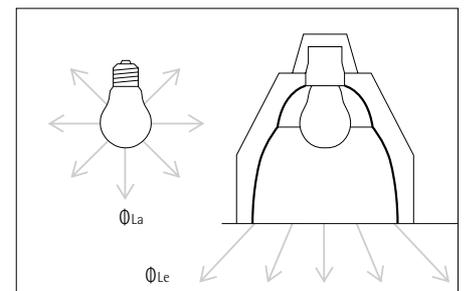
$$\eta_{LB} = \frac{\Phi_{Le}}{\Phi_{La}}$$

Rendimiento luminoso  $\eta_{LB}$ : relación entre el flujo luminoso  $\Phi_{Le}$  que emana de una luminaria bajo condiciones de servicio y el flujo luminoso de la lámpara utilizada  $\Phi_{La}$ .

Típicos rendimientos luminosos  $\eta_{LB}$  para luminarias de irradiación directa y con diferentes ángulos de apantallamiento en distintos tipos de luminarias.

Método del factor de utilización: fórmulas para el cálculo de la iluminancia nominal  $E_N$  sabiendo la cantidad de luminarias o la cantidad  $n$  de luminarias en función de la iluminancia.

$E_N$ (lux)	Iluminancia nominal
$n$	Cantidad de luminarias
$a$ (m)	Longitud del espacio
$b$ (m)	Anchura del espacio
$\Phi$ (lm)	Flujo luminoso por luminaria
$\eta_R$	Utilancia
$\eta_{LB}$	Rendimiento luminoso luminaria
$V$	Factor de mantenimiento



Luminaria	Tipo de lámpara	$\eta_{LB}$
Luminaria retícula 30°	T26	0,65–0,75
Luminaria retícula 40°	T26	0,55–0,65
Luminaria retícula, cuadrada	TC	0,50–0,70
Downlight 30°	TC	0,60–0,70
Downlight 40°	TC	0,50–0,60
Downlight 30°	A/QT	0,70–0,75
Downlight 40°	A/QT	0,60–0,70

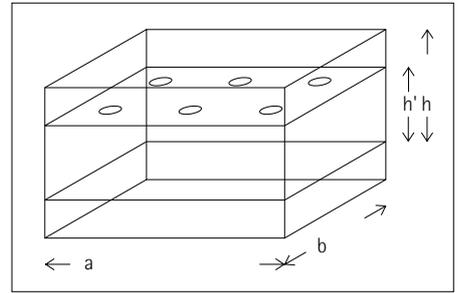
### 3.3 Práctica de planificación

#### 3.3.6 Cálculos

$$k = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}$$

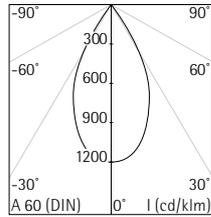
$$k = 1,5 \cdot \frac{a \cdot b}{h'(a+b)}$$

El índice de local k describe la influencia de la geometría espacial sobre la utilancia.



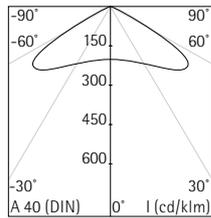
Utilancias  $\eta_R$  para típicas luminarias en espacios interiores:

Luminarias de baja radiación (A 60, DIN 5040).



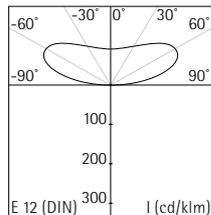
$\eta_R$	$\varphi_D$	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,20	0,00
	$\varphi_W$	0,70	0,50	0,50	0,20	0,20	0,50	0,20	0,20	0,00
	$\varphi_B$	0,50	0,20	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
k										
0,60		1,04	0,86	0,84	0,81	0,80	0,84	0,80	0,80	0,78
1,00		1,17	0,95	0,92	0,90	0,88	0,91	0,88	0,87	0,85
1,25		1,26	1,06	0,98	0,98	0,95	0,97	0,95	0,94	0,92
1,50		1,30	1,04	1,00	1,00	0,97	0,99	0,97	0,96	0,94
2,00		1,35	1,07	1,02	1,04	1,00	1,01	0,99	0,98	0,97
2,50		1,38	1,09	1,03	1,06	1,02	1,02	1,01	0,99	0,97
3,00		1,41	1,11	1,05	1,08	1,03	1,03	1,02	1,00	0,99
4,00		1,43	1,11	1,05	1,09	1,03	1,03	1,02	1,00	0,98

Luminarias de baja radiación horizontal (A 40, DIN 5040).



$\eta_R$	$\varphi_D$	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,20	0,00
	$\varphi_W$	0,70	0,50	0,50	0,20	0,20	0,50	0,20	0,20	0,00
	$\varphi_B$	0,50	0,20	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
k										
0,60		0,63	0,43	0,42	0,31	0,31	0,41	0,31	0,30	0,26
1,00		0,87	0,63	0,61	0,51	0,50	0,59	0,49	0,49	0,44
1,25		0,99	0,73	0,70	0,62	0,61	0,68	0,60	0,59	0,55
1,50		1,06	0,79	0,76	0,69	0,67	0,74	0,66	0,65	0,61
2,00		1,17	0,88	0,83	0,79	0,76	0,81	0,75	0,73	0,70
2,50		1,23	0,93	0,89	0,86	0,82	0,86	0,81	0,79	0,76
3,00		1,29	0,98	0,92	0,91	0,87	0,90	0,86	0,84	0,81
4,00		1,34	1,02	0,96	0,96	0,91	0,94	0,90	0,88	0,85

Luminarias de radiación indirecta (E 12 DIN 5040).



$\eta_R$	$\varphi_D$	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,20	0,00
	$\varphi_W$	0,70	0,50	0,50	0,20	0,20	0,50	0,20	0,20	0,00
	$\varphi_B$	0,50	0,20	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
k'										
0,60		0,27	0,14	0,14	0,07	0,07	0,11	0,05	0,03	0
1,00		0,43	0,25	0,25	0,15	0,15	0,19	0,11	0,05	0
1,25		0,50	0,31	0,30	0,20	0,20	0,23	0,14	0,07	0
1,50		0,56	0,36	0,35	0,25	0,24	0,26	0,18	0,08	0
2,00		0,65	0,43	0,42	0,32	0,31	0,30	0,22	0,10	0
2,50		0,71	0,49	0,47	0,38	0,37	0,34	0,26	0,11	0
3,00		0,76	0,53	0,51	0,43	0,41	0,36	0,29	0,12	0
4,00		0,82	0,58	0,55	0,49	0,47	0,40	0,34	0,14	0

La utilancia correcta se halla mediante el correspondiente índice de local k (k') y la combinación de reflectancia de techo ( $\varphi_D$ ), paredes ( $\varphi_W$ ) y suelo ( $\varphi_B$ ).

V	Factor de mantenimiento.
0,8	Ensuciamiento normal.
0,7	Ensuciamiento elevado.
0,6	Ensuciamiento fuerte.

Factor de mantenimiento V en función del grado de ensuciamiento del espacio.

Después de hallar la tabla correspondiente se determina el índice de local  $k$  por la geometría espacial. Dentro de la tabla se puede ahora encontrar en la columna del correspondiente índice de local y la línea de la justa combinación de reflectancia la utilancia buscada o, si se da el caso, averiguarlo por interpolación. La iluminancia horizontal media resulta por tanto del flujo luminoso total de todas las lámparas instaladas por superficie del local, corregidos por el rendimiento óptico —que es indicado por el fabricante de las luminarias—, por la utilancia hallada y un factor de mantenimiento  $V$ , que considera el envejecimiento de la instalación de iluminación y casi siempre se aplica con 0,8. En caso de que una instalación de iluminación abarque varios tipos de luminarias de diferentes características, por ejemplo una iluminación horizontal mediante luminarias de retícula y una componente de radiación concentrada con Downlights para lámparas incandescentes, se puede calcular por separado la iluminancia para cada componente y sumarlo a continuación.

Para el procedimiento de rendimiento existen programas por ordenador, que en el cálculo de la iluminancia además se ocupan de hallar la tabla correspondiente y si se da el caso también la costosa interpolación entre las diferentes tablas o valores de las mismas.

### 3.3.6.2 Proyectar según la potencia de conexión específica

Otro procedimiento derivado del método del factor de utilización para el cálculo aproximado de la planificación de iluminación se basa en la potencia de conexión específica. Lo que se averigua aquí, disponiendo de la información sobre luminaria y fuente de luz, es la potencia de conexión necesaria para una iluminancia media deseada o la iluminancia media que se obtiene teniendo la correspondiente información sobre potencia de conexión y fuente de luz.

Elaborar un proyecto para instalaciones de iluminación según la potencia de conexión específica se basa en que cada fuente de luz dispone de una eficacia luminosa específica, que poco más o menos es independiente del consumo. En la utilización del procedimiento del factor de utilización, por tanto, se puede aplicar la potencia de conexión corregida por la correspondiente eficacia luminosa en vez del flujo luminoso total.

Para una combinación dada de luminaria y lámpara se puede hallar sobre esta base la potencia de conexión necesaria por  $m^2$ , para poder alcanzar una iluminancia media de 100 lux en un espacio estándar en cuanto a la geometría espacial y las reflectancias. Como los valores así hallados sólo son exactos para el espacio estándar indicado, se debe incluir en

$$n = \frac{1}{f} \cdot \frac{P^* \cdot E_N \cdot a \cdot b}{100 \cdot P_L}$$

$$E_N = f \cdot \frac{100 \cdot n \cdot P_L}{P^* \cdot a \cdot b}$$

Cálculo de iluminación con ayuda de la potencia específica de conexión de lámparas ( $P^*$ ). Fórmulas para calcular la iluminancia nominal  $E_N$  sabiendo la cantidad de luminarias o la cantidad de luminarias  $n$  sabiendo la iluminancia.

$E_N$ (lux)	Iluminación nominal.
$n$	Cantidad de luminarias.
$P_L$ (W)	Potencia conexión de una luminaria incluido equipo de estabilización.
$P^*$ (W/m <sup>2</sup> · 100 lux)	Potencia conexión específica.
$f$	Factor de corrección.
$a$ (m)	Longitud local.
$b$ (m)	Anchura local.

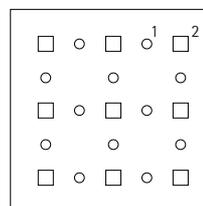
Lámpara	$P^*$ (W/m <sup>2</sup> · 100 lux)
A	12
QT	10
T	3
TC	4
HME	5
HIT	4

Valores de referencia sobre la potencia de conexión específica  $P^*$  para diferentes tipos de lámparas en luminarias de radiación directa.

$f$	$A$ (m <sup>2</sup> )	$h$ (m)	$\varrho_D$	$\varrho_W$	$\varrho_B$
			0,70	0,50	0,00
			0,50	0,20	0,00
			0,20	0,10	0,00
	20	≤ 3	0,75	0,65	0,60
	50		0,90	0,80	0,75
	≥ 100		1,00	0,90	0,85
	20	3-5	0,55	0,45	0,40
	50		0,75	0,65	0,60
	≥ 100		0,90	0,80	0,75
	50	≥ 5	0,55	0,45	0,40
	≥ 100		0,75	0,60	0,60

El factor de corrección  $f$  considera la influencia de geometría espacial y reflectancia sobre la iluminancia o cantidad de luminarias. El valor correcto se ha-

lla mediante la base inferior  $A$ , la altura del local  $h$  y las correspondientes reflectancias de techo ( $\varrho_D$ ), paredes ( $\varrho_W$ ) y suelo ( $\varrho_B$ ).



Datos del local

Largo  $a = 10$  m  
Ancho  $b = 10$  m  
Alto  $h = 3$  m  
 $\varrho = 0,5/0,2/0,1$   
 $f = 0,9$

Ejemplo de un cálculo aproximado de iluminancia para un espacio con una combinación de dos tipos de luminarias diferentes.

Tipo luminaria 1 (A)

$$n = 12$$

$$P_L = 100 \text{ W}$$

$$P^* = 12 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot 100 \text{ lux}}$$

Tipo luminaria 2 (TC)

$$n = 9$$

$$P_L = 46 \text{ W}$$

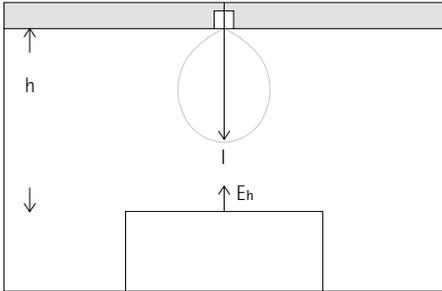
$$(2 \cdot 18 \text{ W} + \text{VG})$$

$$P^* = 4 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot 100 \text{ lux}}$$

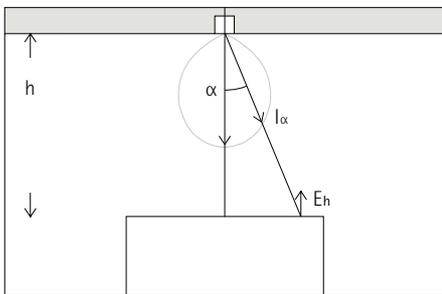
$E_{N1} = 90 \text{ lux}$   
 $E_{N2} = 93,2 \text{ lux}$   
 $E_{ges} = 183,2 \text{ lux}$

Cálculo de iluminancias puntuales. Relación por medio de fórmula entre la iluminancia E en un punto del espacio y la intensidad luminosa I de una luminaria suelta (de arriba

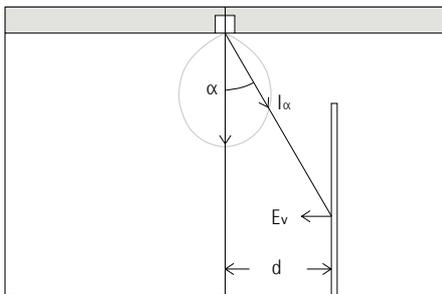
abajo): iluminancia horizontal E<sub>h</sub> verticalmente debajo de una luminaria, iluminancia horizontal E<sub>h</sub> bajo un ángulo α a la luminaria, iluminancia vertical E<sub>v</sub> bajo un ángulo α a la luminaria.



$$E_h = \frac{I}{h^2}$$

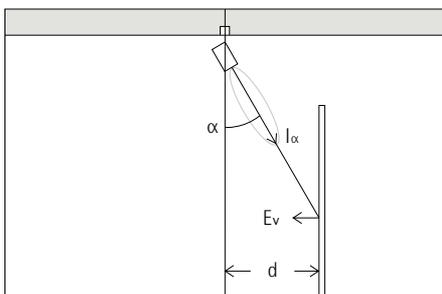


$$E_h = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha$$



$$E_v = \frac{I_\alpha}{d^2} \cdot \cos^3 (90 - \alpha)$$

- [E] = lux
- [I] = cd
- [h] = m
- [d] = m



Fórmula para el cálculo aproximado de la componente indirecta de la iluminancia (E<sub>ind</sub>) del flujo luminoso total de todas las luminarias Φ<sub>Le</sub> instaladas en el espacio, de la reflectancia media ϕ<sub>M</sub> y de la suma de todas las superficies limitadoras del local.

$$E_{ind} = \frac{\Phi_{Le}}{A_{ges}} \cdot \frac{\phi_M}{1 - \phi_M}$$

los cálculos un factor de corrección para condiciones variantes.

Como subproducto de este método de cálculo, teniendo utilancia y rendimiento óptico estandarizado, se obtiene para cada tipo de lámpara un valor característico de la potencia de conexión específica. De esta manera se puede conseguir, con lámparas incandescentes convencionales y una conexión de 1500 W un flujo luminoso de aproximadamente 20000 lm, poco más o menos independientemente de si se emplean diez lámparas de 150 W, quince de 100 W o veinte de 75 W. La potencia de conexión específica de lámparas se puede aprovechar para cálculos aproximados de planificación de iluminación y sobre todo para la rápida comparación de diferentes fuentes de luz.

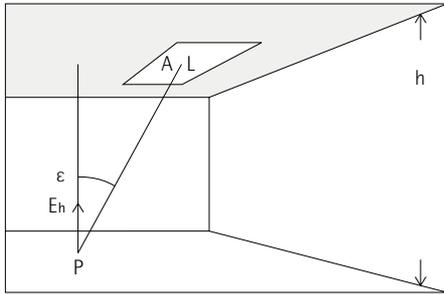
### 3.3.6.3 Iluminancias puntuales

A diferencia del método del factor de utilización, donde sólo se pueden hallar iluminancias medias para todo el espacio, con ayuda de la ley fotométrica de distancia también se puede calcular la iluminancia en diferentes puntos del espacio. Los resultados son muy exactos, posibles errores resultan únicamente por la suposición idealizada de fuentes de luz puntuales. En el cálculo no se tienen en cuenta las partes de iluminación indirectas, pero pueden incluirse mediante un cálculo adicional. El cálculo de iluminancias puntuales se puede realizar tanto para la iluminación de una sola luminaria como para la situación de iluminación, donde hay que tener en cuenta las partes de la misma de varias luminarias. El cálculo manual de iluminancias puntuales juega sobre todo un papel en la planificación de iluminación para áreas de límites estrechas e iluminadas por luminarias sueltas; en cálculos para numerosos puntos espaciales y una considerada cantidad de luminarias, en cambio, resulta un esfuerzo de cálculo imposible de defender. En el cálculo de iluminancias para todo un espacio completo se aplican por tanto principalmente programas de ordenador. Por eso la función básica de los programas consiste en el cálculo de iluminancias para todas las superficies de limitación espacial, niveles útiles o zonas espaciales libremente definidas, donde las partes de iluminación indirecta ya están incluidas en dichos cálculos. Por estos datos básicos se pueden derivar otros valores como la luminancia de las zonas iluminadas, la presencia de sombras o los factores de reproducción de contrastes en determinados puntos del espacio.

Típico para tales programas, no obstante, son las amplias posibilidades para la representación gráfica de los resultados, que llegan desde los diagramas isolux e isoluminancia para superficies sueltas de limitación en espacios o zonas, hasta las formas de representación tridimensional de la iluminación en un espacio.

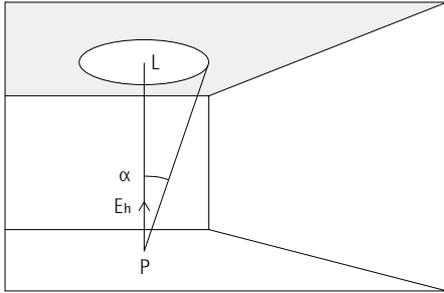
$$E_h = \frac{L \cdot A}{h^2} \cdot \cos^4 \varepsilon$$

- [E] = lux
- [l] = cd/m<sup>2</sup>
- [h] = m
- [A] = m<sup>2</sup>



Iluminancia horizontal  $E_h$  en el punto P, producido por una superficie luminosa A de luminancia L bajo el ángulo  $\varepsilon$ .

$$E_h = \pi \cdot L \cdot \sin^2 \alpha$$

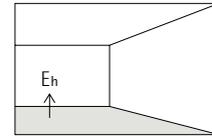


Iluminancia horizontal  $E_h$  en el punto P, producido por una superficie luminosa circular con una luminancia L, donde la superficie se extiende bajo el ángulo  $2\alpha$ .

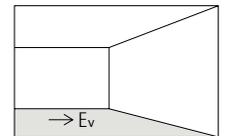
Cálculo de iluminancias a partir de la luminancia de fuentes de luz difusa.

$$E_h = \pi \cdot L$$

$$E_v = \frac{\pi}{2} \cdot L$$



Iluminancia horizontal  $E_h$ , producido por una luminancia L de medio espacio.



Iluminancia vertical  $E_v$  producido por una iluminancia L de medio espacio.

### 3.3.6.4 Gastos de iluminación

En los gastos de una instalación de iluminación se hace la distinción entre gastos fijos y variables. Los gastos fijos son independientes del tiempo de servicio de la instalación, abarcan los gastos anuales para las luminarias, su instalación y su limpieza. Los gastos variables, en cambio, dependen del tiempo de servicio, abarcan los gastos de energía, así como los de material y de personal para el cambio de las lámparas. A partir de estos valores se pueden calcular diferentes características de una instalación de iluminación.

De especial interés son los gastos anuales que se producen en una instalación de iluminación. Pero a menudo también resulta conveniente efectuar en la planificación una comparación económica de diferentes tipos de lámparas, que igualmente se pueden calcular como gastos anuales, pero también como gastos para la creación de una determinada cantidad de luz.

Tanto en instalaciones nuevas como sobre todo también en el saneamiento de instalaciones de iluminación es importante el cálculo del tiempo Pay-Back, es decir, el período en el cual los gastos de servicio economizados equilibran los gastos de inversión de la nueva instalación.

Fórmula para calcular los gastos de una instalación de iluminación K desde los gastos fijos  $K'$  y los gastos de servicio anuales  $K''$ .

$$K = K' + K''$$

$$K' = n (p \cdot K_1 + R)$$

$$K'' = n \cdot t_B \left( a \cdot P + \frac{K_2}{t_{La}} \right)$$

$$K = n \left[ p \cdot K_1 + R + t_B \left( a \cdot P + \frac{K_2}{t_{La}} \right) \right]$$

Fórmula para calcular el tiempo Pay-Back t de una instalación nueva.

$$t = \frac{K_1 (\text{nueva})}{K'' (\text{antigua}) - K'' (\text{nueva})}$$

Tiempo Pay-Back t en comparación de dos instalaciones nuevas, donde la instalación B muestra unos gastos de inversión más altos y al mismo tiempo menores gastos de servicio.

$$t = \frac{K_1 (B) - K_1 (A)}{K'' (A) - K'' (B)}$$

a (Pta./kWh)	Gastos de energía.
K (Pta./a)	Gastos anuales de una instalación de iluminación.
$K'$ (Pta./a)	Gastos fijos anuales.
$K''$ (Pta./a)	Gastos de servicio anuales.
$K_1$ (Pta.)	Gastos por luminaria incl. montaje.
$K_2$ (Pta.)	Gastos por lámpara incl. cambio de la misma.
$K_i$ (Pta.)	Gastos de inversión ( $n \cdot K_i$ ).

n	Cantidad de luminarias.
p (1/a)	Servicio de capitales p. la instalación (0,1-0,15).
P (kW)	Potencia por luminaria.
R (Pta./a)	Gastos anuales de limpieza por luminaria.
t (a)	Tiempo Pay-Back.
$t_B$ (h)	Tiempo de utilización anual.
$t_{La}$ (h)	Duración de vida de una lámpara.

### 3.3.7 Simulación y presentación

Las representaciones visuales de las instalaciones de iluminación y sus efectos luminosos en la arquitectura desempeñan un papel importante a la hora de elaborar un proyecto de iluminación. El espectro de las formas de presentación abarca desde proyectos de techo de orientación técnica e ilustraciones gráficas de variada complejidad hasta presentaciones del espacio calculados por ordenador y modelos tridimensionales de arquitectura o instalación de iluminación.

En primer lugar el objetivo de esas demostraciones es la ilustración de informaciones conocidas, sea a través de las características técnicas de la instalación de iluminación, de su configuración espacial o de sus efectos luminosos en el entorno iluminado. Presentaciones apoyadas por ordenador y modelos se pueden utilizar además para simular las acciones luminosas de tales instalaciones ya proyectadas y de este modo ganar nuevas informaciones.

Una forma inicial para la demostración de instalaciones de iluminación representan los dibujos o planos técnicos y diagramas. Destaca en primer lugar el plano reflejado del techo, que proporciona informaciones exactas sobre tipo y disposición de las luminarias aplicadas. Este plano puede completarse con la anotación de valores de iluminancia o diagramas-isolux y la ilustración adicional en perspectiva del local, con cuya ayuda la disposición de la instalación de iluminación se hace más visible. Para el lumino-técnico es posible sacar de estas presentaciones, además de la información técnica, una idea realista sobre los efectos luminosos conseguidos.

Para la mediación de un concepto de luz, en cambio, son adecuadas las presentaciones que transmiten tanto la arquitectura como los efectos luminosos conseguidos. Las elaboraciones de dibujo abarcan desde el croquis sencillo hasta los procedimientos detallados y costosos, donde —aumentando costos— se pueden representar tanto el entorno iluminado como sobre todo los efectos de luz cada vez más diferenciados.

A excepción de dibujos que se basan en instalaciones o simulaciones ya realizadas, incluso para costosas formas de presentación es válido que los efectos de luz producidos siempre representen esquematizaciones y no alcancen la complejidad de los verdaderos efectos de luz. Pero esto necesariamente no significa una desventaja; justamente por la aclaración de un concepto completo es posible que un croquis conscientemente más simple pueda representar los efectos de luz producidos de un modo más sencillo de entender que por ejemplo una presentación supuestamente fiel a la realidad con escala de luminancias artificialmente graduadas. Además, el dibujo

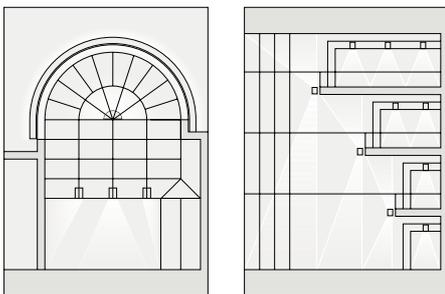
representa en la mayoría de los casos un método de presentación económica y en caso de un costo limitado de dibujo, adicionalmente también un método rápido y flexible.

En el caso más sencillo se puede aludir gráficamente a los efectos de luz mediante conos luminosos, que tanto se pueden trazar en forma de contornos como de superficies de color o en valores grises diferenciándose del fondo. Si se han de presentar niveles de luminancias adicionales, éstos se pueden conseguir mediante la aplicación de tramas, procedimientos por técnica de inyección o dibujos libres hechos a lápiz o tiza. En caso de necesitar otro perímetro de contraste más amplio del dibujo para poder representar una escala de luminancia correspondientemente más grande, esto ante todo es posible mediante dibujos subidos de blanco. Un procedimiento diferenciado consiste en la utilización de transparencias. En este caso, el collage de folios de diferente transmisión permite disponer de una escala de luminancias extremadamente amplia desde el puro negro hasta la luminancia de la fuente de luz utilizada.

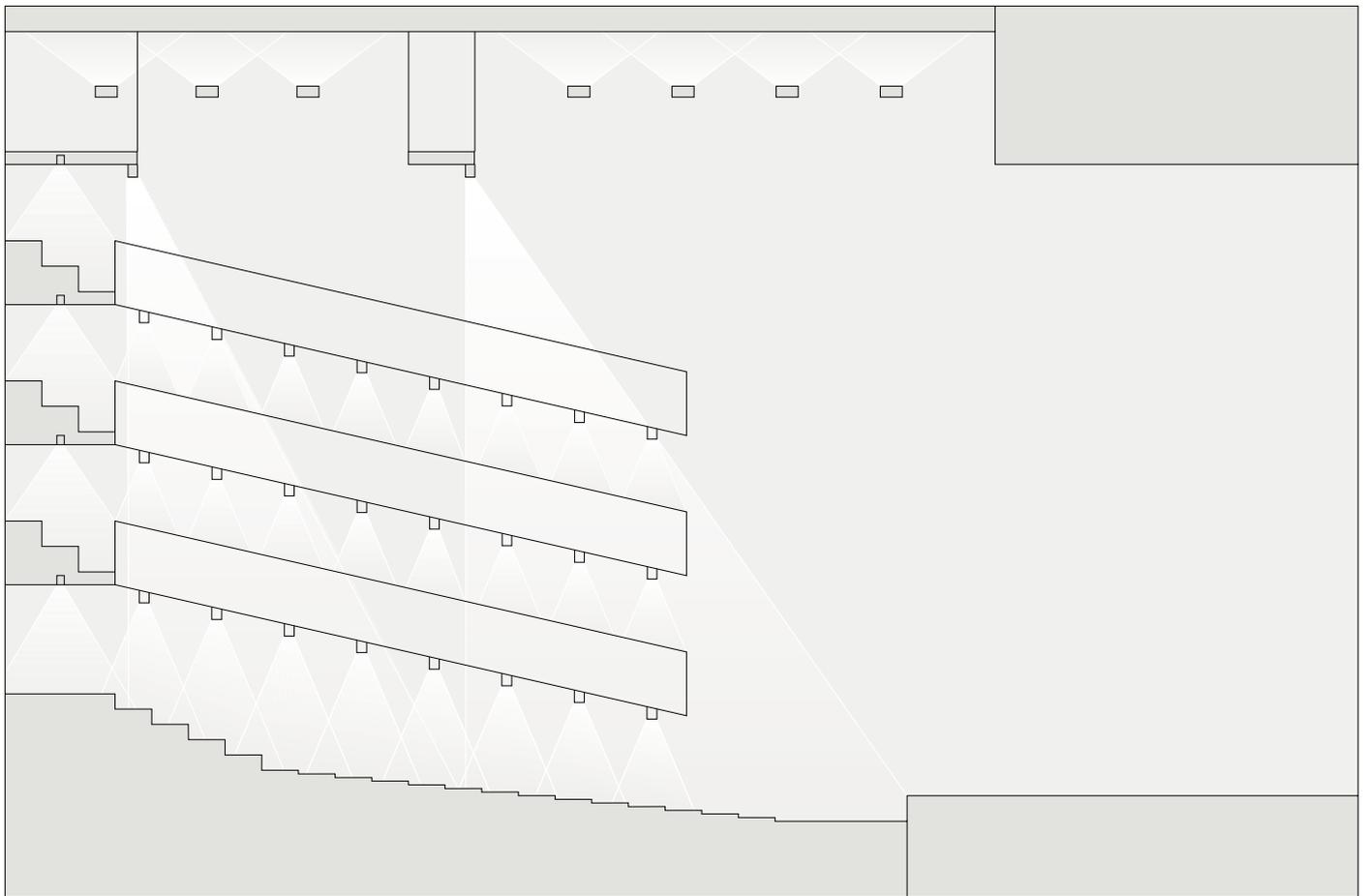
Además de los procedimientos de dibujos también se pueden utilizar programas por ordenador para ilustrar instalaciones de iluminación y sus efectos luminosos. A menudo sencillas representaciones espaciales con una reproducción reticulada en negro/blanco de escalas de iluminancias pertenecen al volumen potencial de los programas de cálculos lumino-técnicos, de modo que además de la entrega de datos de iluminación en tablas y diagramas, también se facilita una impresión visual en bruto del concepto de luz. La elaboración por ordenador de gráficas más complejas con una presentación diferenciada de luminancias, una reproducción de colores y una consideración en cuanto al mobiliario de espacios iluminados, en cambio, sigue exigiendo un elevado costo en hardware y software.

Igual que el dibujo, también la gráfica por ordenador proporciona una imagen más simplificada de los verdaderos efectos de la iluminación; debido a la graduación de escalas de luminancias frecuentemente se produce además un aspecto rígido, artificial. Pero a diferencia del dibujo, la gráfica por ordenador no reproduce una idea subjetiva de los efectos luminosos esperados, sino que se basa en cálculos concretos, es decir, no sólo representa un medio de ayuda para la demostración, sino también un efectivo procedimiento de simulación.

Aunque la introducción de datos referentes a arquitectura, la instalación de iluminación y si se da el caso también en cuanto al mobiliario, significa un procedimiento laborioso, el esfuerzo puede justificarse por las posibilidades obtenidas para el ensayo con diferentes tipos de luminarias y conceptos de iluminación.

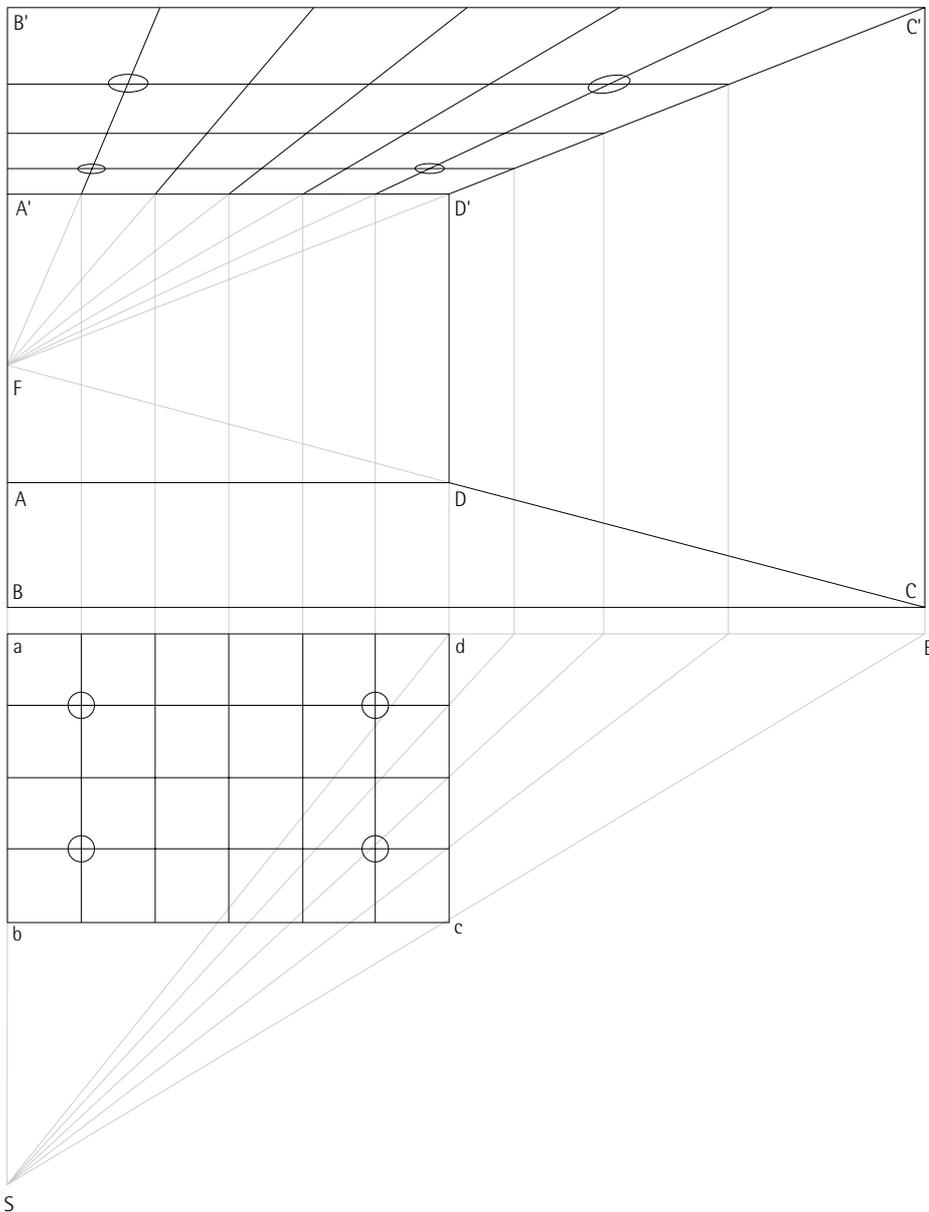


Presentación gráfica de un concepto de iluminación.



Presentación gráfica del concepto de iluminación para la sala de espectadores de un teatro. Conos luminosos son presentados como dibujos manuales subidos de blanco sobre un plano de fondo gris. La presentación se limita a la demostración de posiciones de las luminarias, direcciones de luz y ángulos de irradiación.

Proporciona una impresión cualitativa de la distribución de luz en el espacio y renuncia conscientemente a indicaciones cuantitativas.

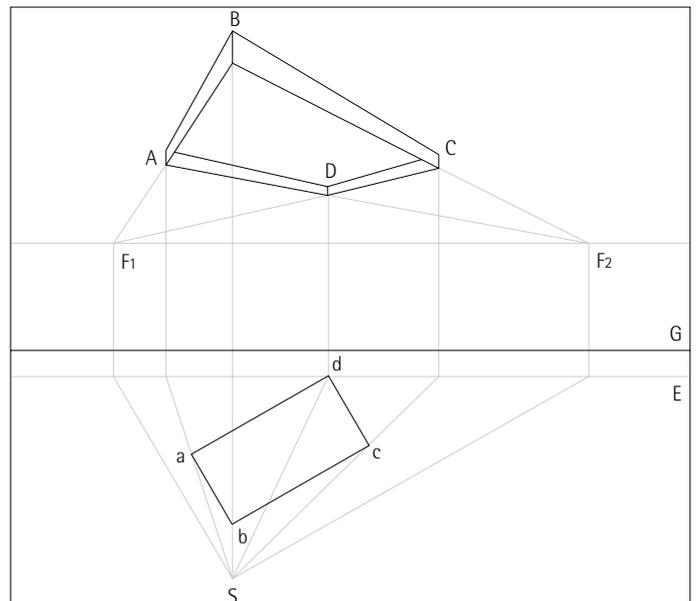


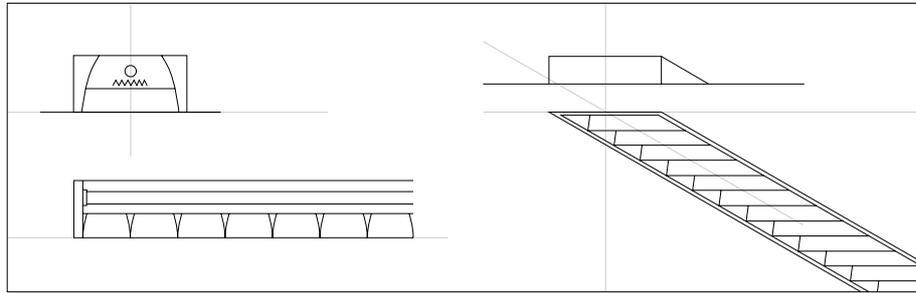
Perspectiva central: Por el plano a, b, c, d con indicación de las posiciones de luminarias se debe elaborar una presentación en perspectiva. Para ello se elige primero el punto de situación S y plano de imagen E. Para facilitar la ilustración, en este caso el plano de imagen es idéntico a la pared de fondo del local, de modo que se pueden anotar a escala alturas y distancias sobre la pared de fondo de la perspectiva; el punto de situación se ha puesto sobre la prolongación de la pared izquierda del espacio. Desde la proyección de los puntos a, b, c, d sobre el plano de imagen resultan las verticales de la perspectiva. Después se elige la línea del suelo de la pared de fondo AD en la

perspectiva y se anota a escala en ella la altura del espacio AA', DD' así como la altura del punto de alineación AF (aquí altura visual en posición sentada). Con ello se define la pared de fondo. Desde la prolongación de las alineaciones FD y FD' resulta la pared lateral derecha DC y D'C'. Las horizontales BC y B'C' cierran la perspectiva con la línea de suelo y techo. E1 reticulada de techo y posiciones de luminarias en la perspectiva se hallan por las alineaciones desde el punto F y por la proyección de los puntos de pared desde el punto de situación S sobre el plano de imagen E.

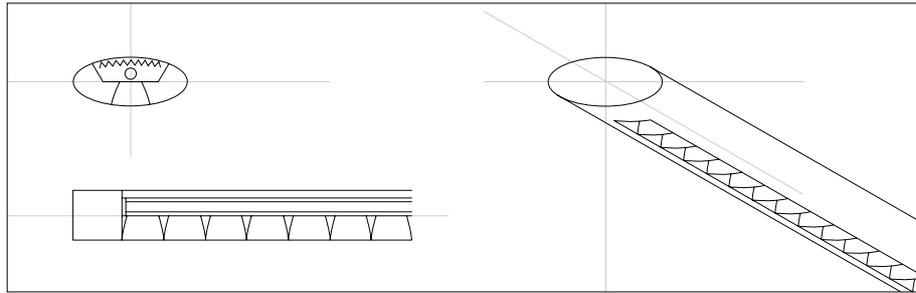
Construcción en perspectiva de un elemento estructural de luz (perspectiva a dos posiciones): también aquí se elige el punto de situación S y plano de imagen E, el plano de imagen se encuentra de nuevo para su simplificación sobre el punto más retirado del plano a, b, c, d. Las verticales de la perspectiva resultan por la proyección de los puntos a, b, c, d sobre el plano de imagen, las verticales de los puntos de alineación por los puntos de intersección de paralelas frente a los cantos del plano ba y bc con el plano de imagen. Después

se elige una línea base G sobre la cual se anotan a escala la altura de los puntos de alineación F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> (aquí la altura visual en posición de pie), así como la altura del punto D. Desde la prolongación de las alineaciones F<sub>1</sub>D y F<sub>2</sub>D resultan las líneas DA y DC. Mediante la prolongación de las alineaciones F<sub>1</sub>A y F<sub>2</sub>C se halla B como último punto de la perspectiva.

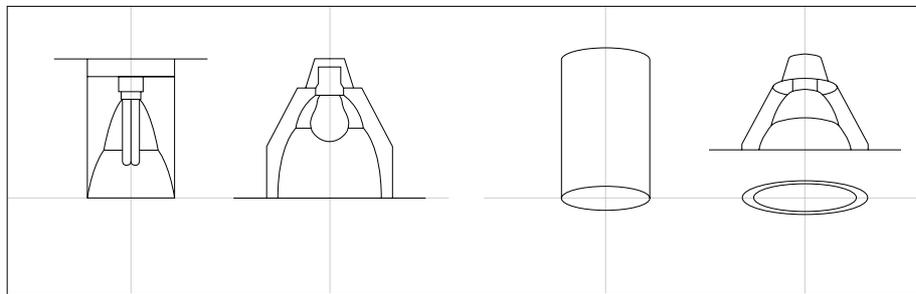




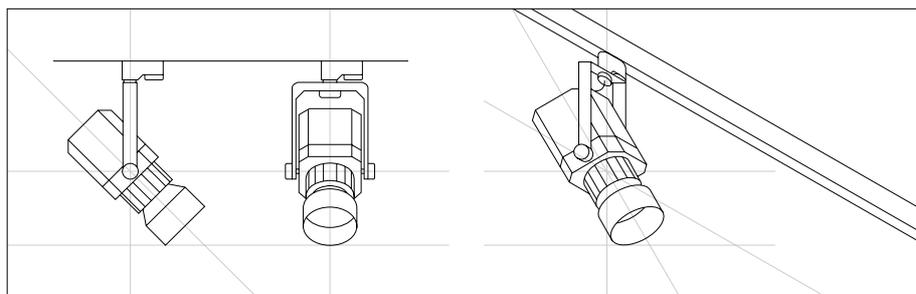
Luminaria lineal, rectangular empotrable en techo. Sección transversal y longitudinal con conexión de techo, 0°/30°-isometría como vista inferior de techo.



Luminaria lineal suspendida o elemento de una estructura luminosa. Sección transversal y longitudinal, 0°/30°-isometría.



Luminarias redondas. Sección transversal e isometría en montajes en techo y de superficie.



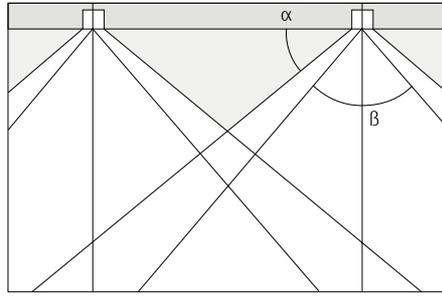
Proyector visto de lado y de frente en una inclinación de 30°/0°/30°-isometría.

Presentación técnica de luminarias y dibujos demostrativos. En la reproducción detallada de dibujos de luminarias sirven secciones para ilustrar la cons-

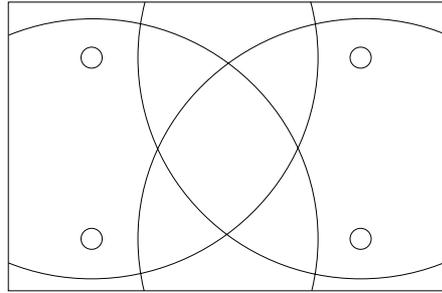
trucción y la función técnica, mientras que las formas isométricas ilustran la configuración y la impresión óptica de la luminaria.

Presentación de efectos luminosos en descripciones técnicas y dibujos ilustrativos: el diámetro de cono de luz sobre el suelo resulta por el ángulo de irradiación  $\beta$ , mientras que las entradas de conos luminosos sobre las paredes se construyen debido al ángulo de apantallamiento  $\alpha$ .

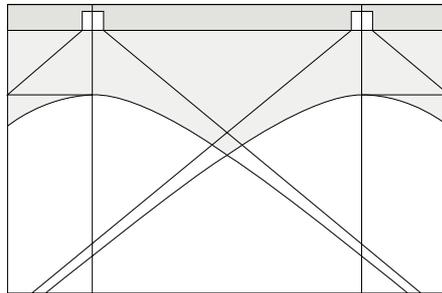
En caso de conocer sólo un valor, el ángulo de irradiación y el de apantallamiento se pueden desviar poco más o menos separadamente; entre  $\alpha$  y  $\beta$  resulta por regla general un ángulo de  $10^\circ$ .



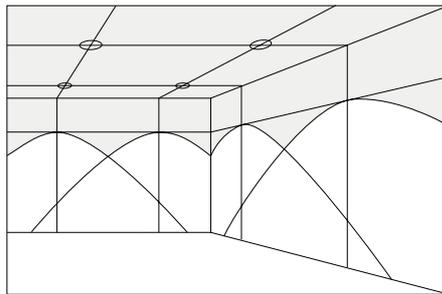
Sección transversal de local en eje de luminaria con presentación del ángulo de apantallamiento  $\alpha$  y de irradiación  $\beta$  de las luminarias.



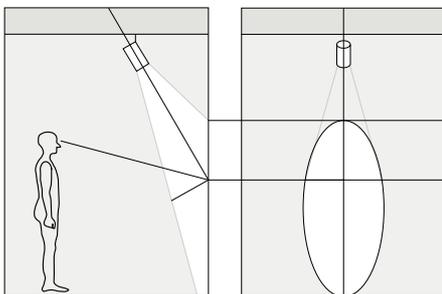
Plano con espejo techo y diámetros de conos luminosos que se definen por el ángulo de irradiación de las luminarias.



Vista de pared con entradas de conos luminosos (scallops), cuya altura y trayecto se define por el ángulo de apantallamiento de las luminarias.

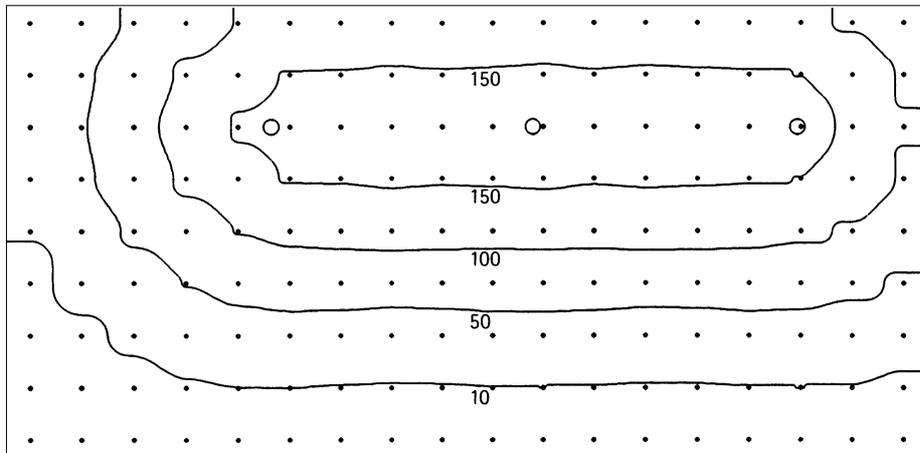


Presentación en perspectiva del local con luminarias y efectos luminosos en las superficies que limitan el espacio.



Presentación de un cono luminoso con ángulo de irradiación dado en sección y vista de pared.

Cálculo y visualización de datos luminotécnicos con ayuda del ordenador.



Plano con espejo techo y puntos de cálculo. Presentación de los resultados de cálculo a través de curvas de la misma iluminancia sobre el nivel útil (curvas-isolux).

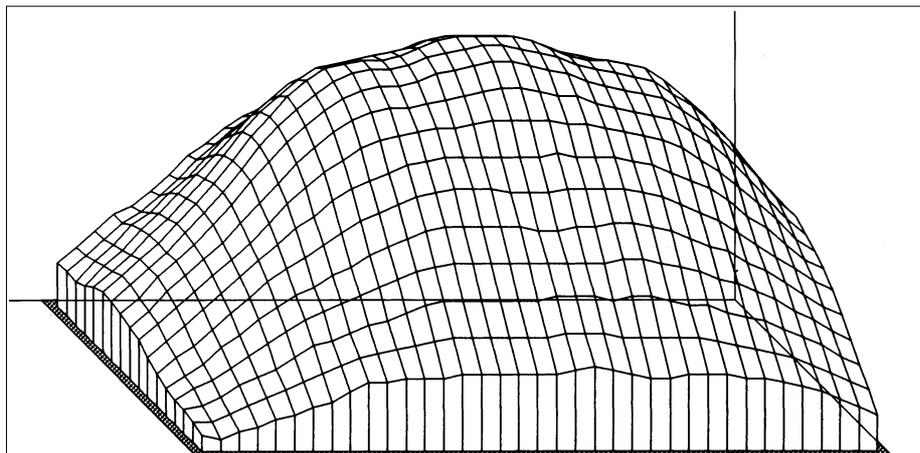


Ilustración de la distribución de iluminancias en el espacio mediante una isometría del mismo con relieve de iluminancias.

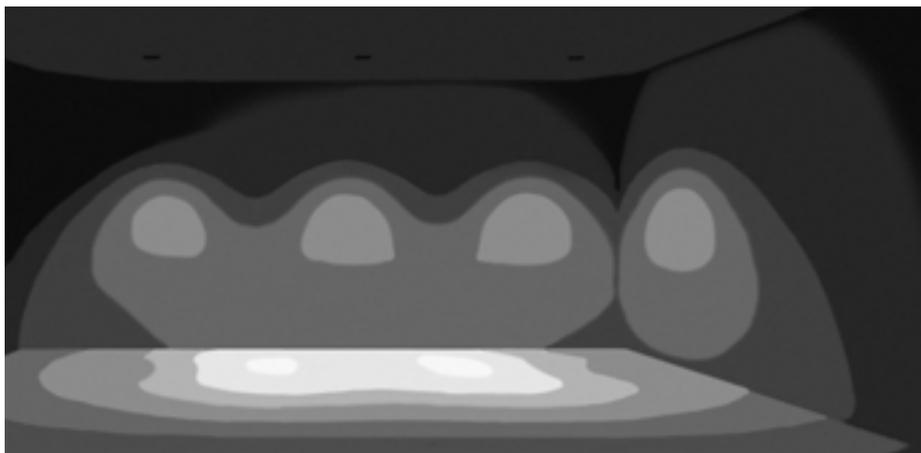
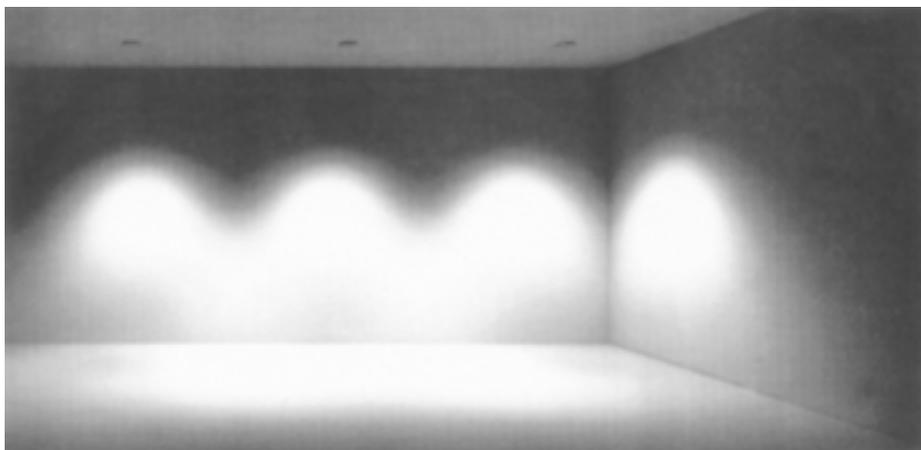
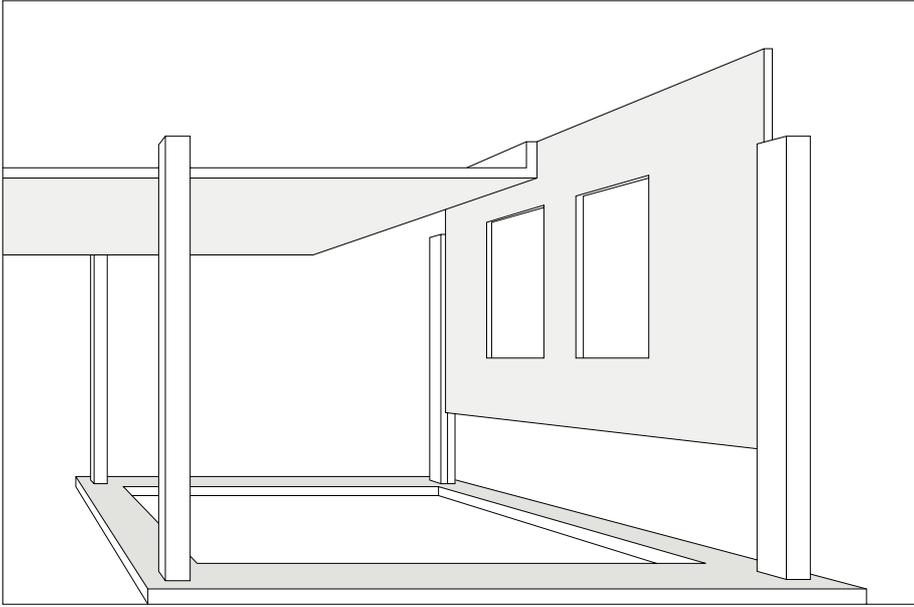


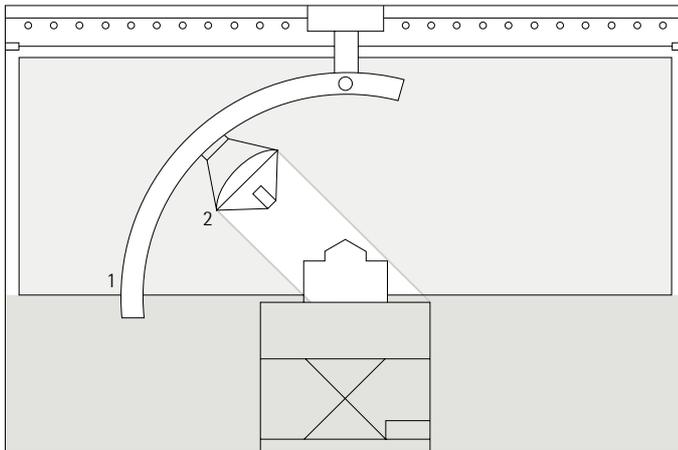
Ilustración de la distribución de iluminancias sobre las superficies limitadoras del espacio a través de una presentación en perspectiva con curvas-isolux y escala de grises. Presentaciones similares se pueden elaborar a partir de las reflectancias también para las distribuciones de luminancias.



Simulación de efectos luminosos en el espacio debido a la distribución espacial de luminancias. Mediante una graduación lo más concentrada posible de las curvas existentes, se alcanza un recorrido de luminancias lo más cercano a la realidad.



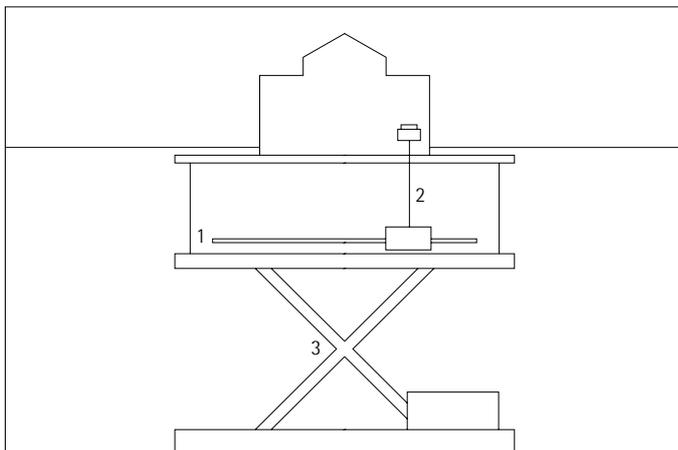
Principio de un elemento de construcción perfilado para la simulación de modelos de variables geométricas espaciales (1:10, 1:20). Con ayuda de perfiles soporte se pueden disponer libremente techos y paredes. Tales modelos encuentran su aplicación tanto en la simulación de la luz diurna como en la simulación de la iluminación artificial. La placa del suelo se ha dejado hueca en el modelo, permitiendo de este modo la libre conducción de receptores de medición, endoscopios y microcámaras de vídeo.



Simulador de luz diurna y solar en el laboratorio luminotécnico de ERCO Leuchten GmbH, espacio de simulación (5 x 5 x 3 m) con una mesa central elevadora. Para la simulación de la luz diurna difusa sirve un techo textil con lámparas fluorescentes en combinación de paredes de espejos; el nivel de iluminación se puede regular sin escalonamientos. La luz

solar dirigida es simulada por un brazo basculante (1) a través de reflectores parabólicos halógenos orientables (2), el cual se desplaza con ayuda de un ordenador, pudiendo simular las posiciones solares de cualquier lugar, hora del día y época del año, así como las órbitas del sol continuas para el transcurso de un día en cualquier lugar y época.

Mesa elevadora con mecanismo tijera (3) para la libre colocación de modelos en la simulación de sol. Con ayuda de una mesa de coordenadas integrada (1) se pueden posicionar y ajustar libremente receptores de medición, endoscopios y microcámaras de vídeo (2).



Pero a menudo se renuncia a una gráfica detallada por ordenador y en su lugar se elaboran dibujos a partir de los datos técnicos de iluminación obtenidos del cálculo por ordenador, que resultan más sencillos.

Además de los procedimientos apoyados por ordenador y dibujos, la construcción de modelos representa la tercera posibilidad para la ilustración visual de instalaciones de iluminación y sus efectos luminosos. Como la gráfica de ordenador, también se puede utilizar tanto el modelo para la presentación como para la simulación.

La ventaja decisiva de los modelos es que en este caso la luz no sólo se expone, sino que realmente se hace efectiva, por lo que los efectos de iluminación no se reproducen esquemáticamente, sino pueden ser observados en su total complejidad. La exactitud de la simulación sólo es limitada por el tamaño y la precisión del modelo; en modelos a escala 1:1 (Mock-Up), modelo y realidad se unen.

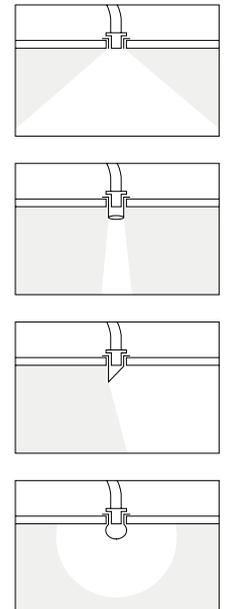
La escala elegida del modelo depende por tanto del uso previsto y de la precisión deseada de la simulación; la graduación abarca desde escalas 1:100 o incluso 1:200, que sólo permiten una observación del efecto luminoso de la luz diurna de edificios completos, hasta escalas de 1:20 y 1:10, que permiten una observación y presentación de las acciones luminosas en áreas individuales.

El detalle más crítico sobre todo de los modelos a pequeña escala, por regla general es la propia luminaria, debido a que pequeñas desviaciones ya se evidencian claramente sobre el efecto de la iluminación y en cuanto a la precisión de la reproducción de la luminaria se han puesto limitaciones a través de las dimensiones de las fuentes de luz puestas a disposición. Pero mediante la utilización de conductores de luz, que conducen la luz de una fuente de luz externa hacia varias

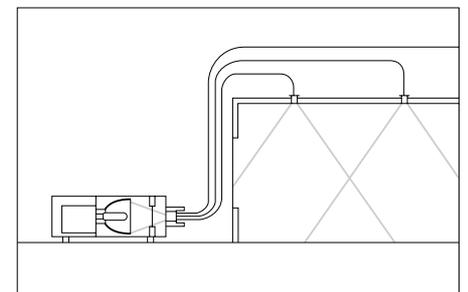
reproducciones de luminarias, también se posibilita una mayor exactitud en el área de las luminarias. Para hacerse un juicio en cuanto a las luminarias de ejecución especial o de integración arquitectónica podría ser conveniente elaborar un Mock-Up de la luminaria o del segmento arquitectónico correspondiente a escala 1:1; un procedimiento que se puede realizar sin un costo excesivo, mientras que para espacios completos sólo sería justificable en caso de los grandes proyectos.

La simulación de modelos está especialmente extendida en el área de la técnica de la luz diurna. En este caso no se da el problema de la reproducción de luminarias a escala equitativa; sol y luz diurna se pueden aprovechar en el caso más sencillo directamente delante de la puerta de su casa, de lo contrario se puede reproducir con exactitud mediante la ayuda de un simulador de sol o cielo artificial respectivamente. En caso de la simulación de luz solar en el exterior, el modelo se orienta con ayuda de un instrumento indicador parecido al reloj solar en el ángulo a la dirección de incidencia de la luz, correspondiendo a un lugar geográfico, a una hora determinada del día y apoca del año; en el simulador de sol se realiza este trabajo por el sol artificial orientable. Con modelos a pequeña escala en ambos casos ya son posibles las observaciones seguras en cuanto a los efectos luminosos dentro y fuera del edificio, así como las ideas constructivas para la protección solar y la conducción de luz diurna. Las observaciones se pueden retener con ayuda de cámaras-endoscópicas, microcámaras de video permiten la documentación sobre los cambios de iluminación durante el transcurso del día o del año.

Con ayuda del cielo artificial se pueden simular las condiciones de luz de un cielo cubierto y realizar mediciones del factor de luz de día (DIN 5034).



Sistema de conducción de luz para la simulación de la iluminación artificial en modelos de espacios interiores. En el modelo las luminarias individuales forman el orificio de salida de luz del haz luminoso. Mediante la correspondiente construcción de los orificios de salida de luz se pueden simular diferentes tipos de luminarias (Downlights de radiación horizontal y concentrada, proyectores orientables, bañadores de pared y luminarias de radiación libre).



### 3.3.8 Medición de instalaciones de iluminación

La medición de propiedades luminotécnicas de una instalación de iluminación puede ser útil para diferentes cometidos. En instalaciones nuevas se utiliza la medición de iluminación para la comprobación de los valores proyectados; en instalaciones existentes puede facilitar ayudas de decisión para la realización de un mantenimiento o renovación de instalación. También durante la planificación se puede aprovechar la medición de iluminación en modelos para formarse un juicio sobre los conceptos de iluminación y su comparación. En cuanto a los valores medidos, se trata en primer lugar de la iluminancia y luminancia, pero a través de procedimientos adecuados también se pueden hallar otros valores, como la presencia de sombras de una iluminación o el factor de reproducción de contrastes (CRF).

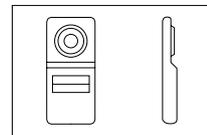
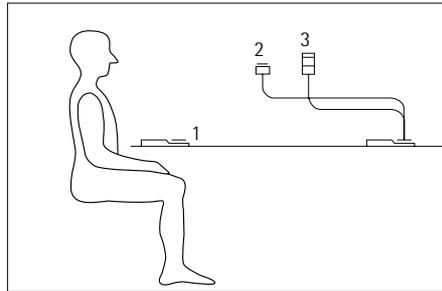
Para poder garantizar resultados de medición aprovechables, los instrumentos de medición utilizados deben ser de una calidad aceptable. En instrumentos de medición para la iluminancia, se entiende por calidad aceptable la medición correcta de la luz que cae en diagonal (efecto coseno corregido) y la adaptación del ojo a la eficiencia luminosa (adaptación- $V[\lambda]$ ).

En la medición de iluminación se tienen en cuenta una serie de parámetros, que se documentan en el acta de las mediciones. Se trata en primer lugar de propiedades del entorno, como reflectancias y colores de las superficies limitadoras del espacio, la hora del día, la existencia de luz diurna y la correspondiente tensión de red. Como propiedades de la instalación de iluminación se registran la antigüedad de la misma, la disposición y el tipo de luminarias, el tipo y el estado de envejecimiento de las lámparas, así como el estado de mantenimiento de la instalación.

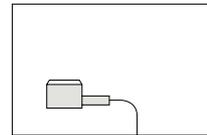
Además, se retienen tipo y categoría de exactitud del instrumento de medición.

Para el registro de la medición de iluminancias para un espacio completo (según DIN 5035 6ª parte) se elabora un plano del local y del mobiliario, donde en primer lugar se anotan la disposición de las luminarias y los puntos previstos de medición, y posteriormente, después de la medición, los correspondientes resultados de la misma. Los puntos de medición resultan como puntos centrales de un tramado de 1-2 m, en espacios altos hasta 5 m. Pero alternativamente también se puede efectuar la medición en determinados puestos de trabajo, en cuyo caso se elabora un tramado de medición correspondientemente más estrecho para el área de trabajo. Las iluminancias horizontales se miden en los diferentes puntos de medición a la altura del nivel útil de 0,85 m y 0,2 m, respectivamente; las iluminancias cilíndricas para la determinación de la presencia de sombras en el ni-

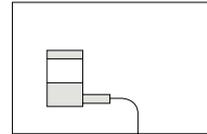
vel de referencia de 1,2 m. Las mediciones de luminancias para hallar el límite de deslumbramiento se realizan para puestos de trabajo representativos desde la altura de los ojos (1,2 y 1,6 m, respectivamente).



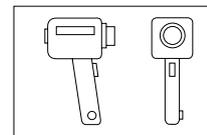
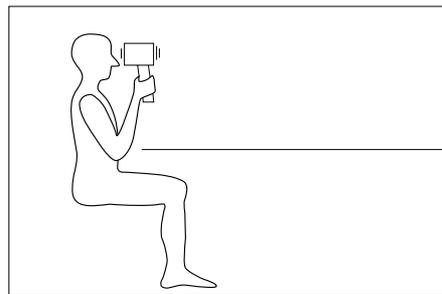
Medición de la iluminancia horizontal sobre el nivel útil mediante un luxómetro con célula de medida integrado (1).



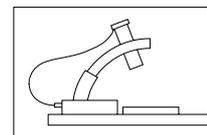
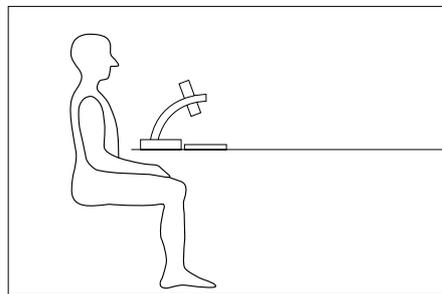
Medición de la iluminancia horizontal mediante un luxómetro con célula de medida separada (2).



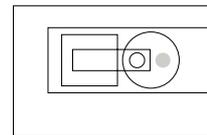
Medición de la iluminancia cilíndrica mediante un luxómetro con célula de medida separada (3).



Medición de la luminancia de luminarias o superficies del espacio mediante un luminancímetro con visor integrado.



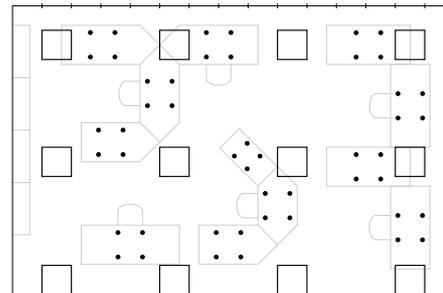
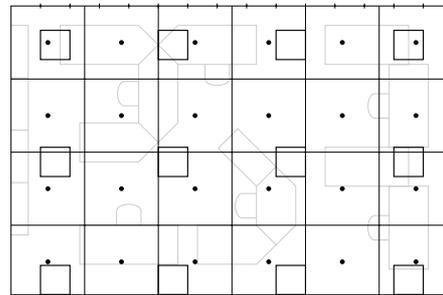
Medición del factor de reproducción de contrastes (CRF) para formarse un juicio sobre el deslumbramiento por reflexión en puestos de trabajo mediante un estándar de reflexión.



$$\bar{E} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n E_x$$

$$g = \frac{E_{\min}}{\bar{E}}$$

Fórmula para el cálculo de la iluminancia media  $\bar{E}$  de un tramado de medición con  $n$  puntos de medición y las iluminancias por punto  $E_x$ . Cálculo de la uniformidad  $g$  de una iluminación como relación entre  $E_{\min}$  y la iluminancia media  $\bar{E}$ .



La medición de iluminancias sobre el plano útil en espacios vacíos o accesiblemente amueblados se realiza en una retícula uniforme de 1 a 2 m.

Puntos de medición en la medición de iluminancias en puestos de trabajo.

### 3.3.9 Mantenimiento

El mantenimiento de instalaciones de iluminación abarca generalmente el cambio de lámparas y la limpieza de luminarias, y en algunos casos también el reajuste o la reorientación de proyectores y luminarias orientables.

Objetivo del mantenimiento es en primer lugar la garantía de la iluminancia mínima indicada, es decir, la limitación de la ineludible depreciación de flujo luminoso en una instalación de iluminación. Razones para esta disminución son tanto lámparas fundidas y la sucesiva pérdida del flujo luminoso de las mismas como el empeoramiento del rendimiento óptico debido al ensuciamiento de reflectores o cierres de luminarias. Para evitar una disminución del flujo luminoso —y con ello de la iluminancia— por debajo de un nivel indicado, es imprescindible realizar periódicamente un cambio de todas las lámparas así como la limpieza de las luminarias.

Resulta conveniente realizar ambos procedimientos de mantenimiento conjuntamente porque el tiempo de trabajo y la puesta a punto de ayudas técnicas, como la plataforma elevadora y los aparatos de limpieza, juegan un factor esencial en los gastos de mantenimiento.

Mediante la fijación de un factor de conversión en la planificación de iluminación se dejan controlar los espacios entre mantenimientos. A través de la indicación de pequeños factores de conversión se consigue al principio un nivel luminoso más elevado y el periodo hasta la disminución del flujo luminoso por debajo del valor crítico se prolonga correspondientemente. Mediante los correspondientes

datos también se puede conseguir con ayuda del factor de mantenimiento el sincronismo en el cambio de lámparas y limpieza de luminarias. Así, por ejemplo, en lugares con polvo se aplica un factor de mantenimiento bajo (por ejemplo, 0,6 en vez del valor usual de 0,8), para poder adaptar los intervalos entre la limpieza de luminarias a la duración de vida de las lámparas.

Tanto para el cambio periódico de lámparas como para los eventuales cambios sueltos se debería disponer de las suficientes existencias de los tipos de lámparas necesarias. De este modo se puede garantizar que en una instalación de iluminación únicamente se van a utilizar lámparas de la misma potencia, color de luz u otras propiedades técnicas. En algunos tipos de lámparas, por ejemplo en lámparas halógenas incandescentes para tensión de red, los productos de diferentes fabricantes difieren tanto entre sí en su ejecución, que sólo se consiguen acciones luminosas homogéneas mediante el equipamiento de las luminarias con lámparas universales. No obstante, además de cuestiones cuantitativas también los aspectos cualitativos pueden ser decisivos para el mantenimiento. Así, una sola lámpara diferente en un grupo de Downlights dispuestos geométricamente o en una línea luminosa tendrá una repercusión insignificante sobre la iluminancia, pero para el efecto óptico de un espacio la interrupción de la muestra de luminarias claras puede significar una molestia considerable. Esto es igualmente válido para los efectos luminosos obtenidos por las luminarias; un cono de luz que falla sobre una pared dentro de una alineación gene-

ral produce el mismo efecto molesto que una caída repentina de luminancia causada por un bañador de pared defectuoso. En este caso sería conveniente saltarse el principio del cambio periódico de las lámparas y sustituir la lámpara fundida siempre individualmente.

El ajuste de las luminarias pertenece también al ámbito del mantenimiento cualitativamente condicionado. Sobre todo en la iluminación presentativa es necesaria una nueva orientación de las luminarias en caso de cualquier modificación dentro del espacio, como por ejemplo la instalación de una nueva exposición o el desplazamiento de tarimas, estanterías o vitrinas en espacios destinados a la venta, que deben resaltar diferentes zonas presentativas.

Es tarea del luminotécnico elaborar un plan individual de mantenimiento orientado según las correspondientes condiciones y provisto del material informativo necesario. El plan de mantenimiento se debe elaborar de tal forma que el usuario esté en condiciones de efectuar correctamente el correspondiente mantenimiento de la instalación de iluminación según los requerimientos técnicos de la misma.



4.0

**Ejemplos  
de planificación**

En los capítulos anteriores se ha presentado la planificación de iluminación de orientación cualitativa como un proceso complejo en el campo de los requisitos funcionales, psicológicos y arquitectónicos de tareas concretas. Ante el fondo de tal concepto de planificación basándose en proyectos, se hacen evidentes las posibilidades y limitaciones de una serie de ejemplos de aplicación.

De todos modos, en este caso no se debe permitir un registro de procedimientos estándar, que sin duda prometen una transmisibilidad libre de problemas a otros proyectos de iluminación, pero que en cambio no pueden hacer justicia a las exigencias de soluciones individuales y adaptadas a los cometidos.

Tampoco está libre de problemas un análisis sobre planificaciones de iluminación hechas, debido a que sin duda se puede demostrar en un ejemplo concreto la solución diferenciada, que cumple con las exigencias de los cometidos de iluminación, pero precisamente por eso se hace prácticamente imposible una transmisión a otros cometidos.

Si un manual sobre la planificación de iluminación cualitativa desea abarcar más que una presentación de fundamentos técnicos y una relación de exigencias a la misma, la descripción de ejemplos de aplicación debe limitarse a proponer conceptos básicos generales, que pueden servir como base y estímulo para la planificación detallada bajo el planteamiento de cometidos concretos.

Los ejemplos de planificación en este capítulo renuncian por tanto conscientemente a las elaboraciones detalladas, que sólo son válidas para una definida situación y cometido del espacio. Esto ante todo es válido para la indicación de iluminancias y datos exactos de las lámparas. Plantas y secciones, en cambio, se orien-

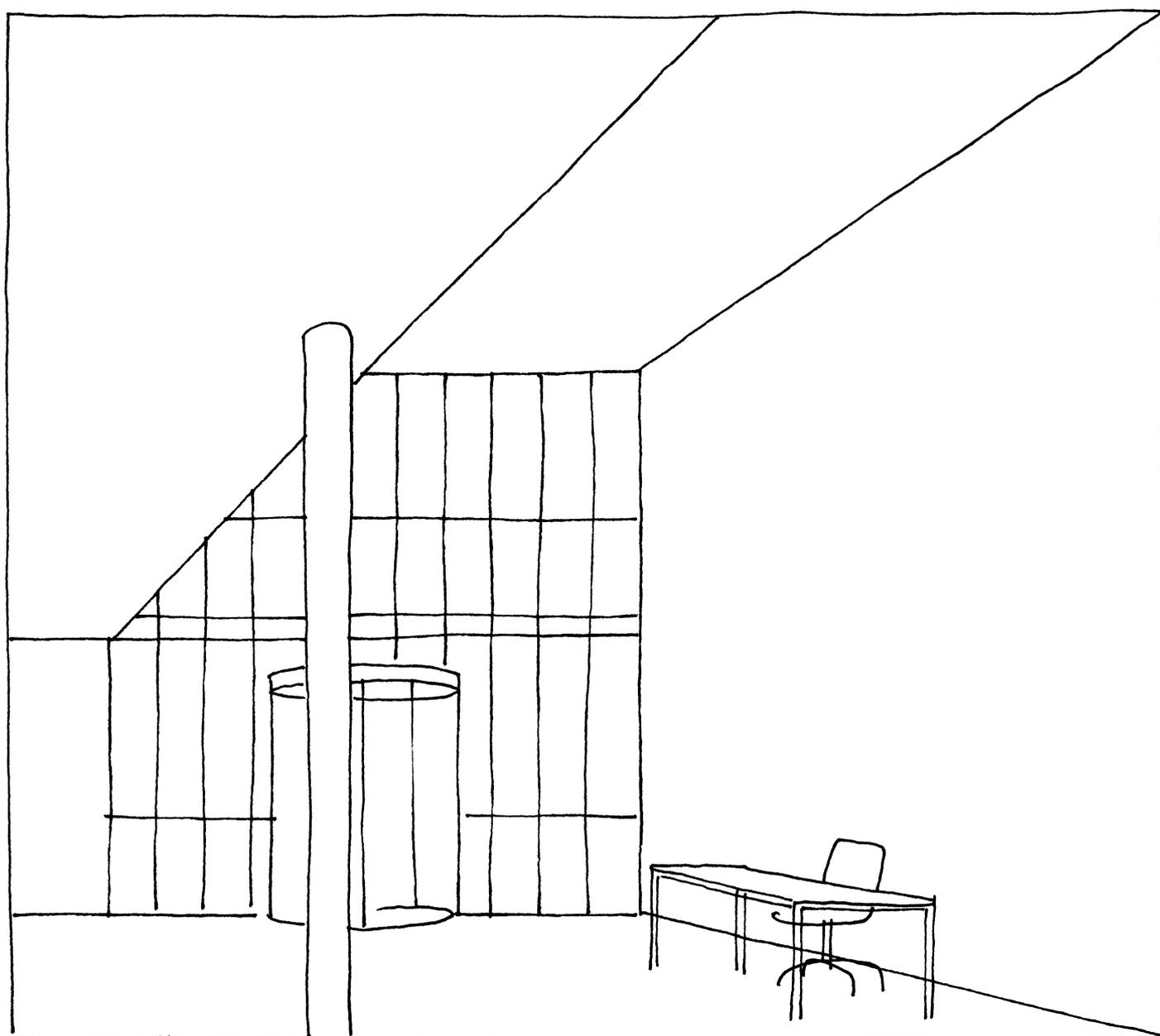
tan, salvo contadas excepciones, por la escala 1:100 para proporcionar dimensiones comparables de los espacios e instalaciones de iluminación. La elección de luminarias se limita conscientemente a los instrumentos de uso corriente en la iluminación arquitectónica. Luminarias decorativas y ejecuciones especiales, tal como se pueden y deben aplicar oportunamente dentro del marco de conceptos individuales, sólo se encuentran en casos sueltos.

La tarea de los ejemplos consiste más bien en demostrar conceptos fundamentales, que pueden servir como estructura de planificación para numerosas soluciones independientes. Lo que en este caso sólo se debería tener en cuenta son los requisitos en general necesarios para una área de planificación, así como la correspondiente orientación hacia una iluminación funcional, perceptible o arquitectónica. Sobre esta base se recomiendan una serie de conceptos alternativos, que abarcan tanto la elección de adecuadas fuentes de luz y luminarias como una disposición de luminarias que corresponde a las exigencias formales y luminotécnicas. No obstante, el objetivo en la planificación de iluminación en el caso concreto debe seguir siendo el adaptar los conceptos ofrecidos a las características de calidad exigidas a la luz, a las condiciones de utilización y formas arquitectónicas, de modificarlas o ampliarlas mediante la aplicación de luminarias decorativas y efectos luminosos, dicho más brevemente: transformar en general los conceptos básicos en soluciones individuales de iluminación.

Símbolos de luminarias en los ejemplos de los planos de techo correspondientes al capítulo Ejemplos de planificación.

	Downlight.
	Proyector, Downlight-proyector orientable.
	Proyector en rail electrificado.
	Downlight, asimétrico. Bañador de pared, Downlight-bañador de pared.
	Downlight-bañador de pared doble.
	Downlight-bañador de pared esquina.
	Luminaria cuadrada.
	Luminaria cuadrada asimétrica.
	Luminaria de retícula.

	Luminaria de retícula, asimétrica.
	Estructura.
	Estructura con rail electrificado.
	Estructura con luminaria de retícula.
	Estructura con fuentes de luz puntuales.
	Downlight con luz de emergencia
	Luminaria cuadrada con luz de emergencia.
	Luminaria de retícula con luz de emergencia.
	Salida de conexión.



#### 4.1 Foyer

Los foyers representan la pieza de unión entre el mundo exterior y el edificio; sirven como área de acceso, de recepción y de espera, así como de apertura al interior del edificio. Dado que estos espacios casi siempre representan un entorno poco familiar, reforzar la orientación es una tarea central de la iluminación. Esto requiere en primer lugar una conducción de luz tranquila, no dramática, que destaque la construcción arquitectónica, evitando desconcertantes estructuras adicionales. Partiendo de esta iluminación fundamental se deberían acentuar las áreas esenciales de encuentro o circulación mediante una determinada iluminación.

Una primer área sería el acceso, que recibe, frente a su entorno, un valor de atención más alto a través de la iluminancia, obviamente alzada, y eventualmente también mediante un color de luz distinto o un componente propio de luminaria dentro de la imagen de techo. Otras zonas

de iluminación acentuada son la mesa de recepción y el área de espera, así como pasillos, escaleras y ascensores.

El foyer debería actuar como transición desde el mundo exterior hacia el interior del edificio entre las diferentes luminosidades de ambas zonas. Para ello, sería oportuna la instalación de una iluminación con luz programada, que se puede adaptar a las diferentes exigencias del día y de la noche. También se puede aumentar la rentabilidad de la iluminación mediante la adaptación a la luz diurna y la frecuencia de utilización.

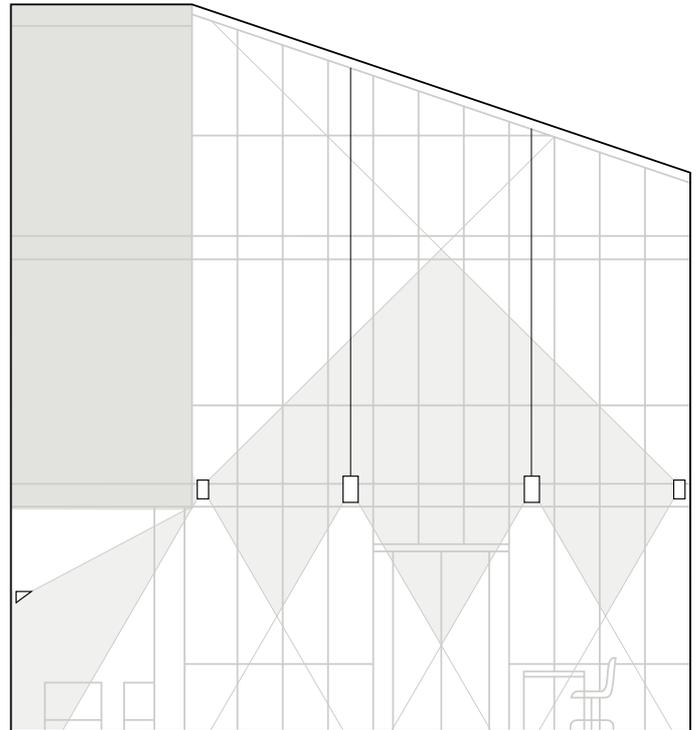
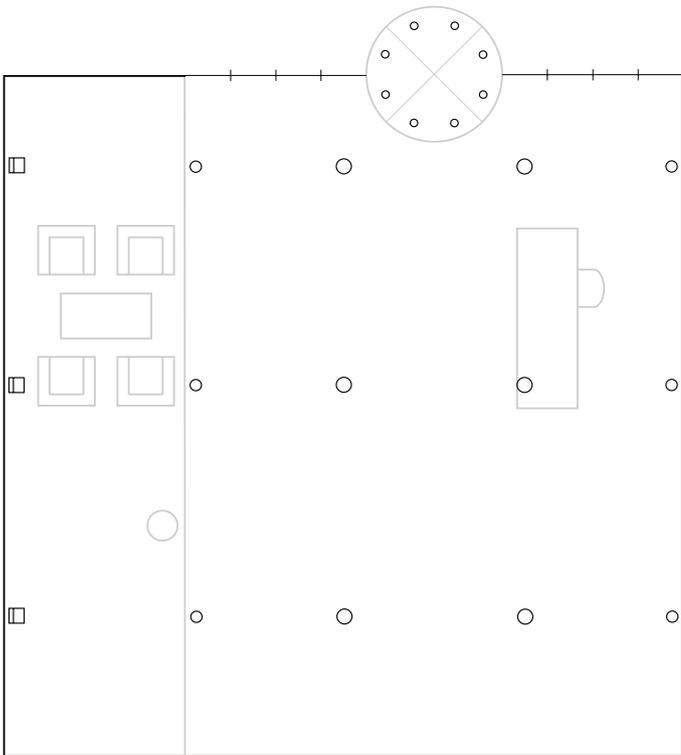
Si el foyer simboliza un área representativa, se puede resaltar el ambiente con fuentes de luz y luminarias que proporcionen acentos de luz así como efectos de brillo. No obstante, también en este caso se debería procurar que la buena disposición del entorno no sea perturbada por estructuras desconcertantes o un exceso de competitivos estímulos visuales.

## 4.0 Ejemplos de planificación

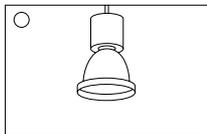
### 4.1 Foyer

La iluminación de día y la de noche se diferencian claramente. Durante el día Downlights suspendidos apoyan la luz diurna que penetra a través de paredes y techo acristalados. El acceso se acentúa a través de Downlights integrados; en cambio, se renuncia a una acentuación propia para la mesa de recepción y el área de espera.

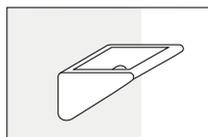
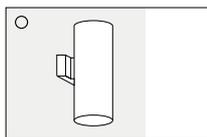
Por la noche se acentúan sobre todo las estructuras arquitectónicas mediante Up-Downlights y bañadores de techo montados en la pared, manteniendo la acentuación del acceso.



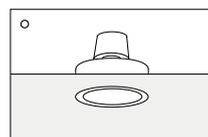
Downlight pendular para lámparas HIT.



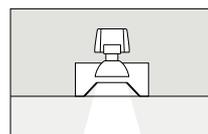
Up-Downlight para lámparas halógenas incandescentes o fluorescentes compactas.

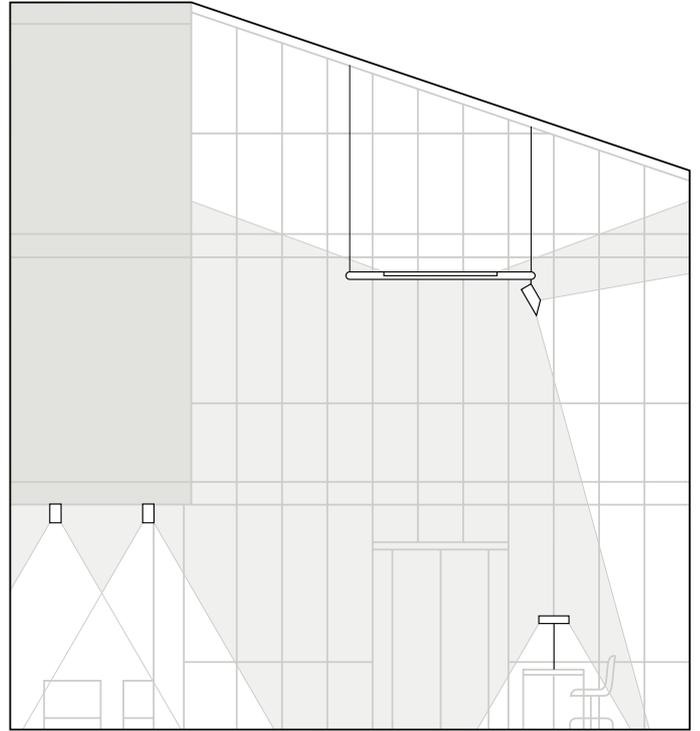
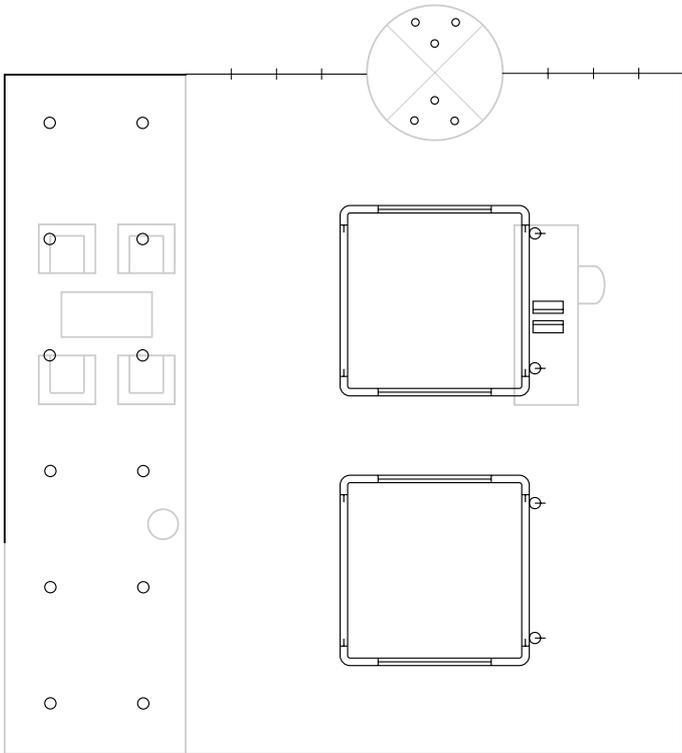


Bañador de techo para lámparas halógenas incandescentes o fluorescentes compactas.



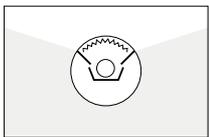
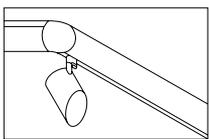
Downlights empotrables para lámparas halógenas de bajo voltaje.



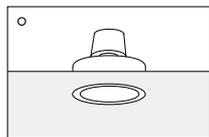
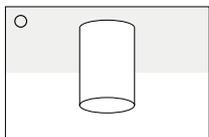


La base de la iluminación es una estructura luminosa suspendida. Durante el día se ilumina el foyer a través de luz diurna, adicionalmente se proporciona más luminosidad a la pared detrás de la mesa de recepción mediante un bañador de pared y el acceso se acentúa mediante Downlights. El área debajo del techo de planta se ilumina con Downlights de superficie.

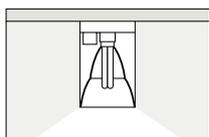
Por la noche se mantiene la iluminación acentuada, pero adicionalmente se logra una iluminación de las superficies que limitan el espacio con luminarias de radiación indirecta de la estructura. La mesa de recepción dispone de iluminación propia a través de luminarias de mesa.



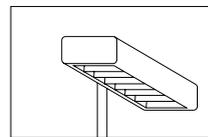
Estructura luminosa con luminarias indirectas integradas para lámparas fluorescentes y railes electricificados para el montaje de bañadores de pared.



Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

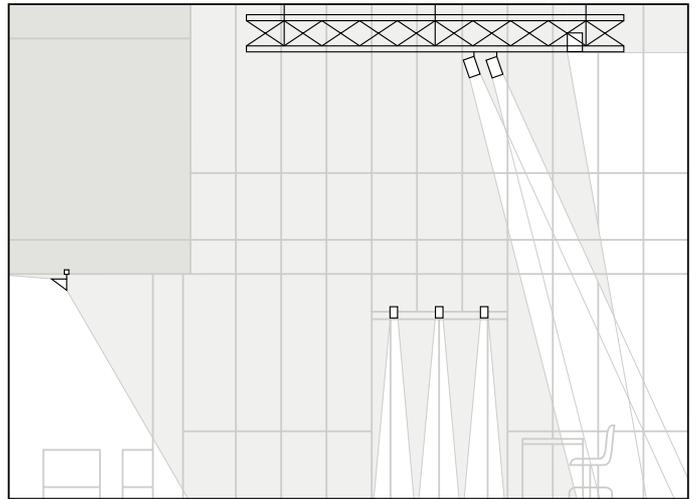
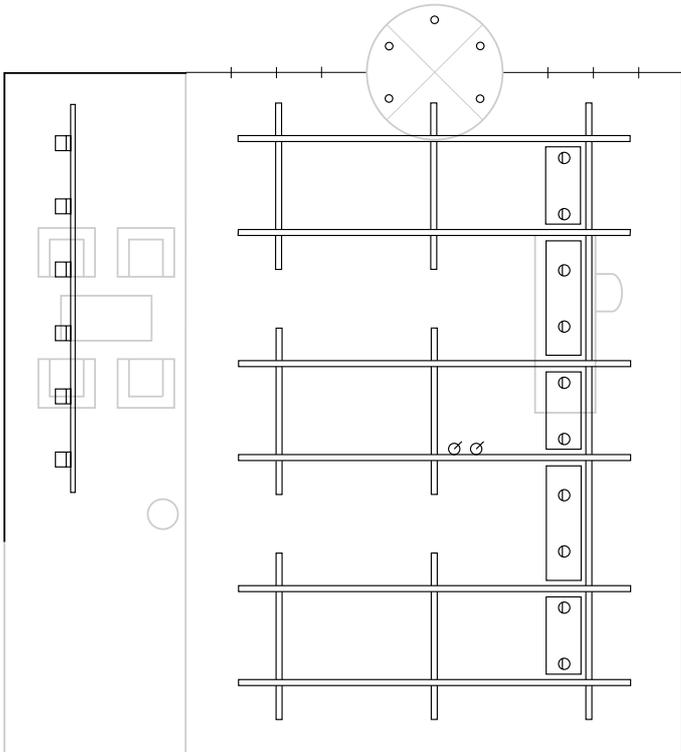


Downlight de superficie para lámparas fluorescentes compactas.

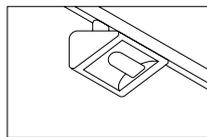
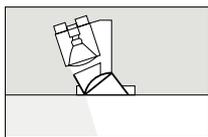
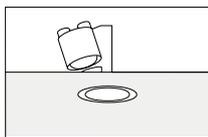
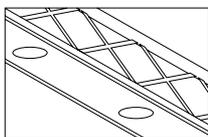
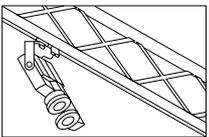


Luminaria de mesa para lámparas fluorescentes compactas.

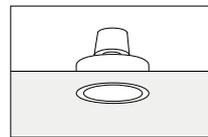
Como estructura soporte para la iluminación se utilizan raíles electrificados-vigas de celosía. La mesa de recepción se acentúa a través de proyectores; el acceso, mediante Downlights. La iluminación base y acentuación de estructuras arquitectónicas se realiza mediante placas integradas con Downlights-bañadores de pared. El área de espera debajo del techo de planta se ilumina mediante un bañador de pared en raíl electrificado integrado.



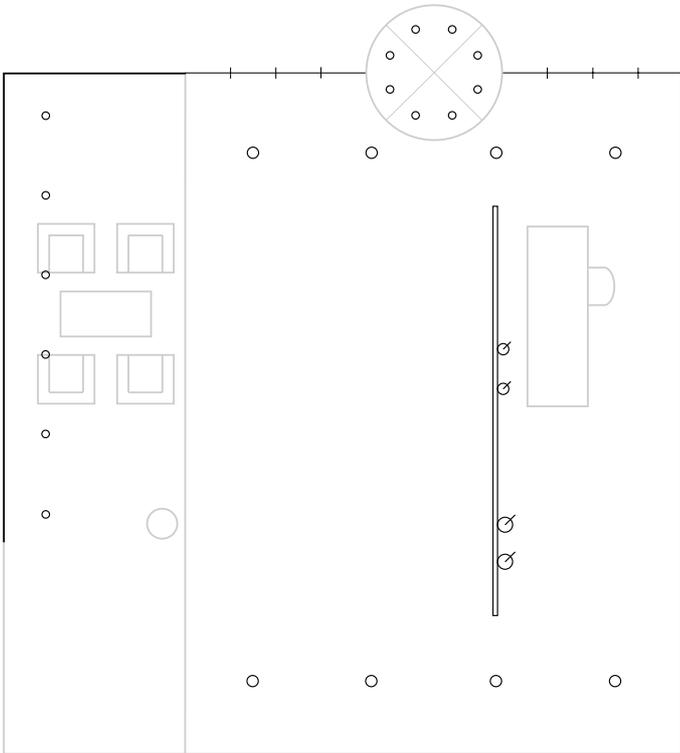
Raíles electrificados-vigas de celosía para el montaje de proyectores así como para acoger placas con Downlights-bañadores de pared para lámparas reflectoras PAR 38.



Raíl electrificado con bañadores de pared para lámparas halógenas incandescentes.

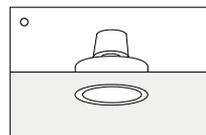
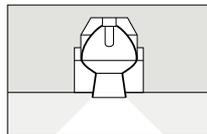
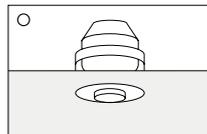


Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

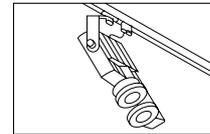


Downlights de doble foco para empotrar en techo en ambas paredes frontales proporcionan la iluminación base. Se acentúa el acceso con Downlights empotrables; la mesa de recepción, con proyectores en un raíl electrificado. Los proyectores crean efectos luminosos sobre la pared. El área debajo del techo de planta se ilumina con Downlights empotrables.

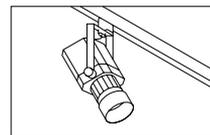
Downlight de doble foco para lámparas de halógenos metálicos o halógenas incandescentes.

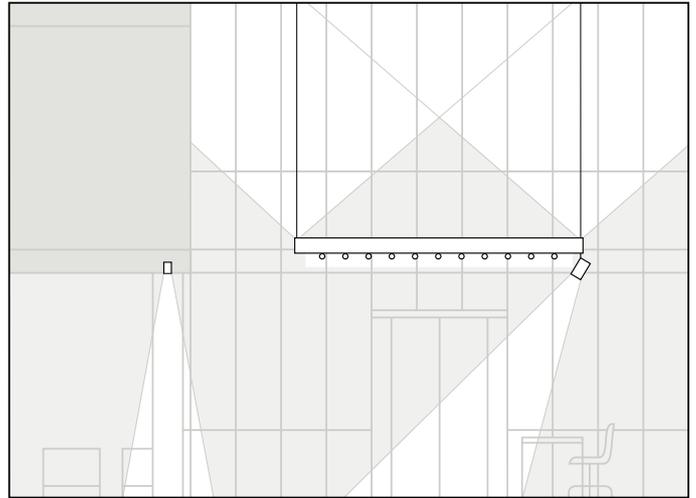
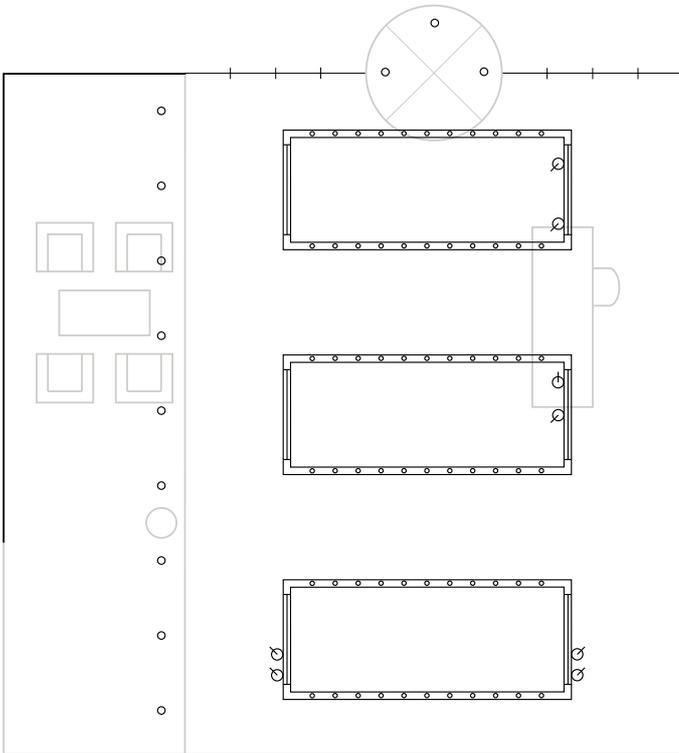


Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



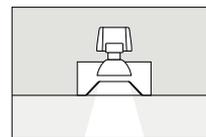
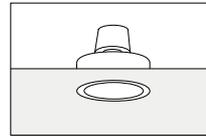
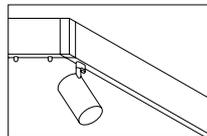
Raíl electrificado con proyectores para efectos luminosos.





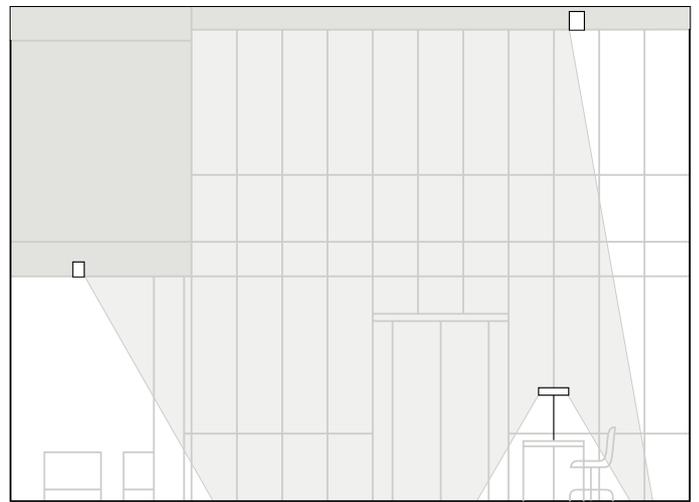
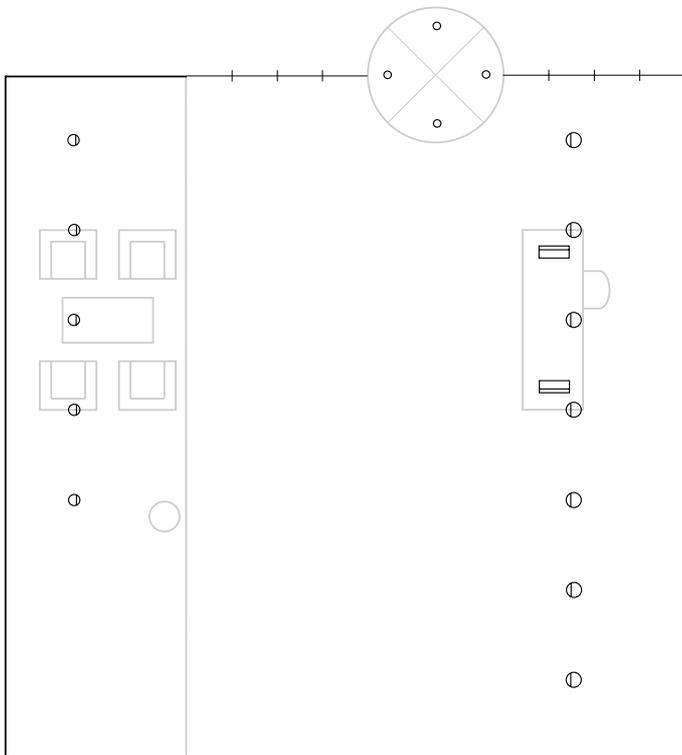
El soporte para la iluminación es una estructura de panel. Una línea de lámparas enanas de bajo voltaje por la parte inferior de la estructura proporciona efectos de brillo. La arquitectura se destaca a través de la iluminación nocturna mediante luminarias integradas de radiación indirecta; adicionalmente se producen acentuaciones con proyectores. Downlights acentúan el acceso y el borde del techo de planta.

Sistema de panel con proyectores en raíles electrificados, lámparas enanas de bajo voltaje en la parte inferior y luminarias integradas indirectas para lámparas fluorescentes.

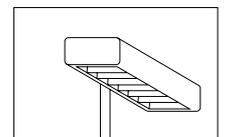


Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

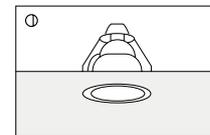
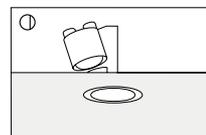
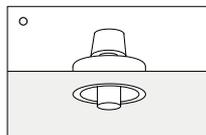
Bañadores de pared empotrables iluminan las paredes laterales, la iluminación del espacio se produce por luz reflejada. La mesa de recepción dispone de una iluminación propia mediante luminarias de mesa. Para la acentuación adicional del acceso aplican Downlights. El área debajo del techo de la planta se ilumina con Downlights-bañadores de pared integrados en el techo.



Luminaria de mesa para lámparas fluorescentes compactas.

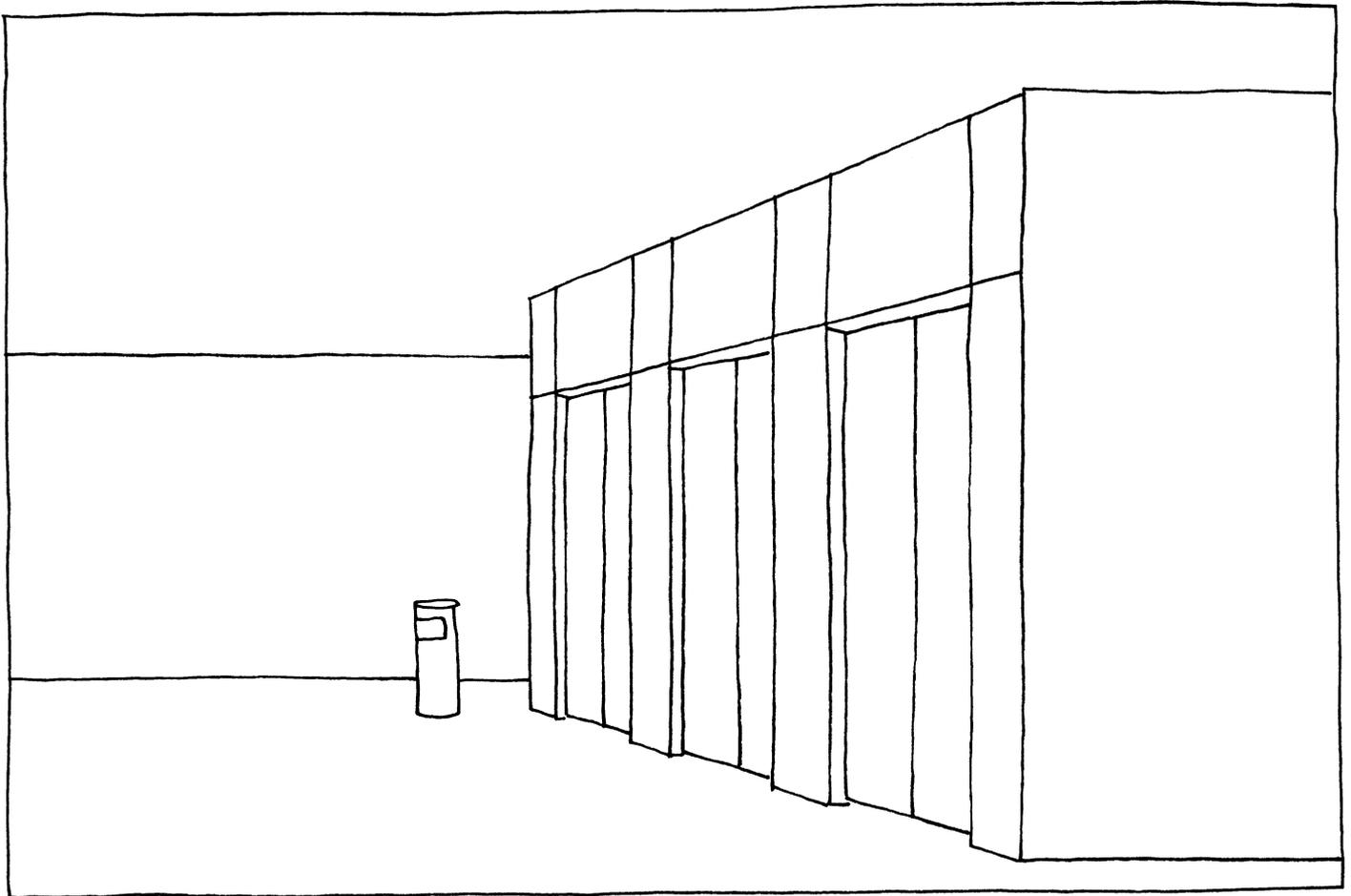


Downlight decorativo empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Bañador de pared integrado en techo para lámparas reflectoras PAR 38.

Downlight-bañador de pared integrado en techo para lámparas incandescentes.

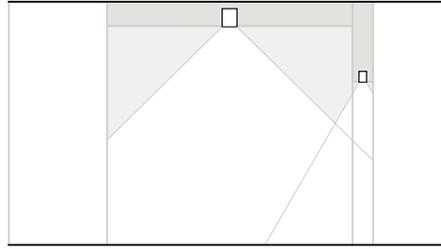
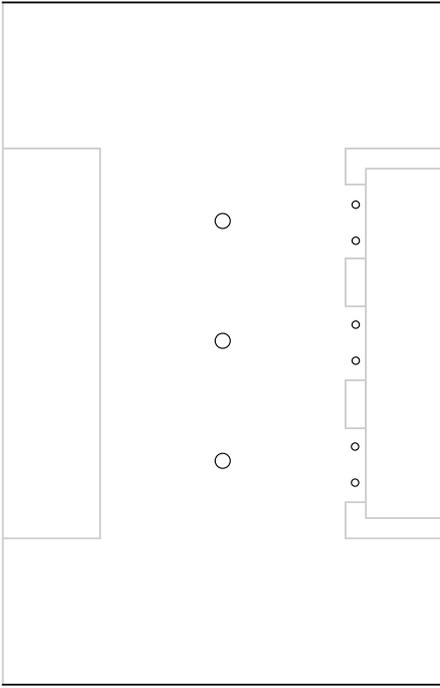


#### 4.2 Zona de ascensores

Los ascensores forman parte de las típicas áreas de circulación que deben destacar dentro del entorno mediante una iluminación acentuada. La acentuación puede realizarse tanto con elementos de iluminación individuales como a través de una concentración de los elementos de iluminación cerca de la zona de ascensores.

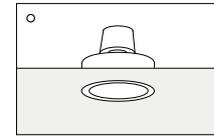
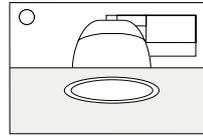
Por otra parte, debería estar en concordancia con el concepto del resto la iluminación del interior del ascensor, para que no se puedan producir inesperados saltos de luminosidad o efectos deslumbrantes al entrar o salir del mismo.

La iluminación de la zona de ascensores y del propio ascensor debería disponer de suficientes componentes verticales para facilitar la comunicación y un rápido reconocimiento entre las personas que entre el abrir y cerrar de las puertas de los ascensores se encuentran repentinamente. Las partes verticales de la iluminación deberían lograrse con luminarias bien apantalladas, de radiación horizontal, o mediante luz indirecta; esto presupone las correspondientes reflectancias de las superficies limitadoras del espacio, sobre todo de las paredes.

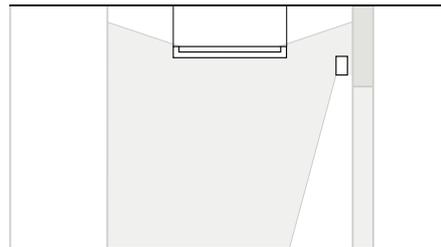
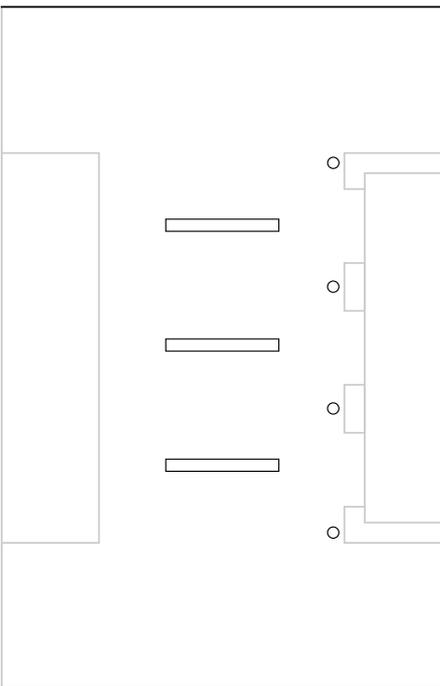
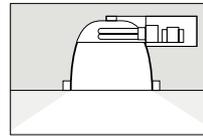


Downlights para lámparas fluorescentes compactas proporcionan una iluminación de base económica. Para la acentuación de la zona de ascensores sirve una componente propia de Downlights para lámparas halógenas de bajo voltaje, que tanto proporcionan partes horizontales de iluminación como reflejos de luz que llaman la atención sobre los ascensores.

Downlight empotrable para lámparas fluorescentes compactas.

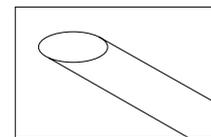


Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

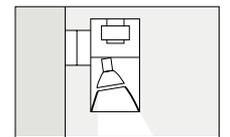
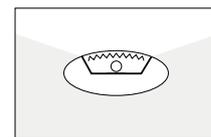
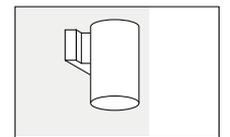


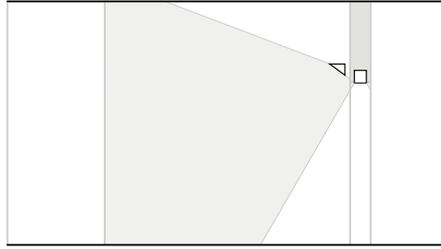
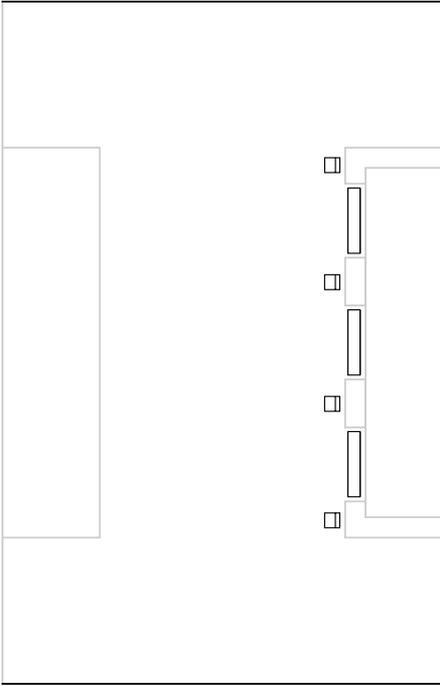
Luminarias de radiación indirecta iluminan el entorno del ascensor. La zona de ascensores se acentúa adicionalmente a través de Downlights montados en la pared. En este caso la iluminación reflejada en la pared proporciona una componente arquitectónica y una parte de iluminación difusa.

Luminaria indirecta suspendida para lámparas fluorescentes.



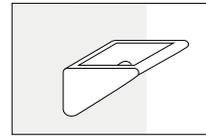
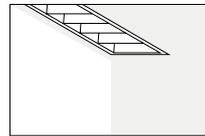
Downlight montado en pared para lámparas reflectoras halógenas.



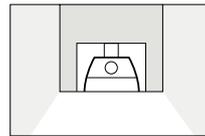


Bañadores de techo montados en pared proporcionan la iluminación básica. La acentuación de los accesos se realiza con ayuda de luminarias de retícula empotradas para lámparas fluorescentes.

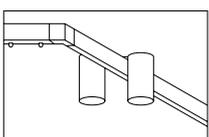
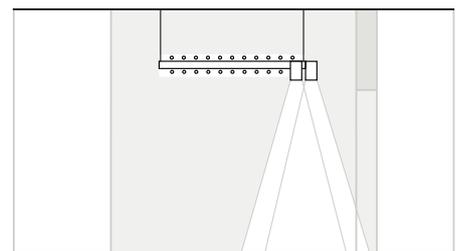
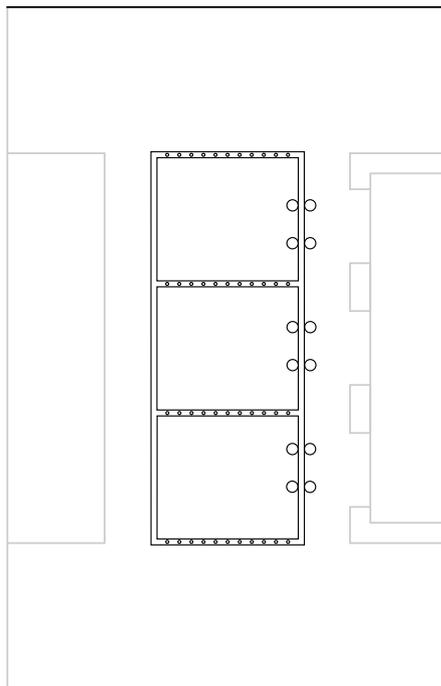
Luminarias de retícula para lámparas fluorescentes.



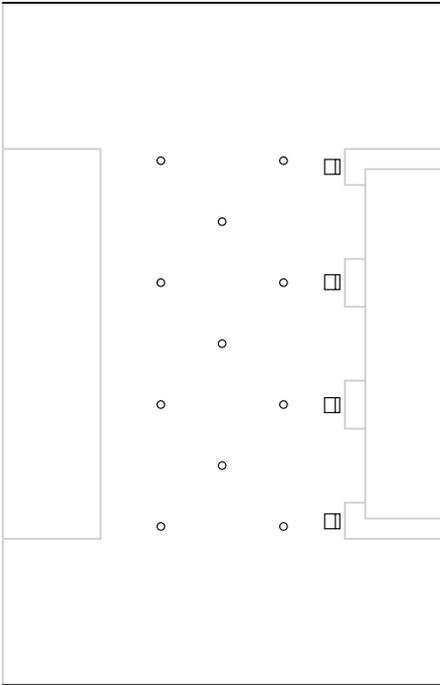
Bañador de techo montado en pared para lámparas fluorescentes compactas o halógenas incandescentes.



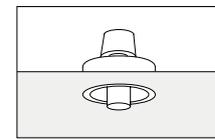
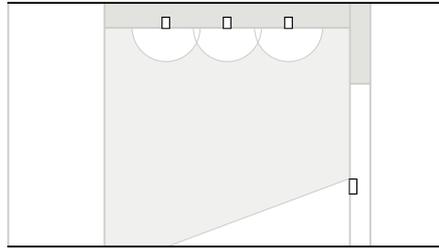
Lo que se persigue es un carácter representativo. La acentuación de la zona de ascensores en este caso se logra tanto mediante el efecto de brillo de una línea de lámparas enanas, como a través de la disposición de Downlights con cilindro doble. Ambos componentes de iluminación son soportados por un sistema de panel suspendido.



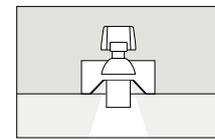
Sistema de panel con lámparas enanas y Downlight de cilindro doble para lámparas reflectoras halógenas.



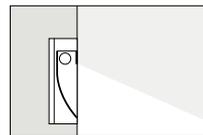
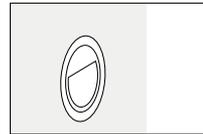
La iluminación base se consigue mediante un tramado alterado de Downlights decorativos, que proporcionan tanto iluminancias suficientes como efectos de brillo. Adicionalmente, se logra parte de iluminación en el suelo mediante bañadores de suelo.



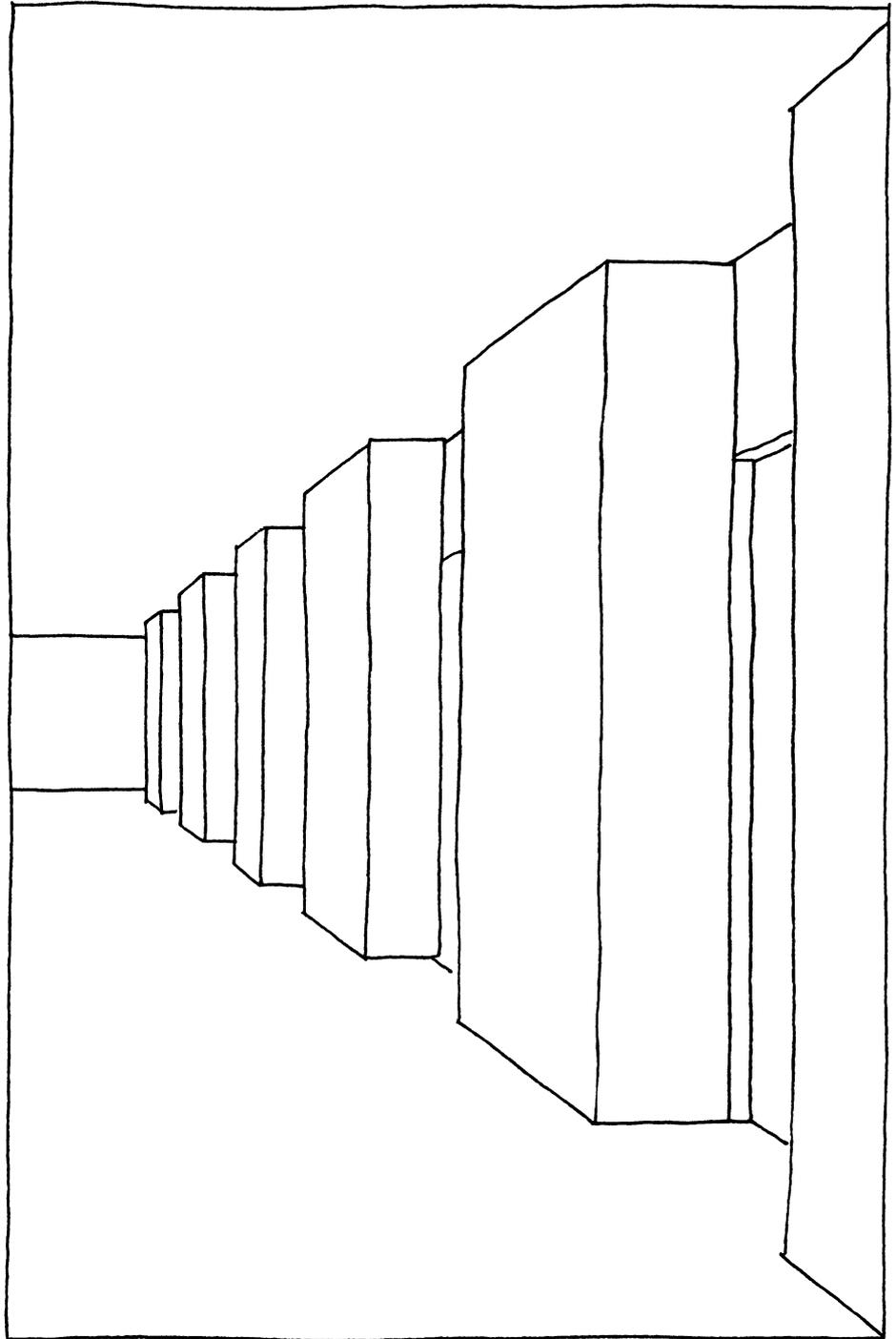
Downlight decorativo empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Bañador de suelo integrado en la pared para lámparas fluorescentes compactas.



### 4.3 Corredores



Los corredores sirven para la apertura de espacios o la unión de piezas de un edificio. Pueden recibir luz diurna a través de ventanas o claraboyas, pero a menudo están situados en el interior del edificio, por lo que necesitan una iluminación artificial prácticamente permanente.

Igual que en los foyers, también en los corredores la tarea principal de la iluminación consiste en apoyar la orientación, por lo que también en este caso sirve una iluminación base no dramática y comunicativa para resaltar la construcción arquitectónica. Puntos de circulación como entrada, salida y puertas hacia otros espacios deberían acentuarse, para informar al usuario sobre su entorno. Si los re-

corridos en un edificio son más complicados, sería conveniente facilitar la orientación mediante placas de señalización, rótulos indicadores o sistemas informativos de color. Los corredores en el interior de un edificio se consideran frecuentemente oscuros o uniformes. Esta impresión se puede contrarrestar mediante la suficiente luminosidad de las paredes y una iluminación estructurada. En tales corredores resulta favorable la disposición graduada de luminarias adaptándose a la arquitectura.

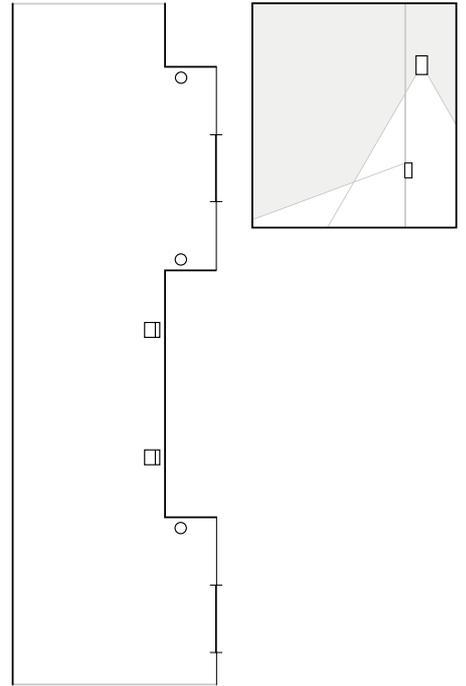
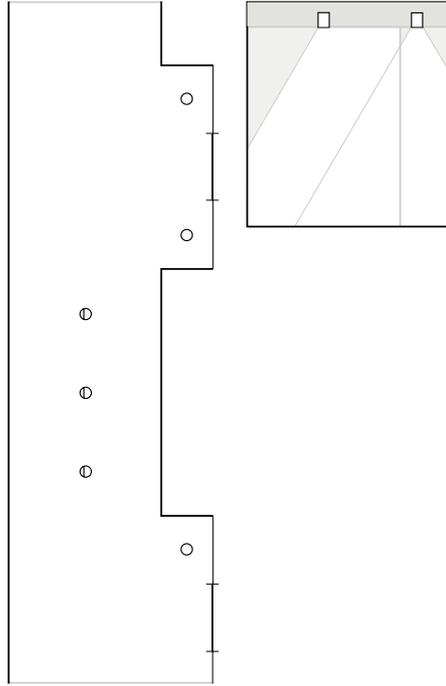
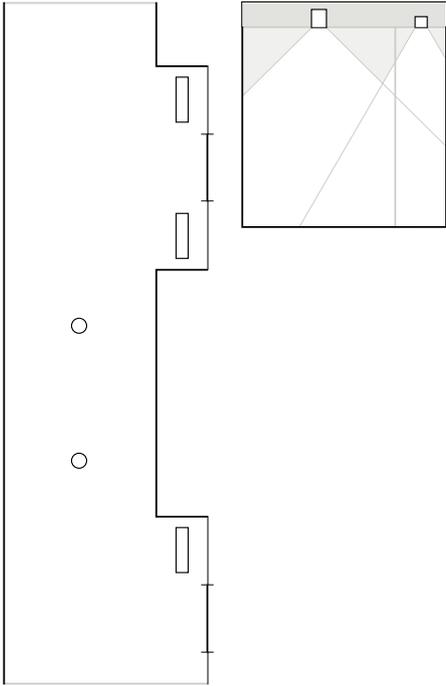
También mediante una iluminación acentuada de puntos visuales se puede lograr una suavización de la monotonía y una articulación del espacio.

Como consecuencia del permanente encendido de la iluminación artificial, en los corredores se dan largos períodos de conexión, que requieren medidas de ahorro de energía. Primer paso para ello es la utilización de lámparas con un alto rendimiento luminoso, sobre todo de lámparas fluorescentes. En edificios cuyos corredores también deben estar iluminados por la noche se ofrece una conexión nocturna adicional que disminuye el nivel luminoso para los períodos de menor afluencia a una suficiente iluminación de orientación, mediante la regulación del flujo luminoso, la desconexión de determinados grupos de luminarias o la instalación por separado de una iluminación nocturna.

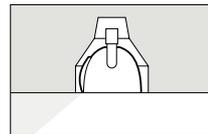
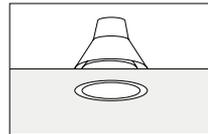
En un hotel, en la zona de puertas y corredores, Downlights empotrables proporcionan la iluminación base del corredor. La zona de puertas se destaca mediante luminarias de retícula.

Downlights-bañadores de pared integrados en el techo iluminan las zonas de circulación, produciendo una luz acentuadamente difusa, y con ello dan una impresión luminosa y abierta al espacio. Para la acentuación de la zona de puertas, en cambio, se utilizan Downlights dispuestos por encima de las mismas.

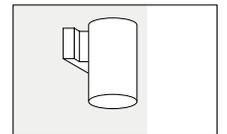
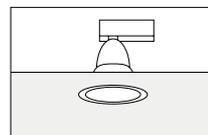
Bañadores de suelo proporcionan una suficiente iluminación base. Las zonas de puerta se acentúan mediante Downlights dispuestos lateralmente en los rincones. De este modo se produce un contraste claro entre la iluminación horizontal del área de circulación y la vertical de la zona de puertas.



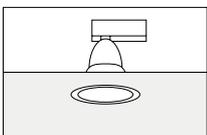
Downlight-bañador de pared integrado en techo para lámparas halógenas incandescentes.



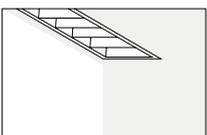
Downlight empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



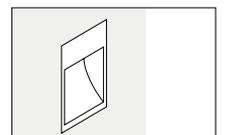
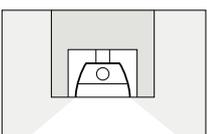
Downlight montado en pared para lámparas fluorescentes compactas.



Downlight empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.

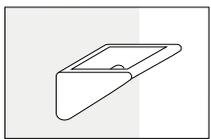
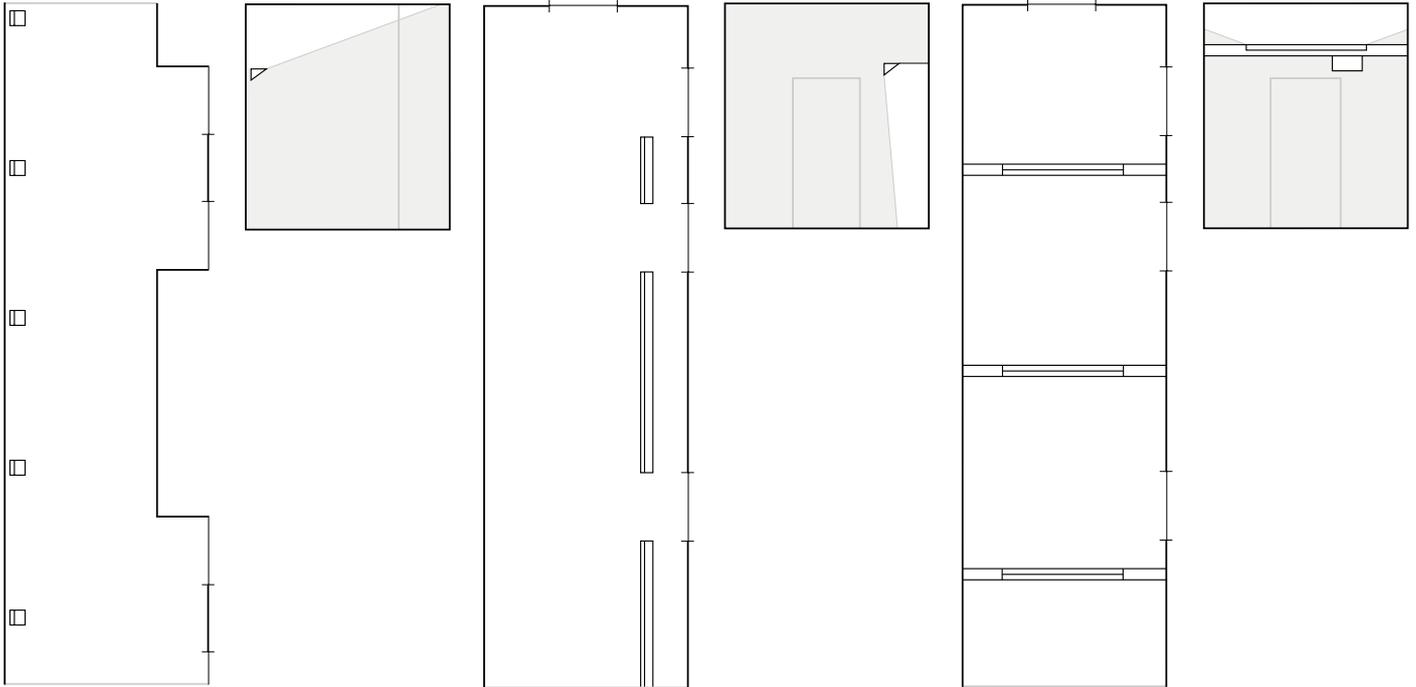


Bañador de suelo integrado en pared para lámparas fluorescentes compactas.

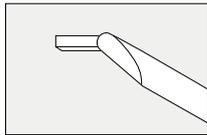
Bañadores de techo montados en pared proporcionan, mediante la iluminación uniforme y directa del corredor, un efecto luminoso y abierto del espacio.

La iluminación del corredor en un edificio de administración se realiza mediante una disposición a lo largo de la pared de bañadores de pared fijados en brazos. De este modo se logra una iluminación indirecta general a través de la luz reflejada en la pared y una iluminación directa de soportes informativos en la pared.

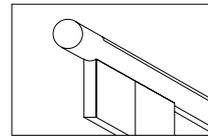
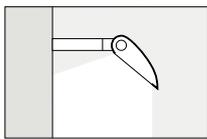
Una estructura luminosa de radiación indirecta colocada entre las paredes sirve para la iluminación base. La distancia entre luminarias se ha elegido de tal forma que todas las puertas tienen una luminaria de señalización.



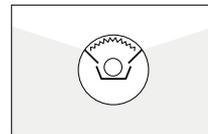
Bañador de techo montado en pared para lámparas fluorescentes compactas o halógenas incandescentes.



Bañador de pared montado en brazo para lámparas fluorescentes.



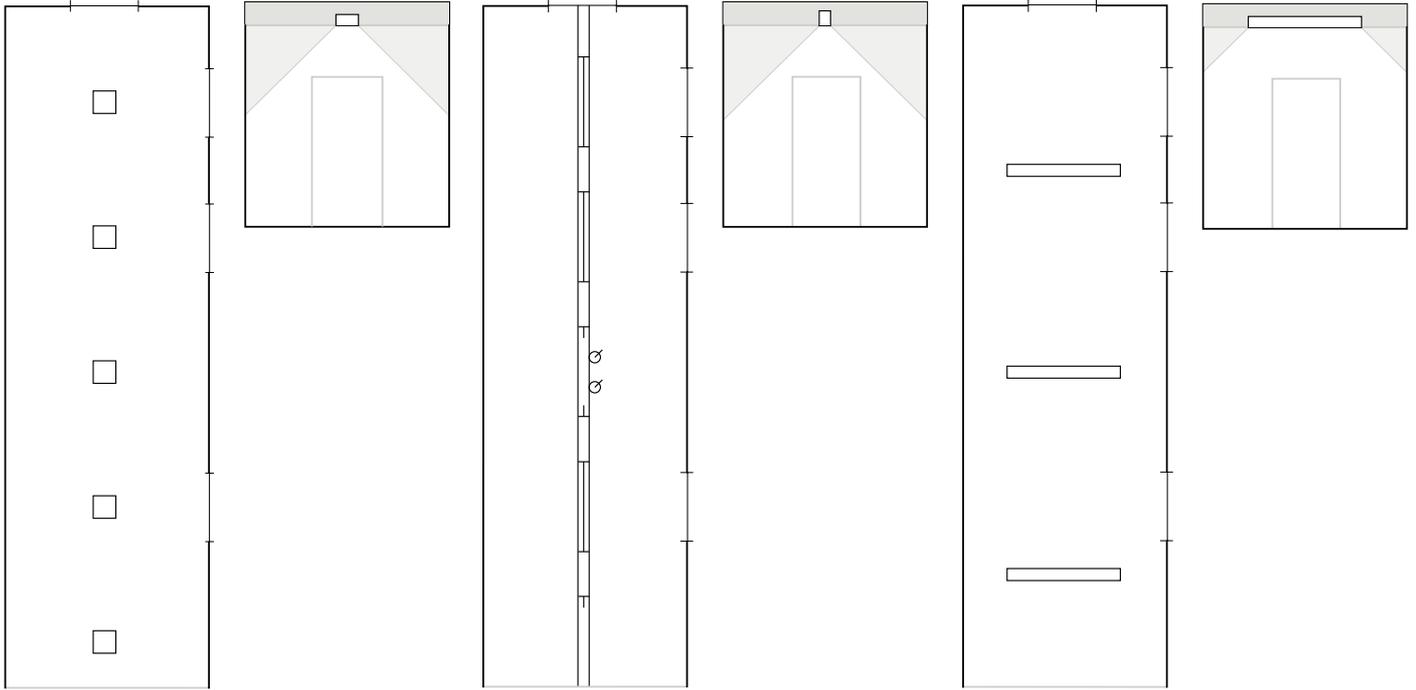
Estructura luminosa con luminarias integradas de radiación indirecta para lámparas fluorescentes y luminarias de señalización.



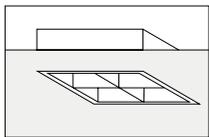
Mediante una disposición regular de luminarias de retícula para lámparas fluorescentes compactas se consigue una iluminación rentable del corredor.

El soporte para la iluminación es un canal de instalación multifuncional dispuesto en la misma dirección del corredor que, aparte de luminarias de radiación directa, puede acoger tramos de rail electrificado para el montaje de proyectores para la acentuación de determinadas áreas de pared, así como para altavoces e iluminación de emergencia.

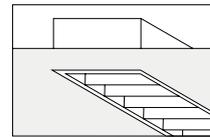
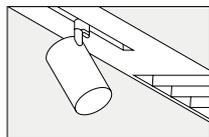
Para la iluminación uniforme y rentable se utiliza una luminaria de retícula empotrable de radiación directa dispuesta a lo ancho del corredor.



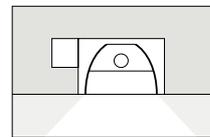
Canal de instalación con luminarias de retícula empotrables para lámparas fluorescentes y proyectores en railes electrificados.

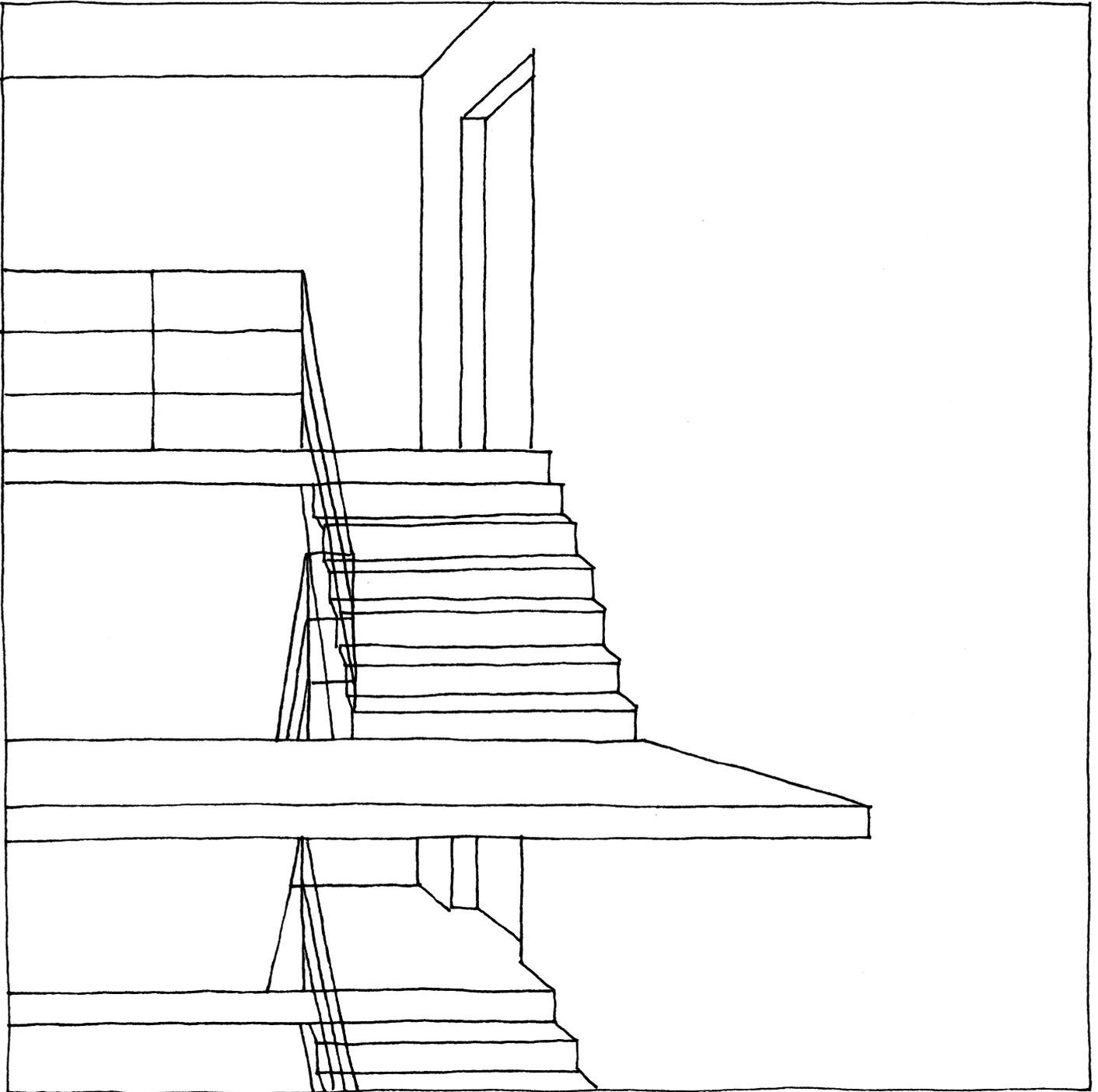


Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



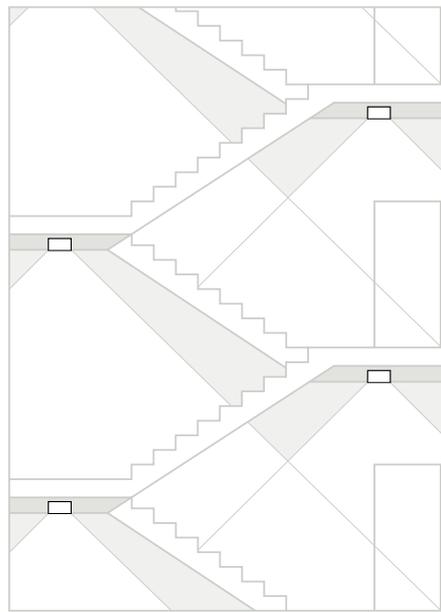
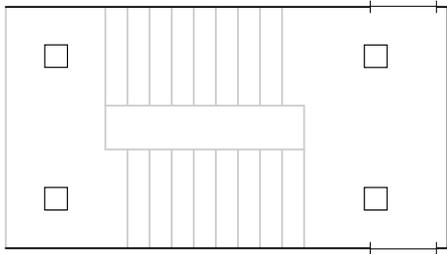
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.



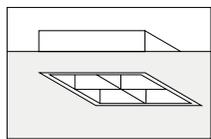


#### 4.4 Escalera

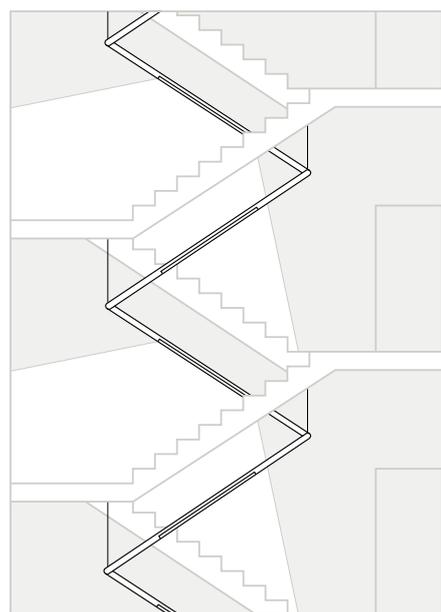
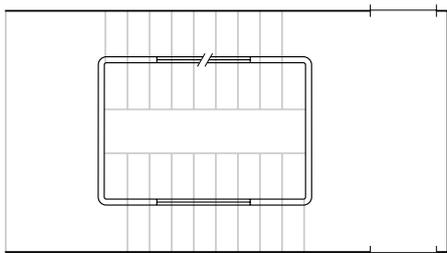
La orientación es el objetivo más esencial en la planificación de iluminación de escaleras. Lo que se pretende es una conducción de luz que ilustre la estructura del entorno haciendo visibles los puntos de peligro y evitando desconcertantes estructuras adicionales. Lo que debe hacerse reconocible es la estructuración de la escalera y sus escalones. En caso de tiempos prolongados de conexión para la iluminación de las mismas, casi siempre resulta conveniente la aplicación de fuentes de luz económicas.



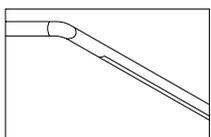
Luminarias de retícula dispuestas en parejas iluminan descansillos y escaleras.



Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes compactas.

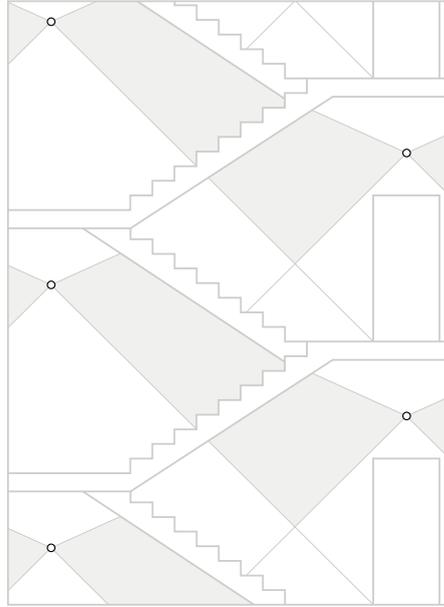
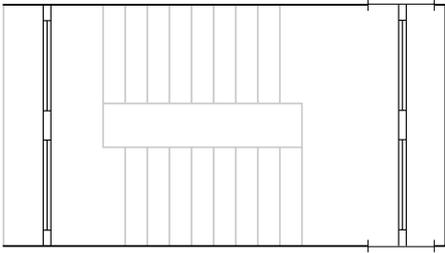


El soporte de la iluminación es una estructura luminosa suspendida con luminarias de radiación directa-indirecta, respectivamente. La estructura sigue el mismo recorrido de las escaleras y cruza los descansillos por donde termina y se inicia la escalera. La conducción constructivamente costosa de la estructura por el centro del descansillo en este caso no se hace.



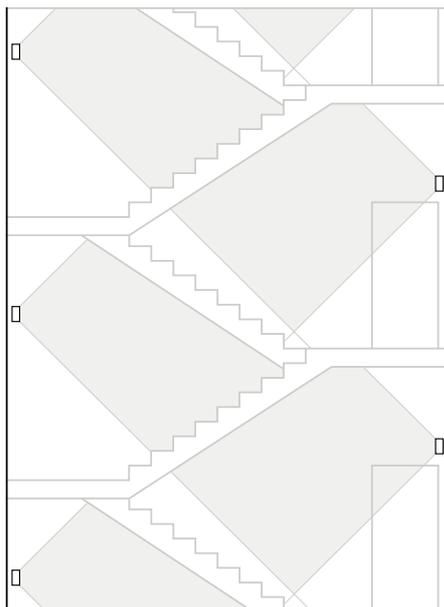
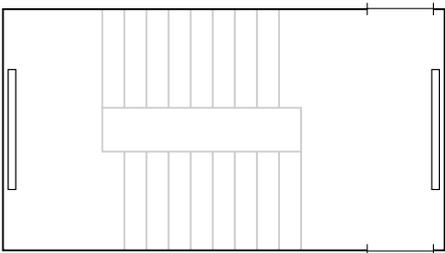
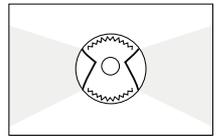
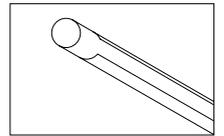
Estructura luminosa suspendida con luminarias de radiación directa-indirecta integradas para lámparas fluorescentes.

4.0 Ejemplos de planificación  
4.4 Escalera



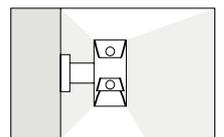
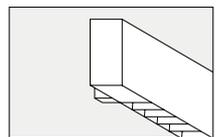
Una estructura luminosa de radiación directa-indirecta colocada entre las paredes por encima de los descansillos proporciona la iluminación del recorrido de la escalera mediante luz directa y reflejada.

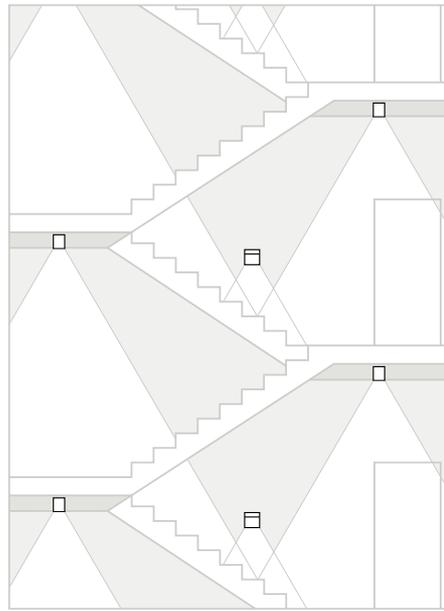
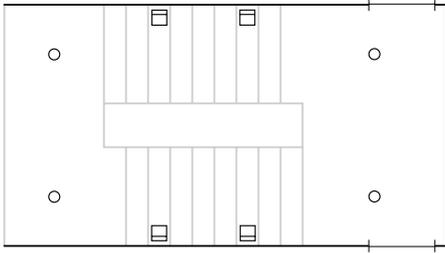
Estructura luminosa con luminarias integradas de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes.



Una luminaria de pared de radiación directa-indirecta proporciona un nivel de iluminación suficiente tanto en la zona de las escaleras como en los descansillos.

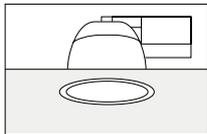
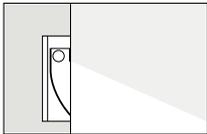
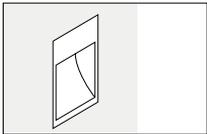
Luminaria directa-indirecta montada en pared para lámparas fluorescentes.



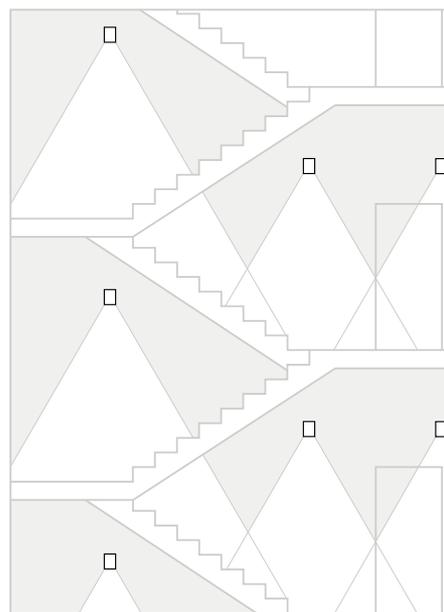
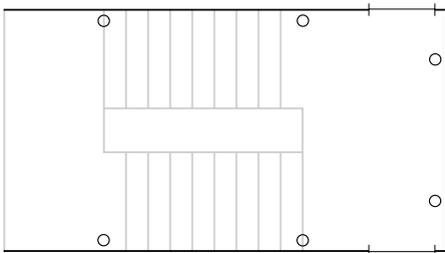


Dos tipos distintos de luminarias iluminan descansillos y escaleras. En este caso, las escaleras son iluminadas por bañadores de suelo, en tanto que los descansillos reciben la iluminación a través de Downlights empotrables.

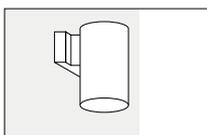
Bañador de suelo integrado en pared para lámparas fluorescentes compactas.



Downlight empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



Downlights montados en pared, siempre dispuestos por encima del inicio y el final de los tramos de escaleras, así como en la pared frontal de las puertas del descansillo, proporcionan la iluminación de la escalera. Por la disposición de las luminarias se consigue una perfecta conducción óptica. Esta solución de las luminarias montadas a la pared también resulta adecuada para los recorridos de escaleras con difíciles condiciones de instalación.



Downlight montado en pared para lámparas fluorescentes compactas.

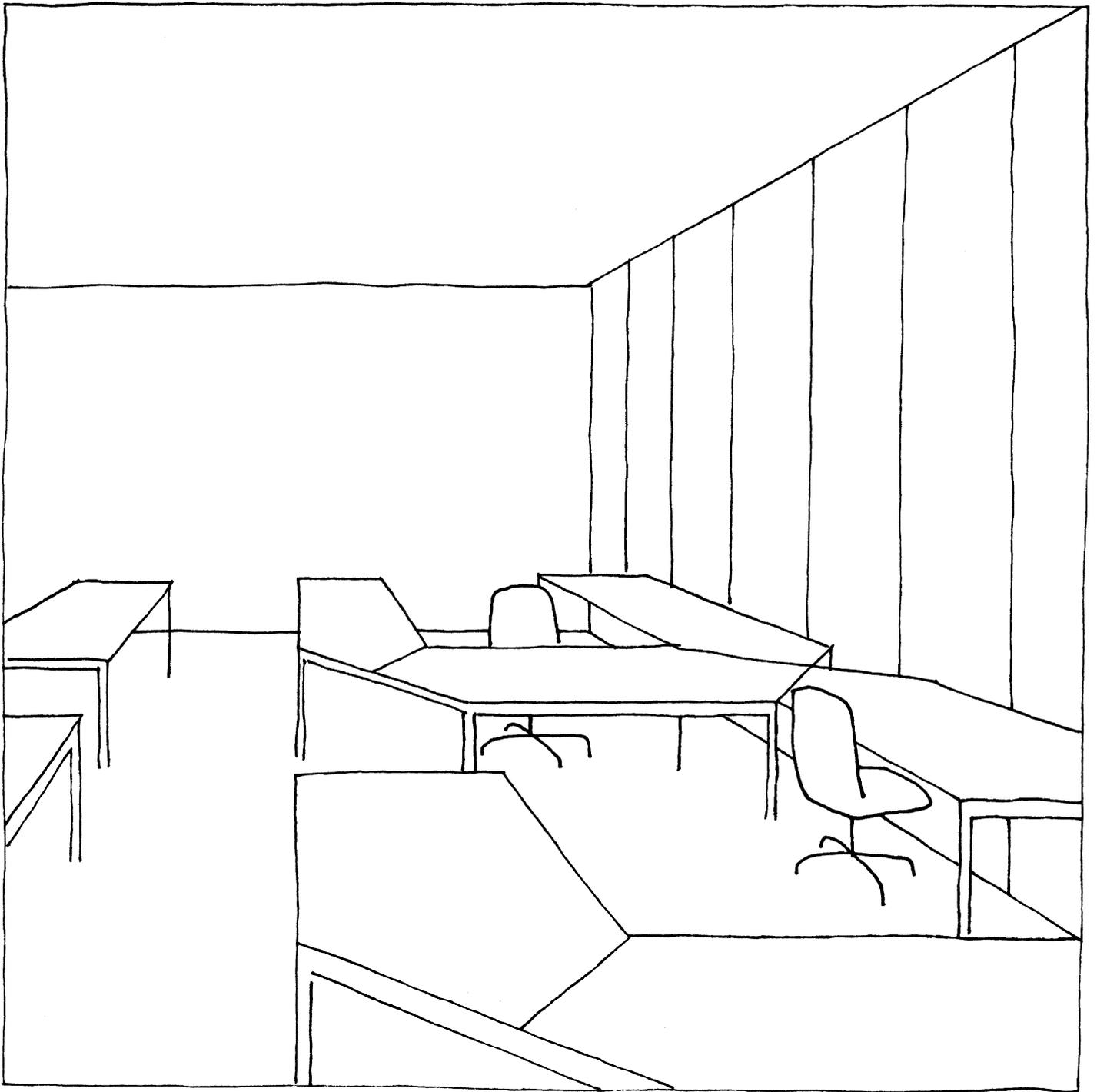
## 4.5 Oficina de grupos

Para oficinas de grupos resultan una serie de condiciones básicas por las normativas de la iluminación del puesto de trabajo. Lo que aquí se debe tener en cuenta son por tanto las exigencias definidas en cuanto a los criterios de calidad: nivel luminoso y uniformidad de la iluminación, distribución de luminancia, limitación de deslumbramiento directo y por reflexión, orientación de luz y presencia de sombras, así como color de luz y reproducción cromática.

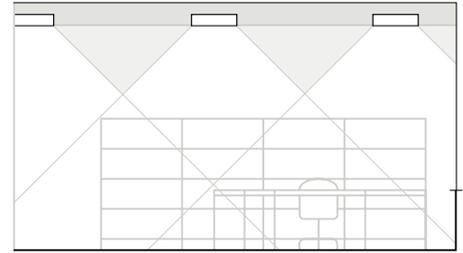
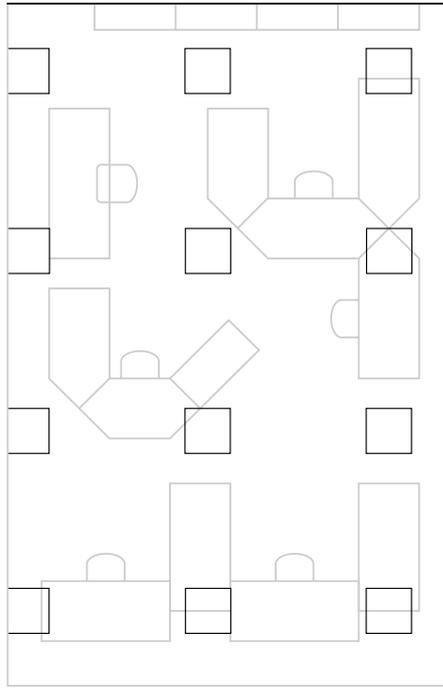
Debido a la acción combinada de luz diurna e iluminación artificial pueden resultar requisitos adicionales por la presencia de puestos de trabajo con tareas de dibujo, pero sobre todo en la iluminación de los puestos de trabajo con pantallas de ordenador. En este cometido de iluminación se debería considerar el equilibrio de las luminancias en el espacio y sobre todo una óptima limitación de deslumbramiento de las luminarias utilizadas. Para la iluminación de puestos de trabajo con pantallas de contrastes positivos existen requisitos especiales para las luminarias, que pueden reflejarse en dichas pantallas. Las luminarias construidas según esta normativa se denominan luminarias BAP y se pueden utilizar sin reserva para la iluminación de puestos de trabajo con pantalla. No obstante, se debería tener en cuenta que las luminarias BAP, a pesar de su excelente limitación de deslumbramiento, también poseen lados oscuros luminotécnicamente hablando; en este caso sobre todo hay que citar la escasa iluminación vertical del espacio, el emplazamiento necesariamente más ajustado de las luminarias y la intensificación de reflejos deslumbrantes sobre tareas visuales horizontales. Para la iluminación de espacios con modernas pantallas de contraste positivo o en luminarias fuera del campo de reflexión de las pantallas, también se deberían seguir aprovechando las ventajas de la planificación de iluminación en cuanto a reflectores satinados mates y luminarias de radiación horizontal, mientras que las luminarias BAP representan la solución a los problemas en casos más críticos de la iluminación de pantallas.

Una posibilidad de iluminación para una oficina de grupos representa la iluminación uniforme a través de luminarias dispuestas en forma reticulada, donde carácter y limitación de deslumbramiento podrían ser influenciados por la elección de las luminarias y su característica de radiación directa, indirecta o directa-indirecta.

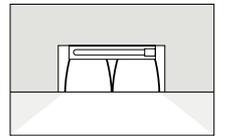
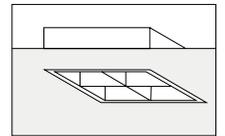
Una segunda posibilidad es la aplicación de una iluminación general igualmente uniforme, pero más baja, que se complementa con luminarias de mesa. Para oficinas de grupos con zonas claramente limitadas (área de trabajo, de circulación, de conferencias) se ofrece una iluminación referente a los diferentes requisitos de cada zona. Una adaptación a la cambiante utilización de determinadas zonas es posible mediante la utilización de luminarias combinadas, por ejemplo por la combinación de luminarias para lámparas fluorescentes e incandescentes. También se puede tener en cuenta la desconexión de luminarias situadas cerca de ventanas en función de la luz diurna. Para lograr una iluminación rentable se recomienda básicamente la utilización de lámparas fluorescentes convencionales o bien compactas. La rentabilidad puede ser aún mayor mediante reactancias electrónicas, que proporcionan a su vez un aumento del confort visual por la ausencia de efectos de centelleo.



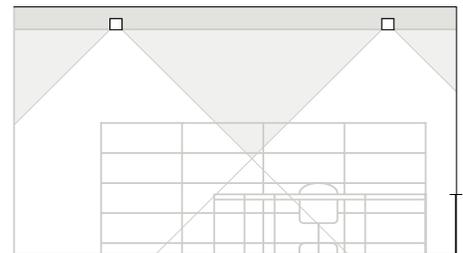
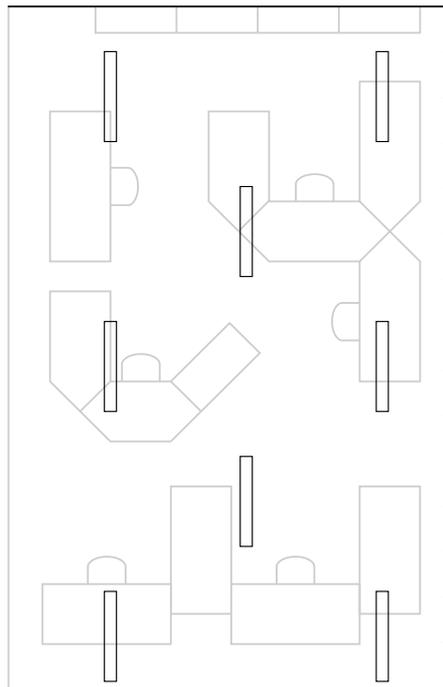
Una disposición regular de luminarias de retícula empotrables sirve para la iluminación general. La iluminación no está instalada en relación al puesto de trabajo, por lo que se puede modificar la situación del mobiliario sin variar la instalación de iluminación.



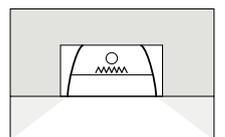
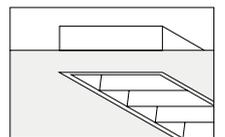
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



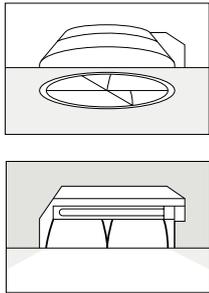
Una disposición alterada de luminarias de retícula integradas en el techo proporciona la iluminación general uniforme. Una rejilla prismática en el centro del reflector produce una iluminación sin deslumbramientos por reflexión y en forma de aleta, alcanzando altos valores CRF en todo el espacio y posibilitando la libre disposición de los muebles.



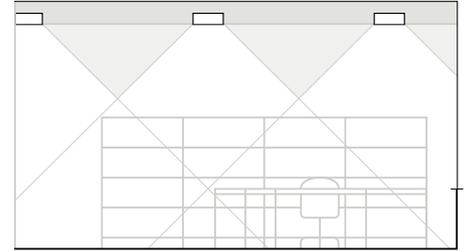
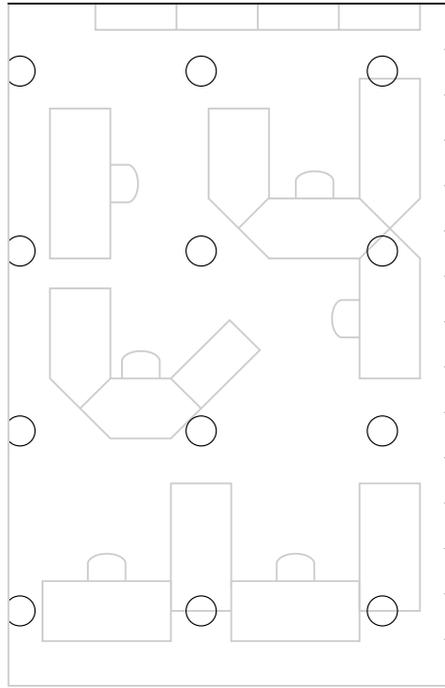
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.



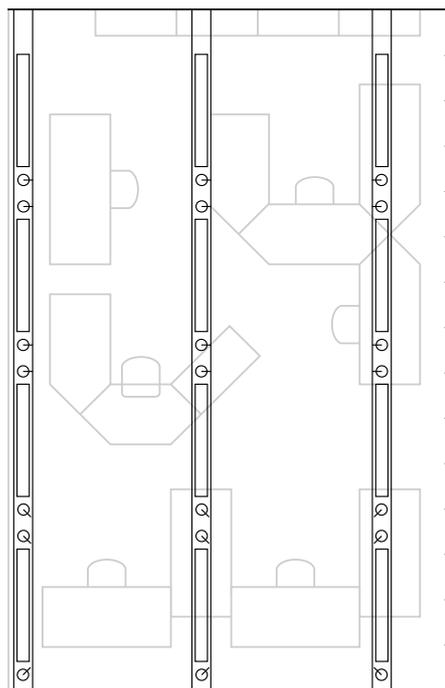
Un módulo regular de Downlights integrados en el techo con rejilla en cruz proporciona una iluminación general uniforme.



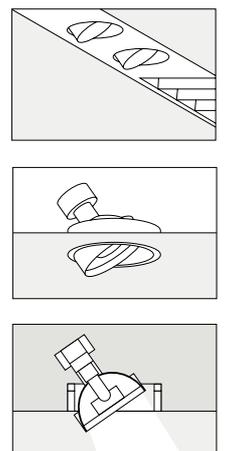
Downlight empotrable con rejilla en cruz para lámparas fluorescentes compactas.



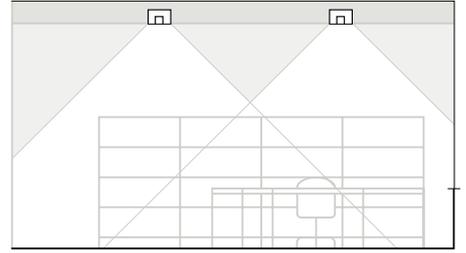
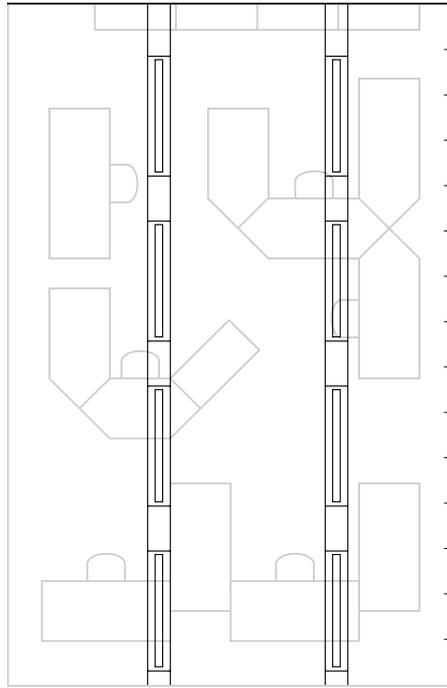
Soporte de la iluminación son unos canales de instalación colocados en paralelo al frontal de ventanas. Éstos integran tanto luminarias de retícula para la iluminación plana como proyectores orientables para la iluminación acentuada. En dichos canales es posible la inclusión de ventilación o de climatización.



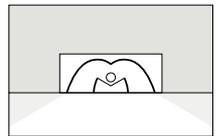
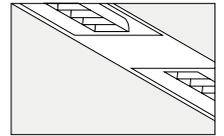
Canal de instalación para luminarias de retícula empotrables con lámparas fluorescentes y proyectores orientables empotrables para lámparas halógenas incandescentes.



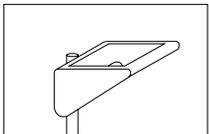
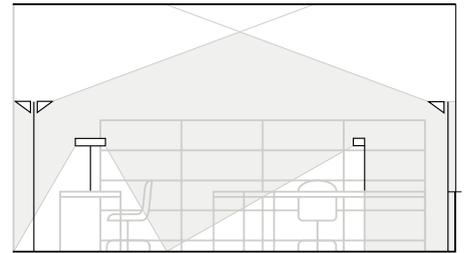
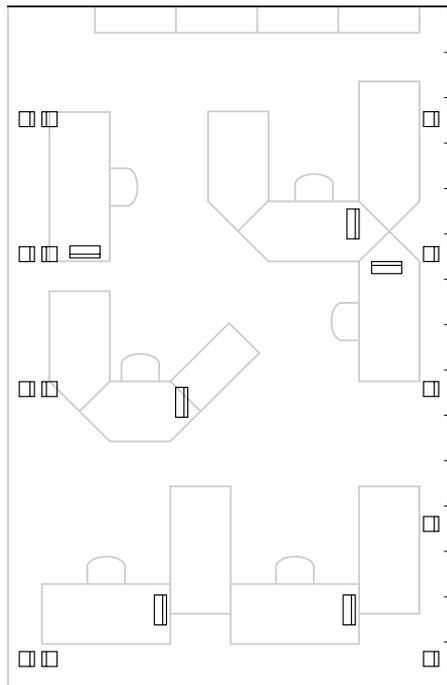
Para la iluminación de la oficina se utilizan luminarias con reflector secundario. Mediante la adecuada elección de luminarias se pueden controlar la relación de luz directa e indirecta y las exigencias en cuanto al ambiente del local y la limitación de deslumbramiento.



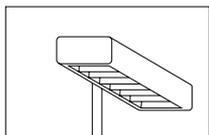
Luminaria con reflector secundario de radiación directa-indirecta integrada en el techo para lámparas fluorescentes.



Una iluminación básica sin deslumbramientos, acentuadamente difusa, se logra mediante bañadores de techo independientes. Cada puesto de trabajo cuenta además con su propia luminaria de mesa.

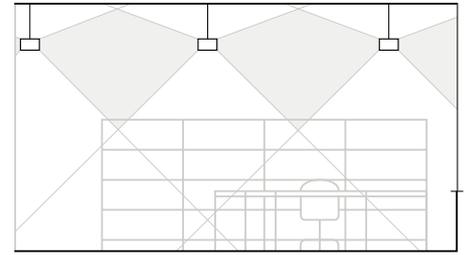
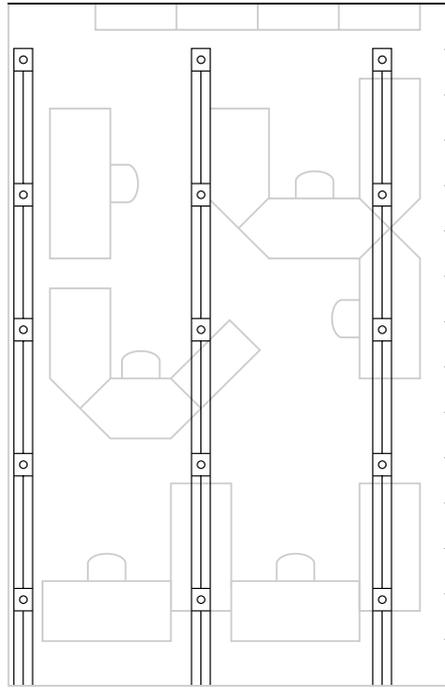


Bañador de techo independiente para lámparas de halogenuros metálicos.

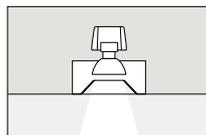
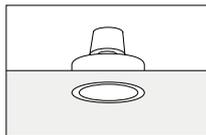
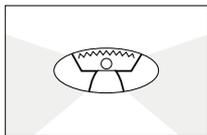
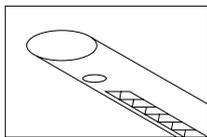


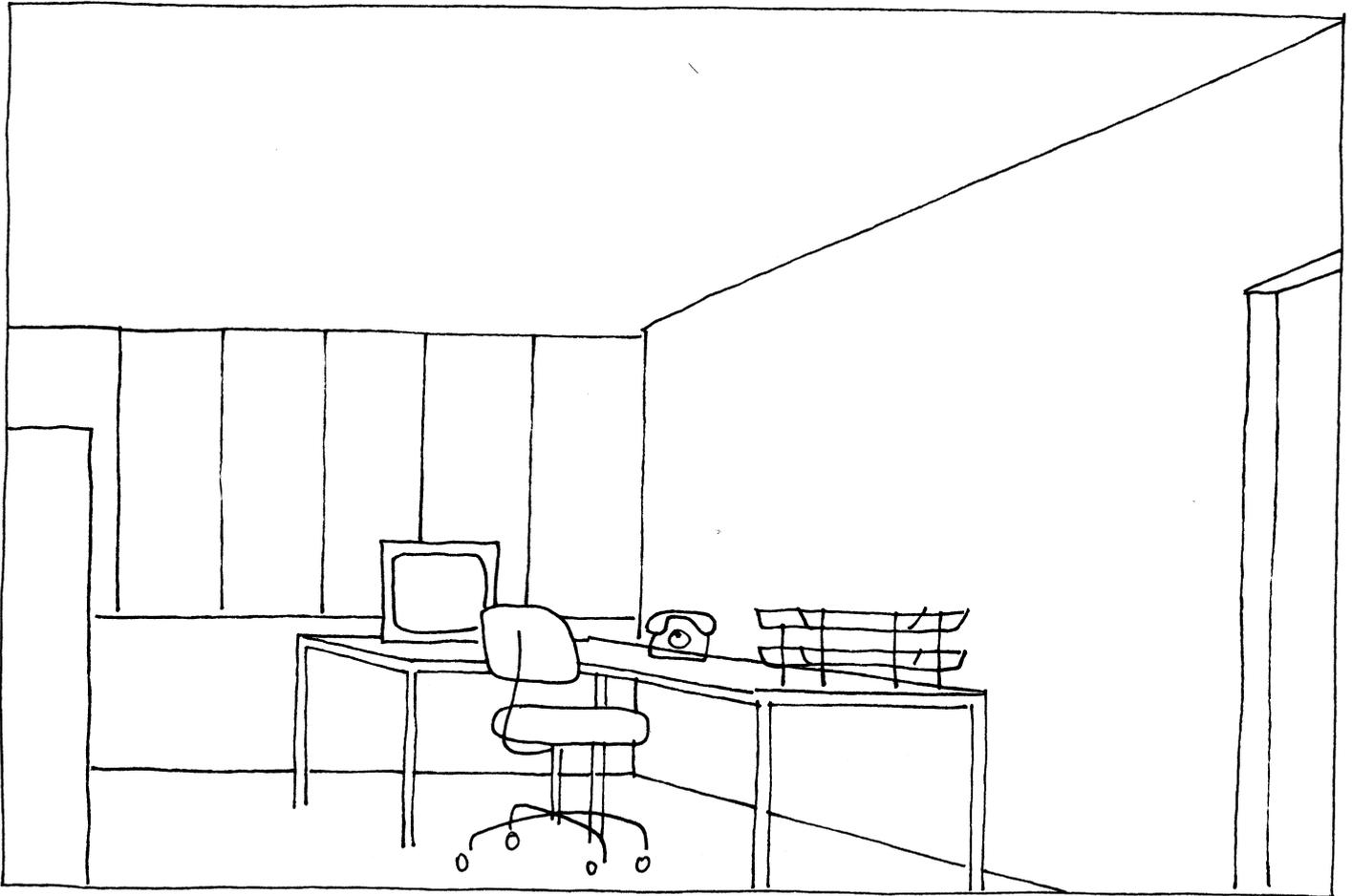
Lámpara de mesa para lámparas fluorescentes compactas.

Una estructura luminosa suspendida proporciona la iluminación, en la que tanto se pueden integrar luminarias de radiación directa-indirecta como Downlights. A través de la conexión de ambos componentes se puede conseguir tanto una iluminación rentable con lámparas fluorescentes para las tareas de oficina como una iluminación con lámparas incandescentes mediante la luz orientada de los Downlights, por ejemplo, para reuniones por la noche.



Estructura luminosa suspendida con luminarias de radiación directa-indirecta integradas para lámparas fluorescentes y Downlights integrados para lámparas halógenas de bajo voltaje.

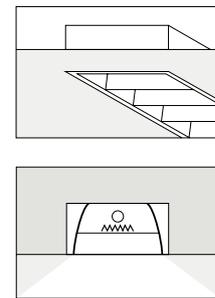
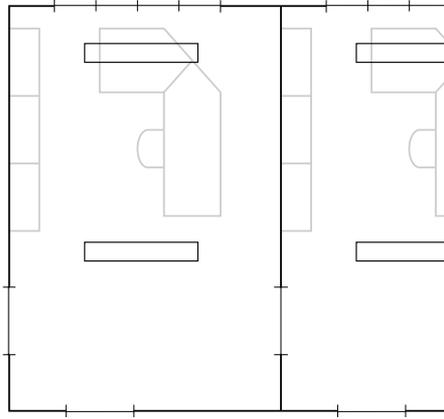




4.6 Oficina individual

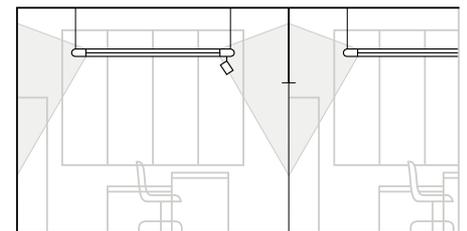
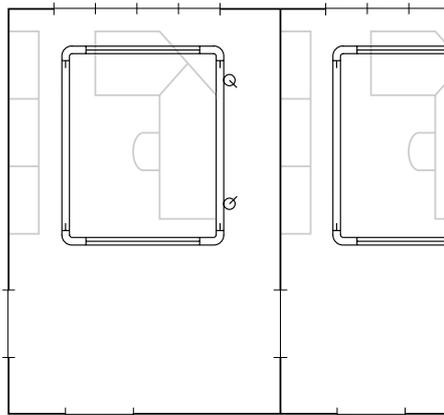
Para la oficina individual sirven en gran medida los mismos criterios de planificación que para la oficina de grupos. No obstante, debido a la elevada parte de luz diurna, es suficiente tener iluminancias nominales más bajas; adicionalmente, es conveniente instalar las luminarias de tal modo que los grupos de luminarias que están situados más cerca de las ventanas puedan desconectarse individualmente en caso de suficiente luz diurna. Mientras que en la oficina de grupos la luminancia de las luminarias, sobre todo para puestos de trabajo con pantalla, puede ser de una importancia decisiva, se pospone este criterio en la oficina individual debido a la geometría espacial. No obstante, molestos efectos de deslumbramiento, sobre todo por la reflexión, se pueden producir en este caso por las ventanas.

Luminarias de retícula para lámparas fluorescentes dispuestas en paralelo a las ventanas proporcionan la iluminación del espacio. La disposición de las luminarias se refiere al puesto de trabajo, por lo que en las zonas de paso entre las puertas se alcanza una iluminancia más baja. La característica de las luminarias es más de radiación horizontal y proporciona una reproducción del contraste mejorada; las partes de luz de radiación directa de la lámpara se reducen mediante una rejilla prismática.

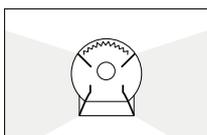
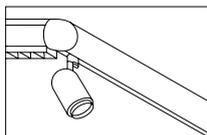


Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.

Una estructura luminosa suspendida que tanto lleva integradas luminarias de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes como un rail electrificado para el montaje de proyectores proporciona la iluminación base se realiza conforme al puesto de trabajo mediante las luminarias para lámparas fluorescentes; adicionalmente se acentúan puntos visuales en la pared a través de proyectores.

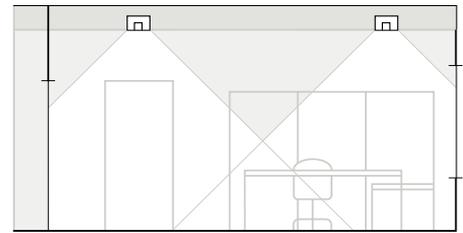
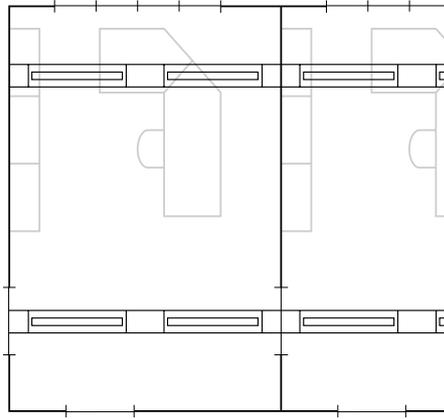
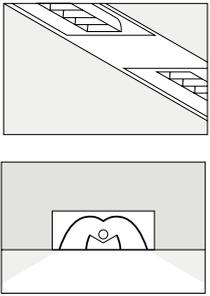


Estructura luminosa suspendida con luminarias de radiación directa-indirecta integradas para lámparas fluorescentes y railes electrificados integrados para el montaje de proyectores.

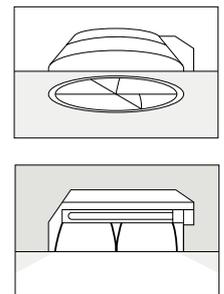
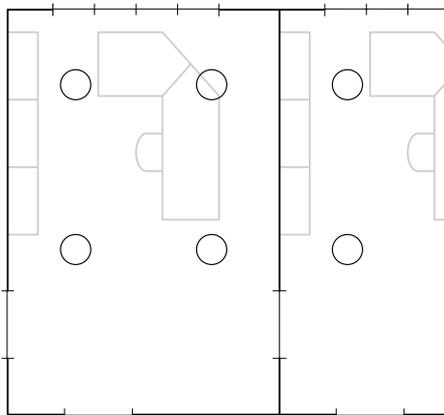


Para la iluminación del espacio se aplican luminarias con reflector secundario integradas en el techo. Mediante la adecuada elección de luminarias se puede controlar en este caso la relación de luz directa e indirecta y adaptarse a las exigencias en cuanto al ambiente espacial y la limitación de deslumbramiento.

Luminaria con reflector secundario integrada en el techo para lámparas fluorescentes.

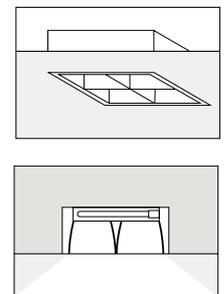
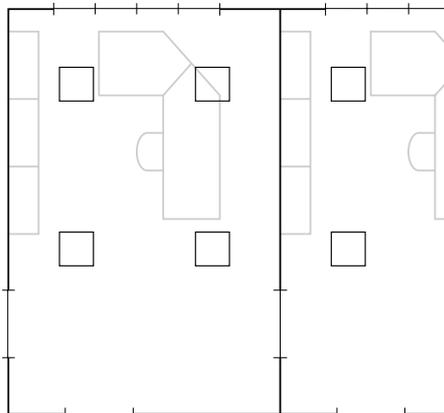


Downlights de rejilla en cruz dispuestos en una retícula uniforme para lámparas fluorescentes compactas iluminan el espacio.



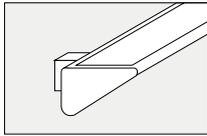
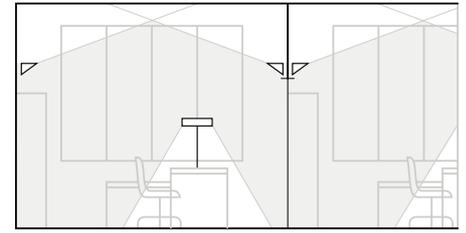
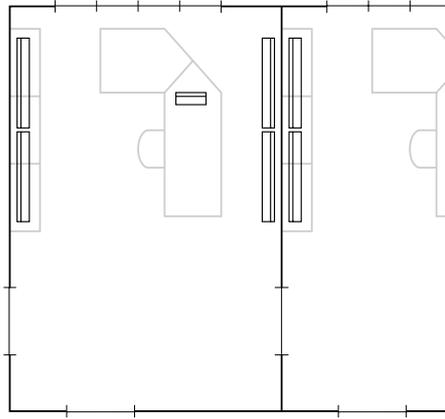
Downlight empotrable con rejilla en cruz para lámparas fluorescentes compactas.

Iluminación de oficina mediante luminarias de retícula para lámparas fluorescentes compactas. Por encima de los reflectores transversales se puede colocar una rejilla prismática. Con ello se consigue una distribución luminosa muy lateral, que proporciona una reproducción mejorada del contraste en el puesto de trabajo.

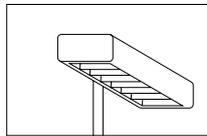


Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes compactas.

Bañadores de techo montados en pared sirven para la iluminación general indirecta y proporcionan un efecto luminoso del espacio. Una luminaria de mesa facilita adicionalmente una parte mayor de luz orientada y un elevado nivel luminoso en el puesto de trabajo.

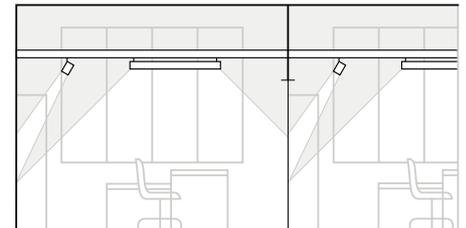
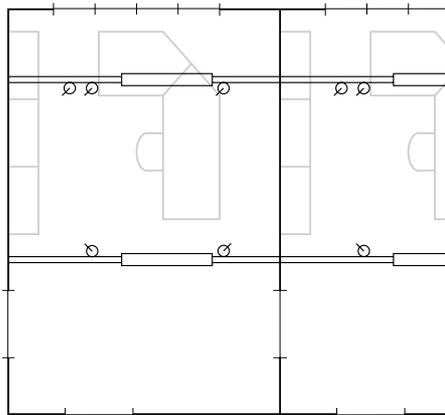


Bañador de techo montado en pared para lámparas fluorescentes o fluorescentes compactas.

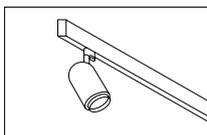
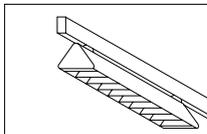


Luminaria de mesa para lámparas fluorescentes compactas.

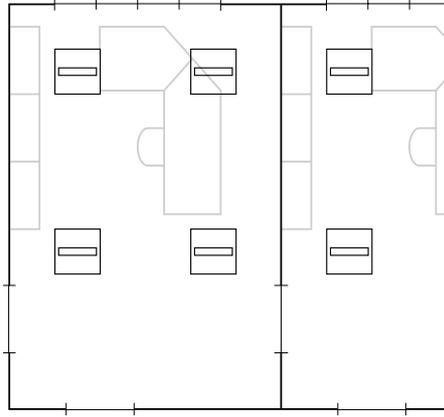
En este caso son dos estructuras de rail electrificado tensados de pared a pared los portadores de la iluminación, que llevan tanto dos luminarias para el puesto de trabajo como proyectores para la iluminación acentuada de puntos visuales.



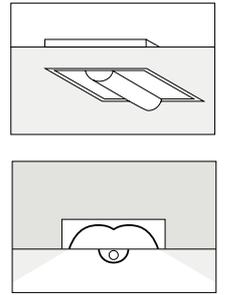
Estructura de rail electrificado con luminaria de retícula suspendida de radiación directa para lámparas fluorescentes y proyectores.



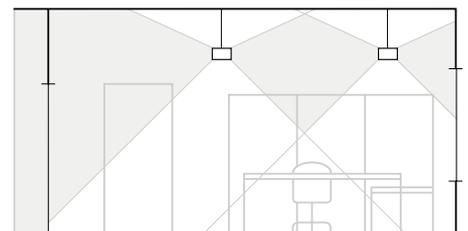
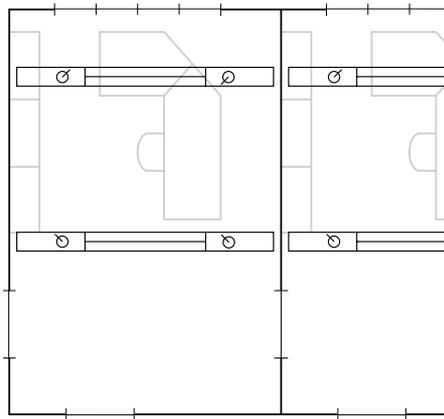
Cuatro luminarias con reflector secundario de radiación indirecta proporcionan la iluminación básica del despacho; la parte indirecta es conducida al espacio a través de un reflector superior mate. La disposición de las luminarias va en relación al puesto de trabajo, de modo que en el área de circulación resulta un nivel luminoso reducido.



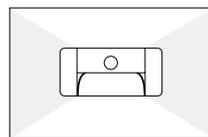
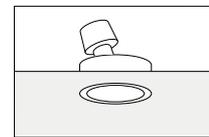
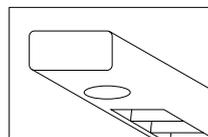
Luminaria con reflector secundario integrada en el techo para lámparas fluorescentes compactas.

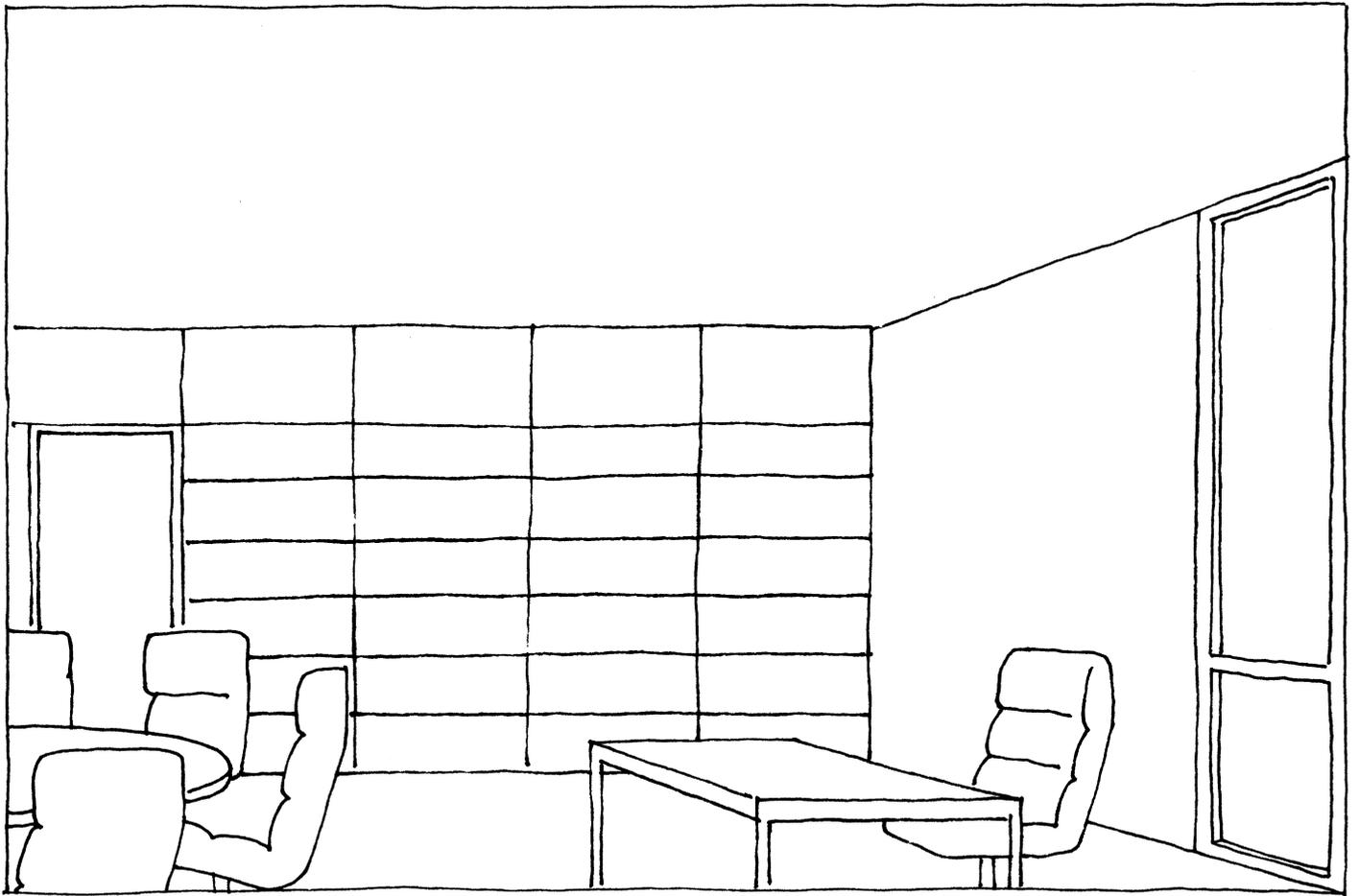


Iluminación de oficina a través de dos estructuras luminosas suspendidas en paralelo al frontal de ventanas y en relación al puesto de trabajo con luminarias integradas de radiación directa-indirecta, así como proyectores orientables integrados para la iluminación dirigida de mesa y puntos visuales.



Estructura luminosa con luminarias integradas de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes y proyectores orientables para lámparas halógenas de bajo voltaje.

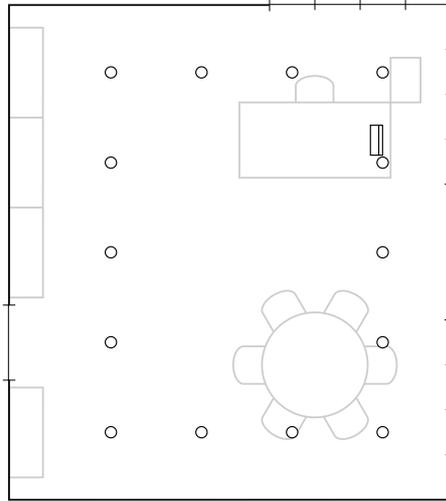




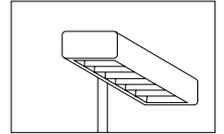
#### 4.7 Oficina de reuniones

La oficina de reuniones puede ser tanto el puesto de trabajo de un directivo como el despacho de una persona independiente. El espacio abarca tanto una zona de trabajo como de reuniones, que en cada caso pone sus propias exigencias a la iluminación. Frente a la iluminación funcional de otros espacios de oficina, en este caso el ambiente y el efecto representativo reciben una importancia de la misma categoría. Debido a la utilización variada del espacio resulta conveniente una concepción de iluminación que pueda adaptarse mediante conexiones y regulaciones del flujo luminoso de grupos individuales de luminarias a la correspondiente situación de utilización.

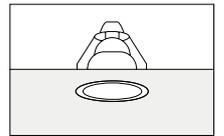
Downlights empotrables dispuestos en un rectángulo siguiendo los contornos del espacio proporcionan la iluminación básica. Adicionalmente se ha montado una mesa en el puesto de trabajo.



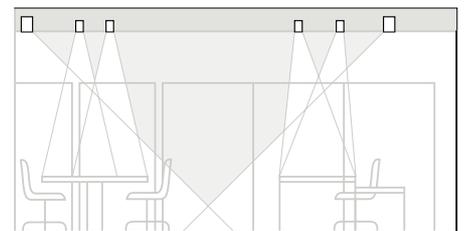
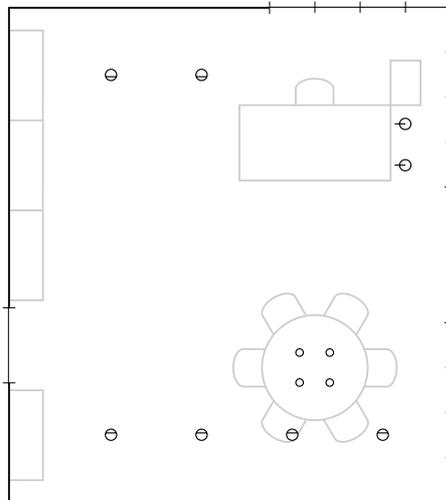
Luminaria de mesa para lámparas fluorescentes compactas.



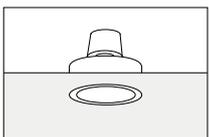
Downlight empotrable para lámparas incandescentes.



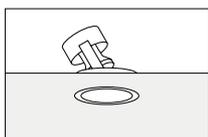
Downlights-bañadores de pared instalados en las partes frontales se ocupan de la iluminación básica del espacio. El puesto de trabajo recibe luz acentuada a través de proyectores orientables dispuestos en pareja, y la mesa de reuniones, por un grupo de cuatro Downlights.



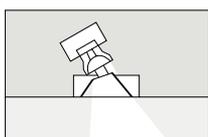
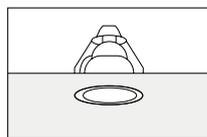
Downlight integrado en techo para lámparas halógenas de bajo voltaje.



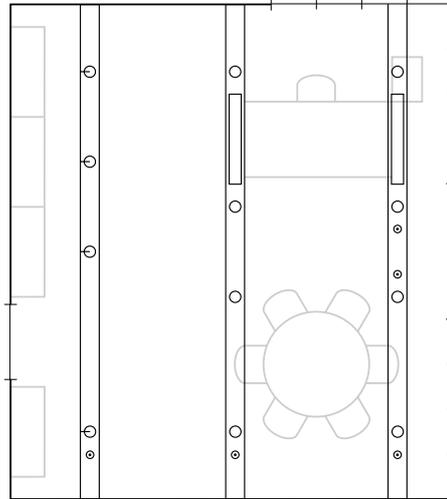
Downlight-proyector orientable integrado en techo para lámparas halógenas reflectoras.



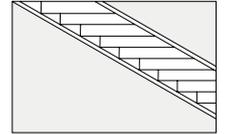
Downlight-bañador de pared integrado en techo para lámparas incandescentes.



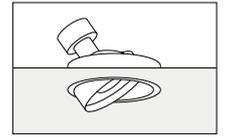
Constituyen el soporte de la iluminación tres canales de instalación dispuestos en paralelo a las ventanas. En ellos se instalan dos luminarias de retícula para iluminar el puesto de trabajo, Downlights para la mesa de trabajo y de reuniones, y proyectores orientables para la iluminación de la pared de armarios. Salidas de conexión pueden adicionalmente servir para el montaje de proyectores para la iluminación de superficies de pared libres.



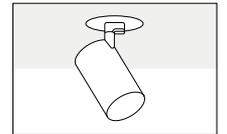
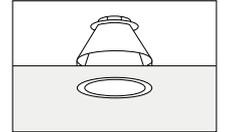
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.



Proyector orientable empotrable para lámparas halógenas-incandescentes.

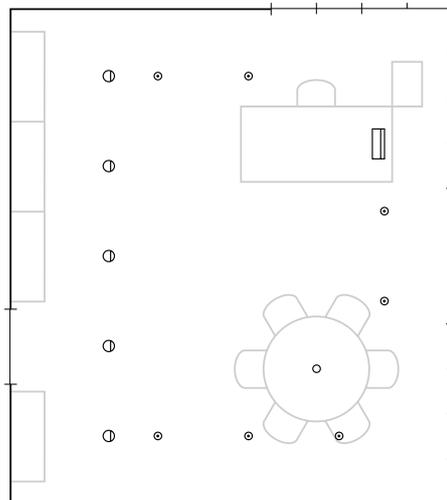


Downlight empotrable para lámparas halógenas-incandescentes.

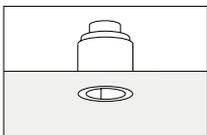


Salida de conexión con proyector.

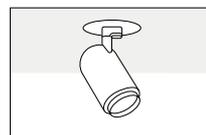
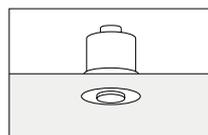
Bañadores de pared instalados a lo largo de los armarios proporcionan la iluminación básica del espacio. El puesto de trabajo tiene adicionalmente una luminaria de mesa, un Downlight de doble foco acentúa la mesa de reuniones. Puntos visuales en las restantes superficies de pared pueden ser acentuados a través de proyectores con salidas de conexión.



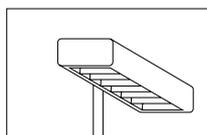
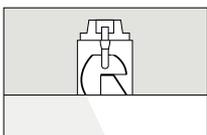
Bañador de pared integrado en techo para lámparas halógenas-incandescentes.



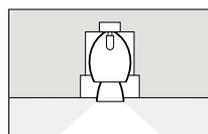
Downlight de doble foco integrado en techo para lámparas halógenas de bajo voltaje.



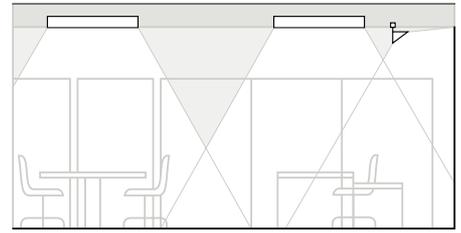
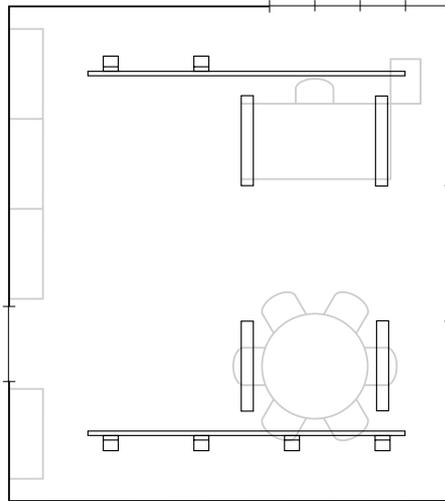
Salida de conexión con proyector.



Luminaria de mesa para lámparas fluorescentes compactas.

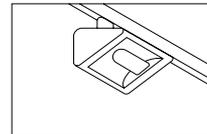
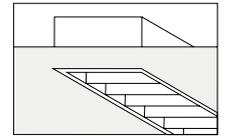


Luminarias de retícula integradas en el techo proporcionan la iluminación del puesto de trabajo y la mesa de reuniones. Bañadores de pared montados en raíles electrificados iluminan las paredes frontales y producen un ambiente luminoso en el espacio debido a sus partes de iluminación verticales.

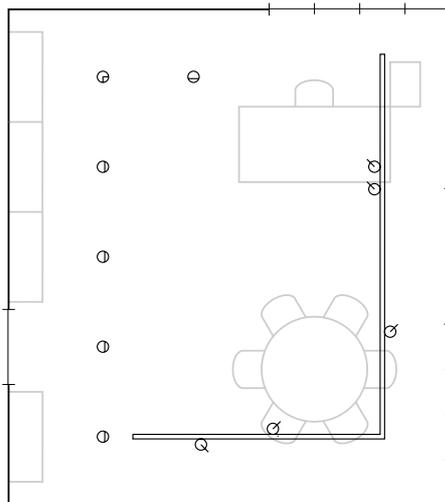


Luminaria de retícula integrada en techo para lámparas fluorescentes.

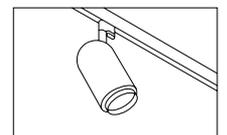
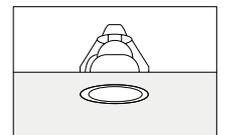
Raíl electrificado con bañador de pared para lámpara halógena-incandescente.



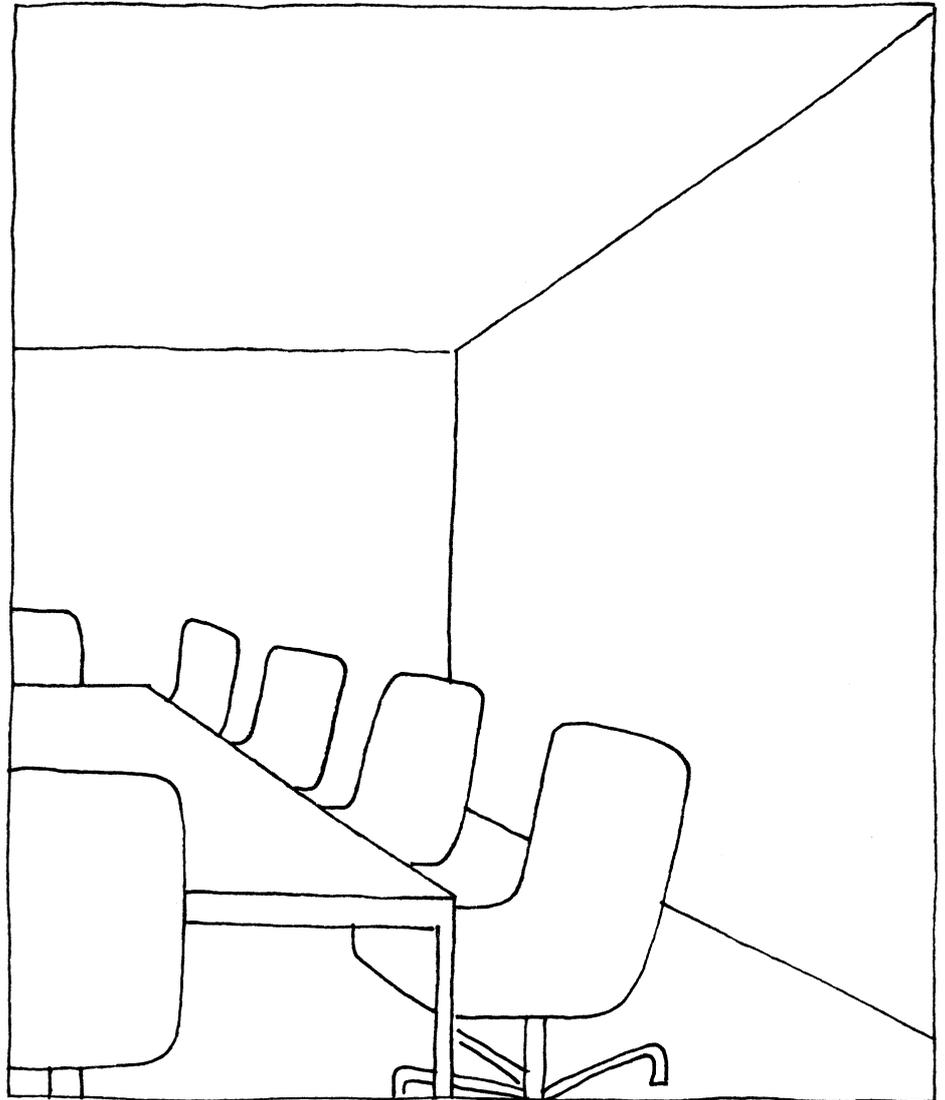
La pared de armarios y una pared frontal se iluminan uniformemente a través de Downlights-bañadores de pared integrados en el techo; la luz reflejada proporciona en este caso también la iluminación básica del espacio. La zona de trabajo y reuniones recibe, además, luz orientada a través de proyectores montados en raíles electrificados integrados en el techo. Adicionalmente se destacan en estas zonas puntos visuales mediante otros proyectores.



Downlight-bañador de pared o bañador de esquina para lámparas incandescentes.



Raíl electrificado con proyector.



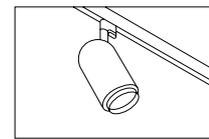
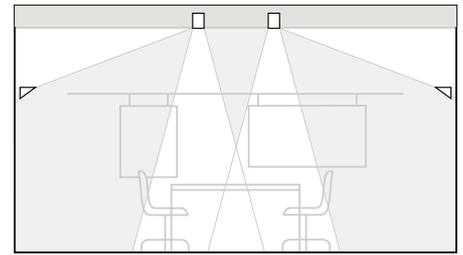
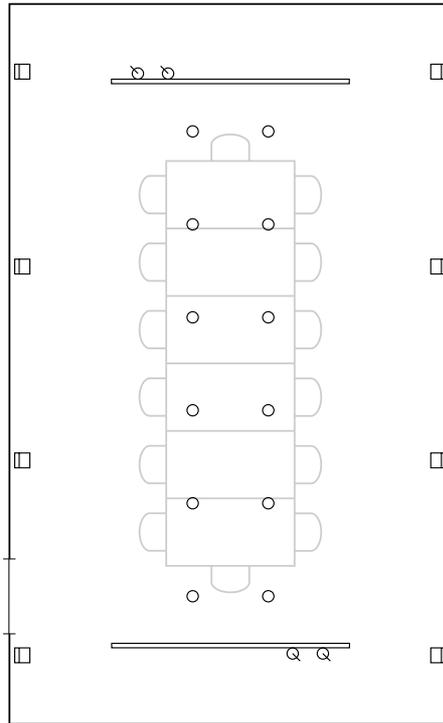
#### 4.8 Sala de conferencias

Las salas de conferencias tienen utilidades diversas, se usan para reuniones y charlas así como para sesiones de seminarios y presentaciones en un círculo reducido, y en casos puntuales incluso para comidas de trabajo. La iluminación debería tener todos estos datos en cuenta para concebir un espacio multifuncional y proporcionar adicionalmente un ambiente representativo.

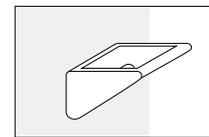
Para la iluminación de reuniones y charlas es esencial la relación equilibrada entre las partes horizontales y verticales de la iluminación. Las partes de luz de orientación horizontal proporcionan una buena modelación y un suficiente nivel luminoso; las partes verticales producen un ambiente agradable y luminoso del espacio, favoreciendo la comunicación. Por este motivo, se deberían evitar los extremos de una iluminación difusa o de orientación parcial. La presentación de ilustraciones y productos, anotaciones en pizarras y Flipcharts requiere adicionalmente una iluminación acentuada en las paredes frontales de la sala de conferencias. Para la proyección de diapositivas o retroproyecciones se requiere, no obs-

tante, una reducción de la iluminación de pared hasta llegar a la mínima iluminación necesaria para poder hacer anotaciones. Por lo que en cualquier caso sería conveniente tener la posibilidad de una instalación de iluminación con regulación del flujo luminoso y varios circuitos de conexión, en casos concretos incluso con luz programada, que da la posibilidad de solicitar escenas de luz preprogramadas mediante pulsación de tecla.

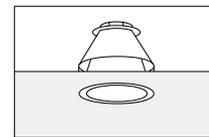
Para la iluminación básica del espacio se han puesto bañadores de techo. Las partes frontales se pueden iluminar adicionalmente mediante proyectores o bañadores respectivamente montados en raíles electrificados. Dos líneas de Downlights empotrables proporcionan luz orientada sobre la mesa, que por ejemplo puede servir como iluminación principal en una comida de trabajo, así como para tomar anotaciones en una proyección de diapositivas.



Rail electrificado con proyector.

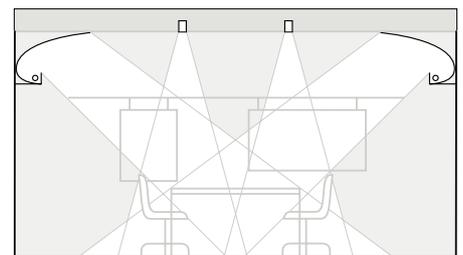
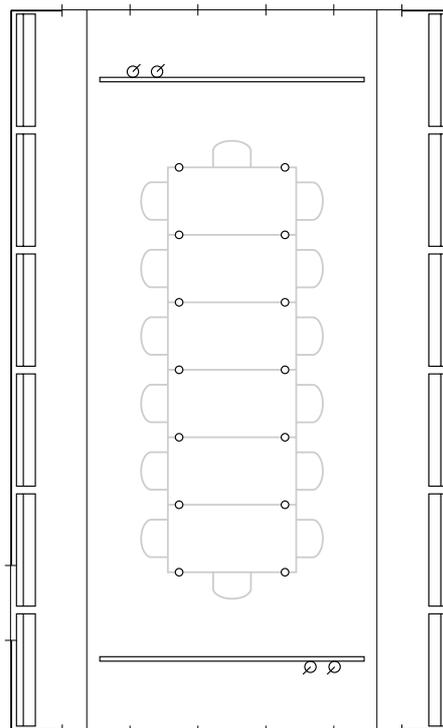


Bañador de techo montado a pared para lámparas halógenas-incandescentes.

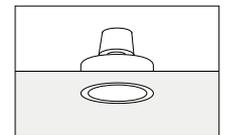


Downlight empotrable para lámparas halógenas-incandescentes estándar.

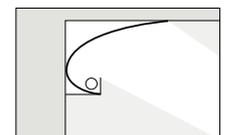
Luminarias con reflector secundario que se extienden por todas las paredes longitudinales proporcionan una iluminación básica al espacio con sus partes de iluminación horizontal y vertical equilibradas. La construcción de las luminarias en concordancia con la geometría espacial proporciona una óptima limitación del deslumbramiento directo y por reflexión. Dos líneas de Downlights integrados en el techo proporcionan una luz representativa y orientada sobre la mesa, que tanto puede servir como iluminación principal, por ejemplo en comidas de trabajo, como para tomar anotaciones en la proyección con diapositivas.



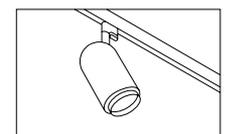
Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



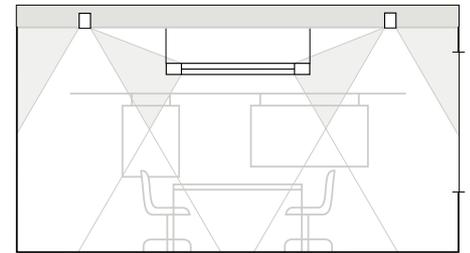
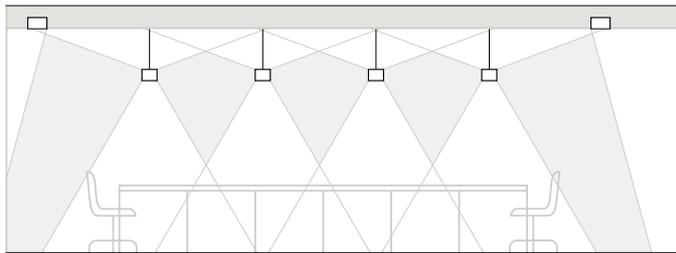
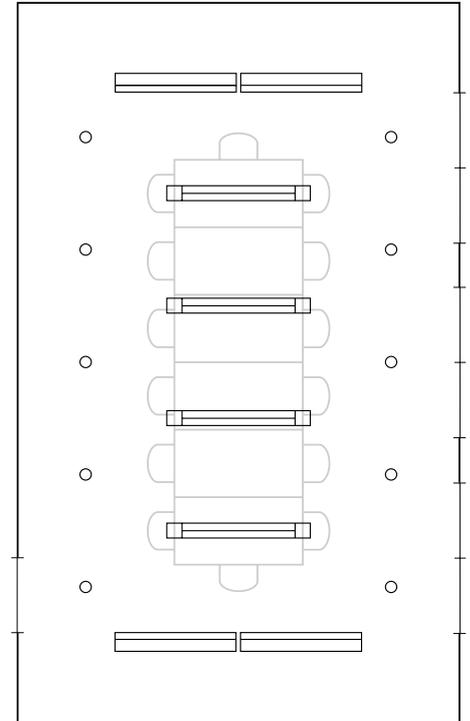
Luminaria con reflector secundario de integración arquitectónica para lámparas fluorescentes.



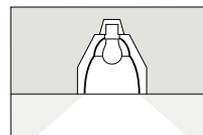
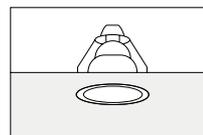
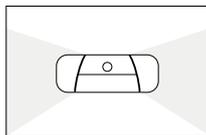
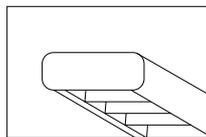
Rail electrificado con proyector.



Luminarias suspendidas de radiación directa-indirecta por encima de la mesa proporcionan la iluminación básica en relación al mobiliario. Downlights dispuestos a lo largo de las paredes dan luminosidad al entorno. Las paredes frontales se pueden iluminar adicionalmente a través de bañadores de pared con conexión por separado; es posible regular el flujo luminoso de la iluminación de las paredes laterales para lograr un nivel luminoso más bajo, especialmente en los casos de tomar anotaciones durante proyecciones.

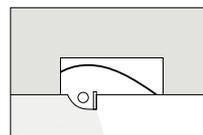
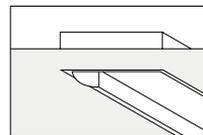


Luminaria suspendida de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes.

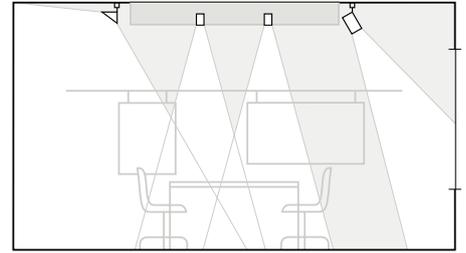
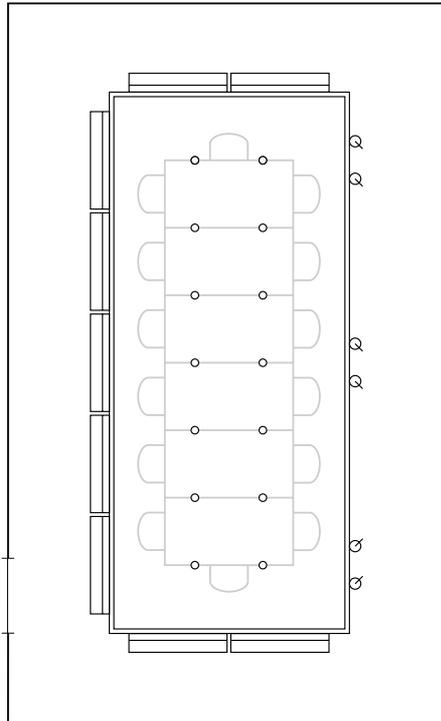


Downlight integrado en el techo para lámparas halógenas incandescentes o estándar.

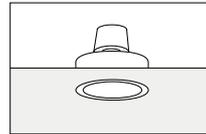
Bañador de pared empotrable para lámparas fluorescentes.



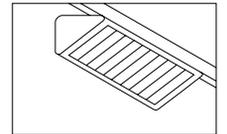
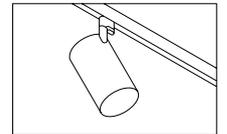
Soporte de la iluminación es un falso techo que transcurre a una distancia definida de la pared. Aloja dos líneas de Downlights para lámparas halógenas de bajo voltaje. De este modo se logra una iluminación brillante sobre la superficie de la mesa, que tanto puede servir como iluminación principal en acontecimientos representativos como para hacer anotaciones durante una proyección con diapositivas. Por encima del canto de techo, montados en raíles electrificados, hay bañadores para la iluminación indirecta del espacio así como proyectores. Los bañadores para lámparas fluorescentes en las paredes así como los proyectores se conectan individualmente con posibilidad de regulación del flujo luminoso.



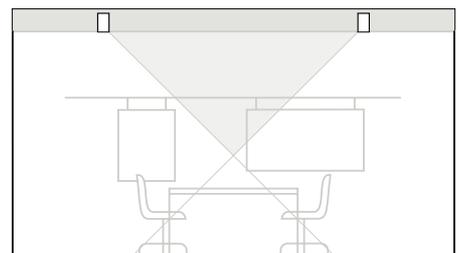
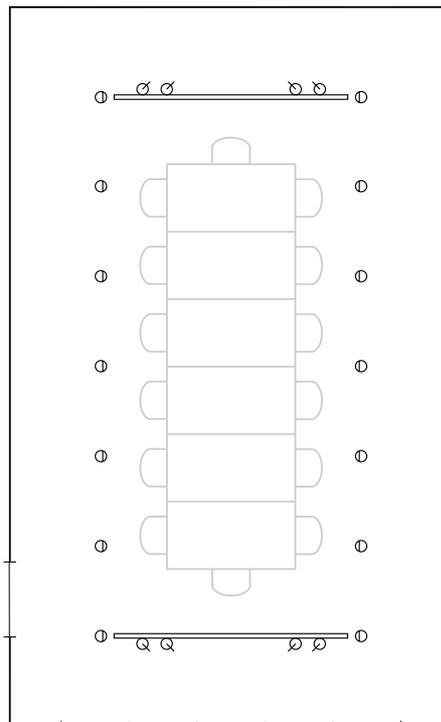
Downlights empotrables para lámparas halógenas de bajo voltaje.



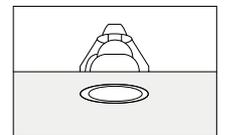
Rail electrificado con proyector y bañador de pared para lámparas fluorescentes.



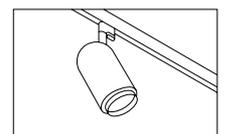
Downlights-bañadores de pared se ocupan de la iluminación directa confort de la mesa y de la iluminación general del espacio por la luz reflejada en la pared. Debido al equipamiento con lámparas estándar se puede regular el flujo luminoso sin problemas hasta llegar al nivel necesario en cada caso; la disposición hacia los asientos ofrece un óptimo confort visual. Las luminarias en pareja dispuestas frente a las paredes frontales pueden ser desconectadas por separado. Raíles electrificados pueden acoger proyectores para la iluminación de pared o para demostraciones.



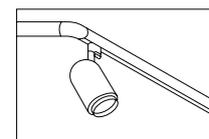
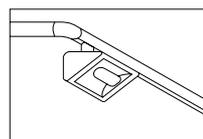
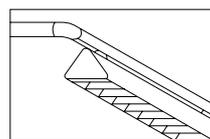
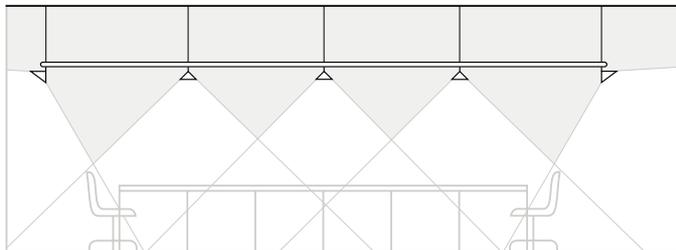
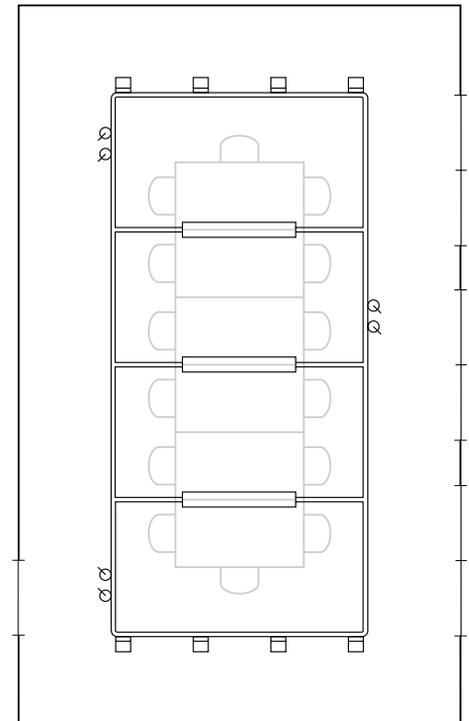
Downlight-bañador de pared integrado en techo para lámparas estándar.



Rail electrificado con proyector.

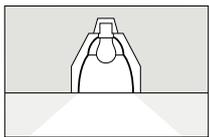
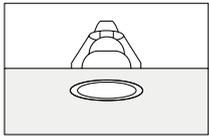
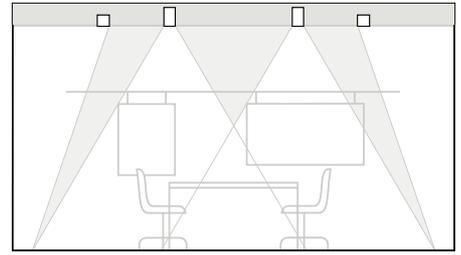
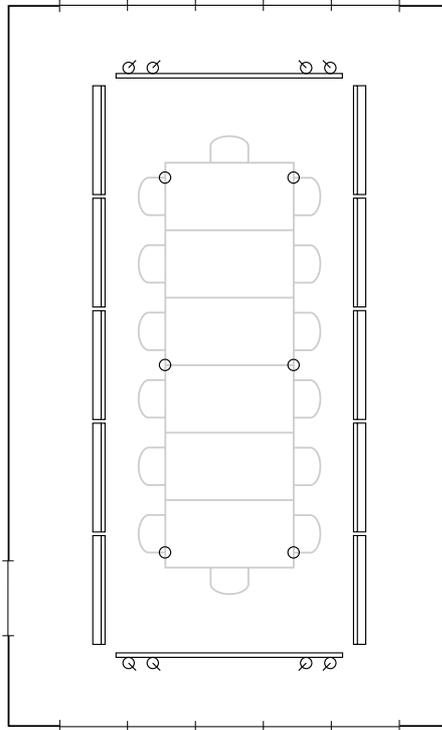


Luminarias para lámparas fluorescentes en una estructura luminosa suspendida sirven para la iluminación de la mesa.  
En las partes frontales se han montado adicionalmente bañadores de pared regulables para lámparas halógenas-incandescentes. Proyectores se ocupan de la acen-  
tuación de puntos visuales en las paredes; regulando su flujo luminoso proporcionan la iluminación para tomar notas durante proyecciones con diapositivas.

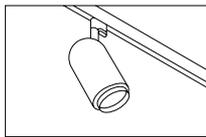


Estructura luminosa con luminarias de retícula para lámparas fluorescentes, bañadores de pared para lámparas halógenas incandescentes y proyectores.

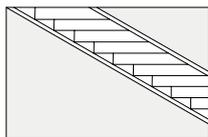
Bañadores de pared proporcionan la iluminación general en la sala de conferencias debido a la luz que se refleja en las paredes. Como iluminación para tomar anotaciones sirven Downlights para lámparas estándar. Railes electrificados delante de las paredes frontales pueden acoger proyectores para la iluminación de pared o de demostraciones.



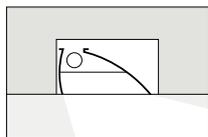
Downlight empotrable para lámparas estándar.

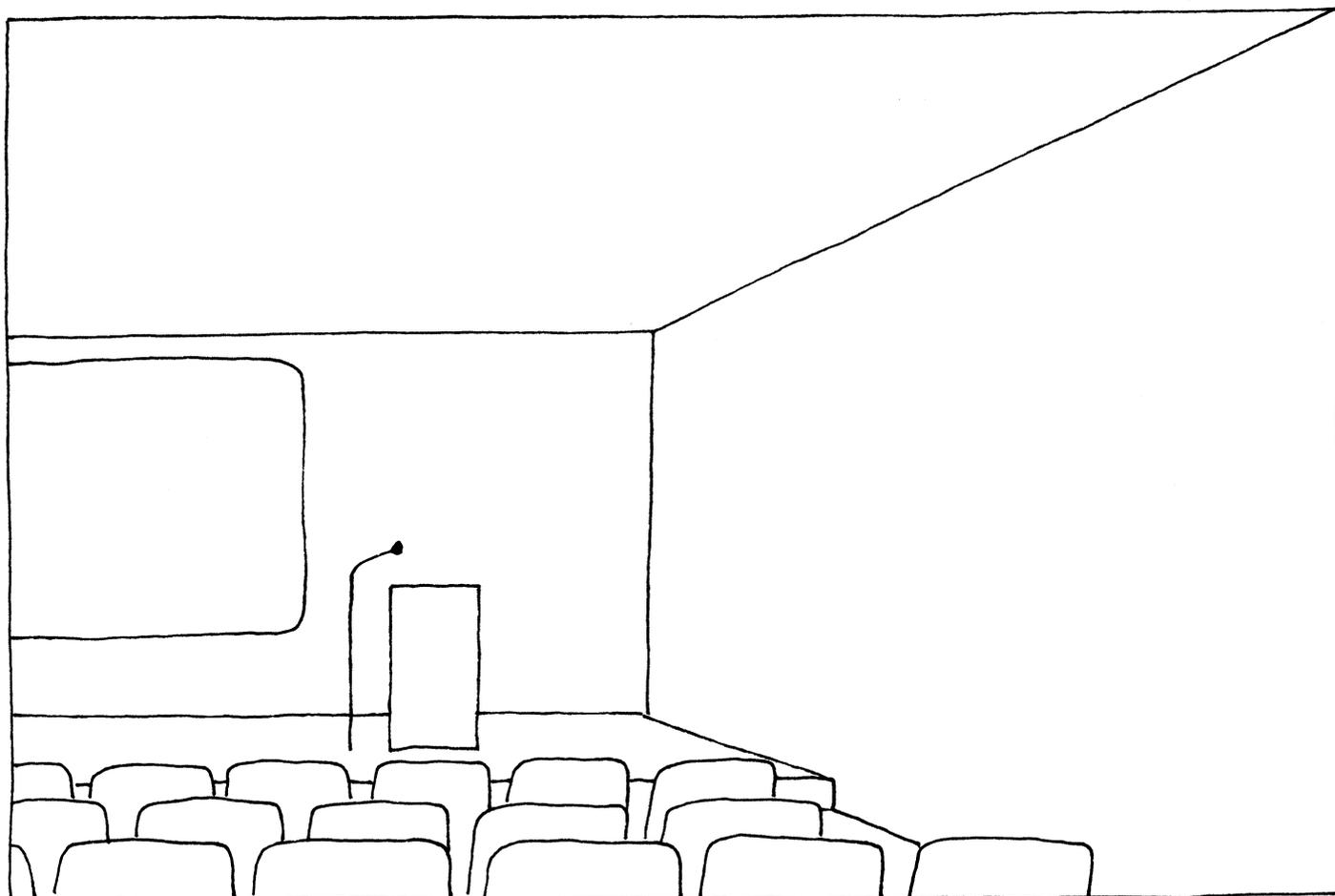


Raíl electrificado con proyector.



Bañador de pared empotrable para lámparas fluorescentes.





#### 4.9 Auditorio

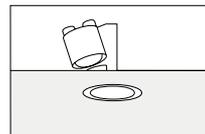
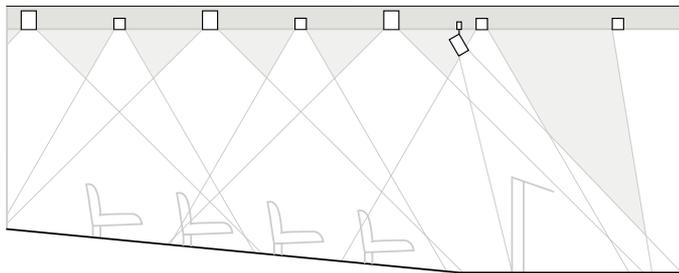
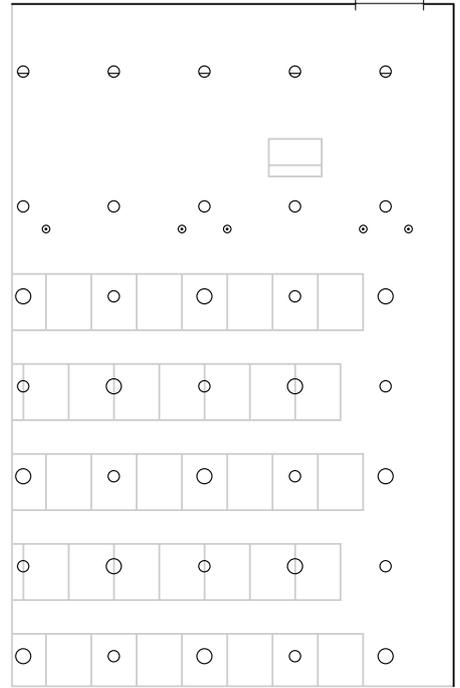
Los auditorios se emplean para una serie de formas de presentación y conferencias. Su utilización abarca desde la pura conferencia de textos hasta las conferencias con soportes didácticos como proyecciones con diapositivas, de películas y vídeo y retroproyecciones, demostraciones experimentales y presentaciones de producto, así como seminarios y discusiones de podio. La iluminación en auditorios, por tanto, debería tener en cualquier caso una concepción multifuncional, para corresponder a las diferentes condiciones de utilización.

Lo que resulta esencial para su iluminación es la separación funcional entre la zona de acción y la sala de los oyentes. En el área de acción se encuentra la clave en la iluminación acentuada del orador, y si se da el caso también de objetos presentados o experimentos. En la utilización de retroproyecciones, diapositivas, películas y vídeos se debe reducir la iluminación —sobre todo la parte de iluminación vertical sobre la pared frontal— para no molestar a la proyección.

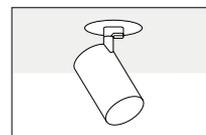
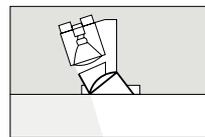
En el área de los oyentes la iluminación sirve para la orientación y las anotaciones; durante la proyección se reduce la iluminación justo a un nivel luminoso que permita tomar notas. En cualquier caso debería existir el contacto visual entre el orador y los espectadores, así como también entre los propios espectadores, para facilitar la discusión y un feedback sobre las reacciones de los oyentes.

Bañadores de pared empotrables iluminan la pared frontal del auditorio. Downlights con regulación del flujo luminoso y conexión separada, así como salidas de conexión para proyectores adicionales se utilizan para la iluminación acentuada en el área de acción.

La iluminación del área de oyentes abarca dos componentes. Para la iluminación de conferencias se dispone de una retícula alterada de Downlights para lámparas fluorescentes compactas. Intercalados se han dispuesto Downlights con regulación del flujo luminoso para lámparas halógenas incandescentes en caso de proyecciones. Ambas formas de luminarias pueden funcionar por separado y adicionalmente.

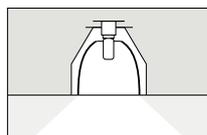
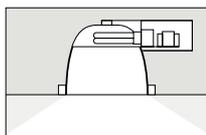
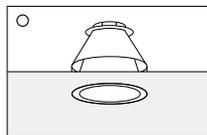
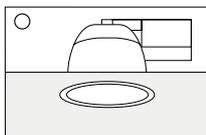


Downlight-bañador de pared integrado en techo para lámpara reflectora PAR-38.



Salida de conexión con proyector.

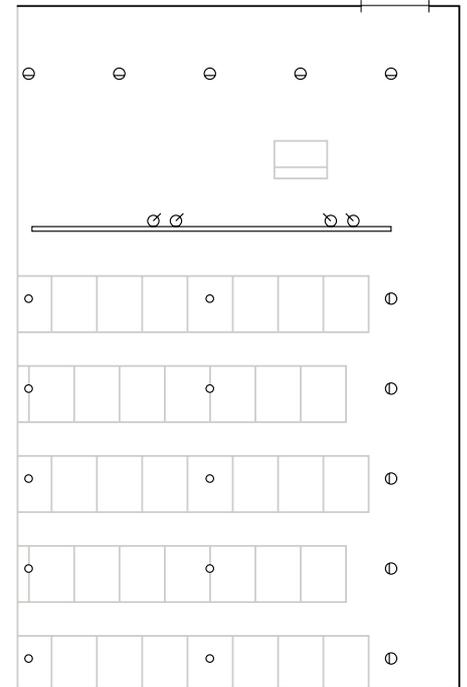
Downlight empotrable para lámpara fluorescente compacta.



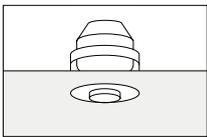
Downlight empotrable para lámpara halógena incandescente.

Una línea de bañadores de pared ilumina la pared frontal. La luz orientada sobre la superficie de acción se produce a través de proyectores montados en railes electrificados.

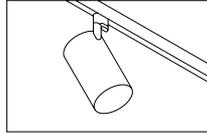
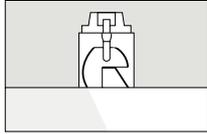
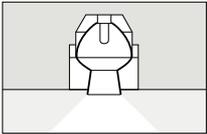
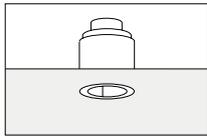
Bañadores de pared dispuestos a lo largo de las paredes laterales proporcionan la iluminación de orientación en la zona de los oyentes. Adicionalmente, se han instalado en una disposición regular en el techo Downlights de doble foco para lámparas halógenas incandescentes, que sirven como iluminación de conferencias, así como, con el flujo luminoso reducido por regulación, para hacer anotaciones durante proyecciones de diapositivas y vídeo.



Downlight de doble foco integrado en techo para lámparas halógenas incandescentes.

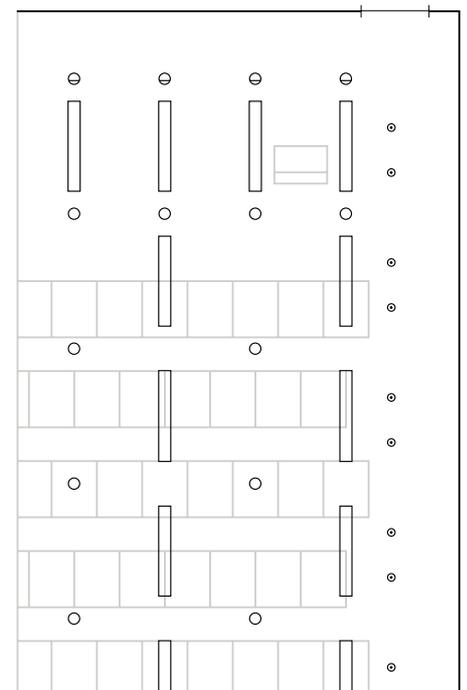


Bañador de pared empotrable para lámparas halógenas incandescentes.

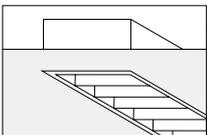


Rail electrificado con proyector.

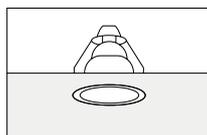
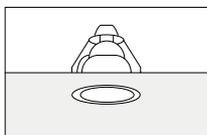
A lo largo de la pared en la sala de oyentes se han colocado intercaladamente luminarias de retícula para la iluminación básica y Downlights regulables. En el área de acción se continúa con esta disposición en línea, pero de modo más concentrado. Adicionalmente, se ilumina la pared frontal mediante una línea de bañadores de pared. En salidas de conexión a lo largo de las paredes laterales se pueden conectar proyectores adicionales para la acentuación de puntos visuales.



Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.

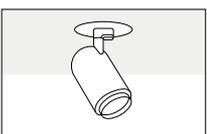


Downlight-bañador de pared para lámparas estándar.



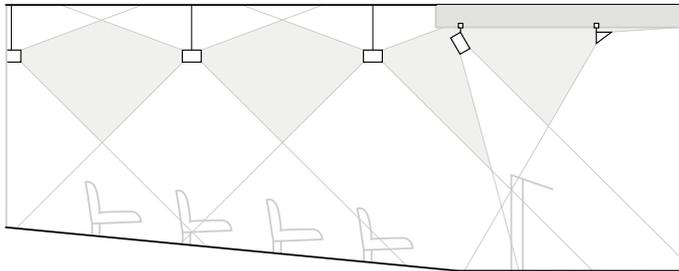
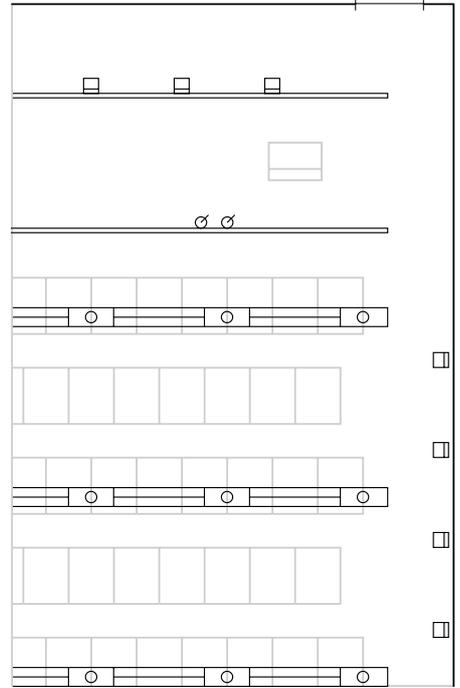
Downlight empotrable para lámparas estándar.

Salida de conexión con proyector.

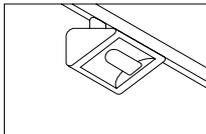
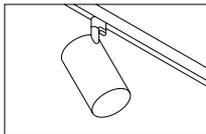


En dos líneas de railes electrificados en el área de acción se han montado tanto bañadores de pared para la iluminación de la pared frontal como proyectores para una iluminación acentuada.

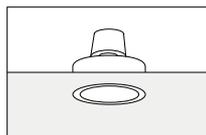
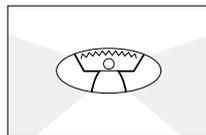
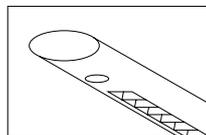
En la zona de los oyentes se encuentran bañadores de suelo en las paredes laterales para la iluminación orientativa; la principal se realiza a través de una estructura luminosa suspendida, que alberga luminarias de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes y una componente regulable de Downlights para lámparas halógenas de bajo voltaje.



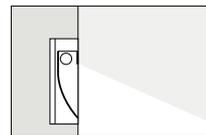
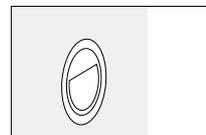
Rail electrificado con proyector y bañador de pared para lámparas halógenas incandescentes.

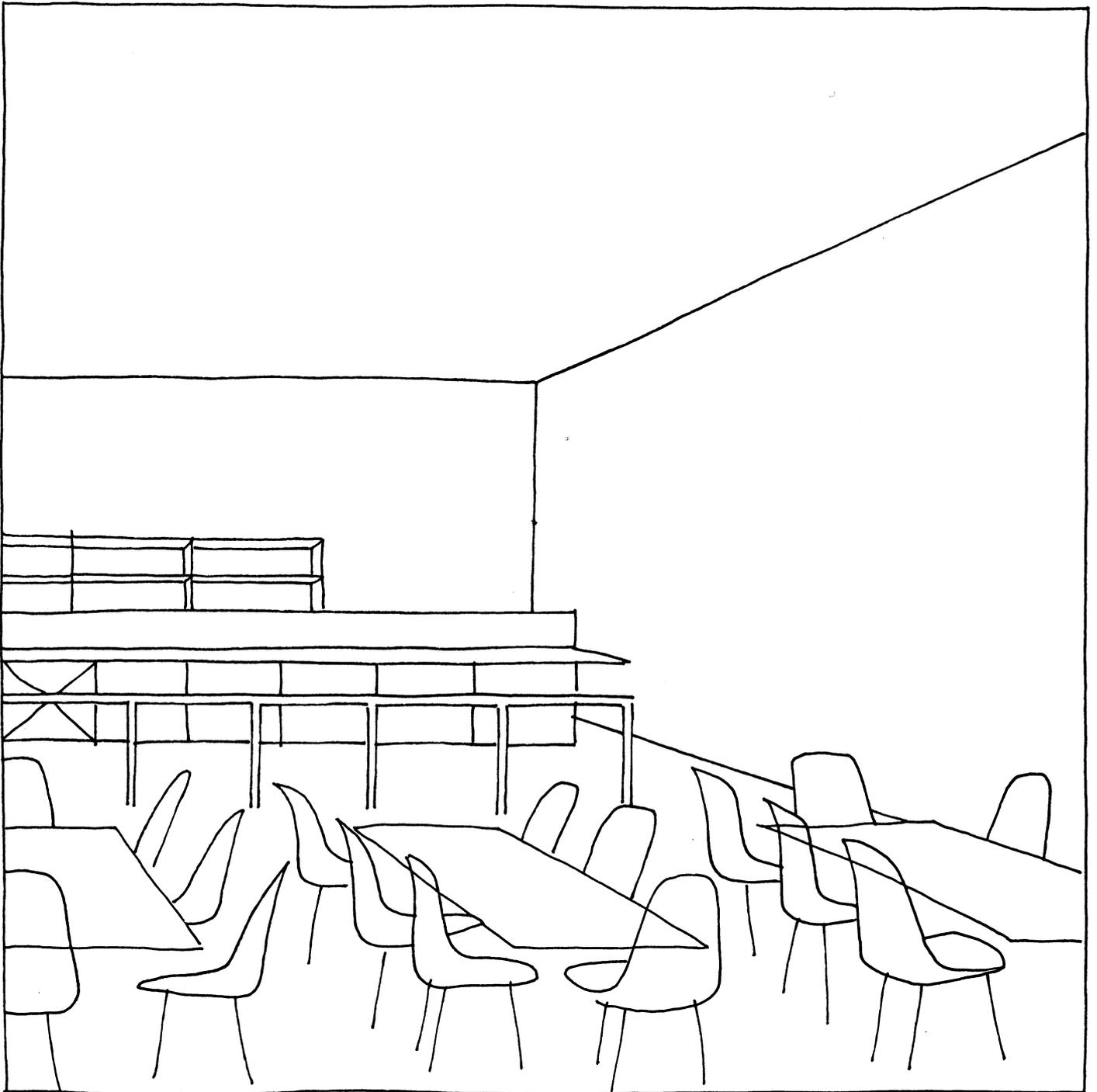


Estructura luminosa suspendida con luminarias de radiación directa-indirecta integradas para lámparas fluorescentes y Downlights integrados para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Bañador de suelo montado en pared para lámparas fluorescentes compactas.

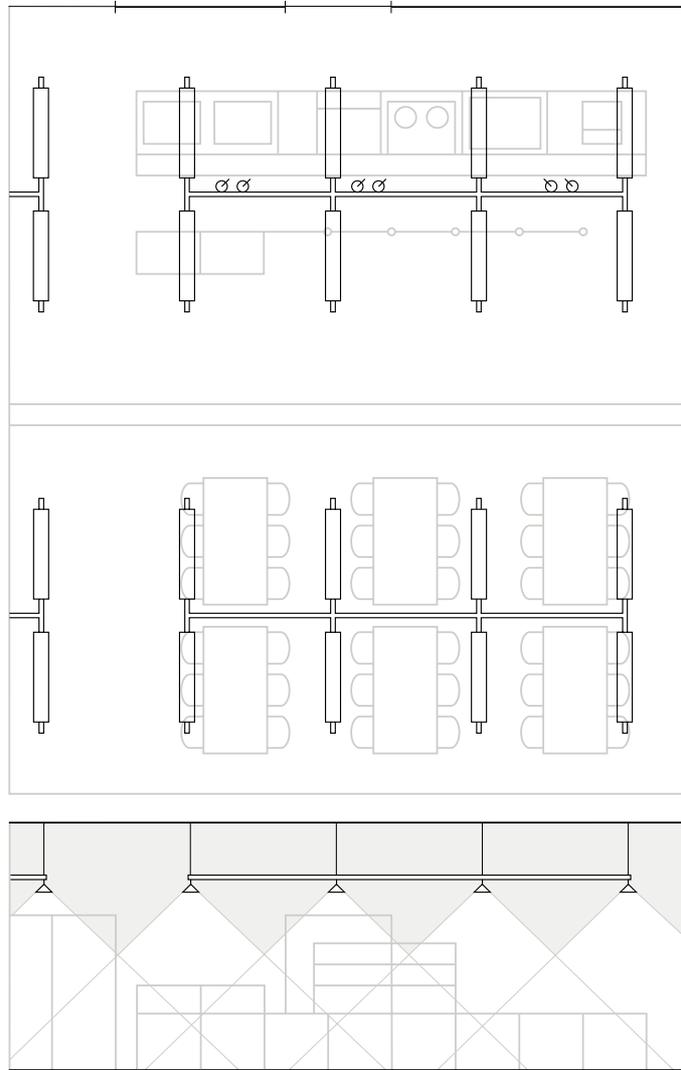




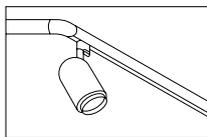
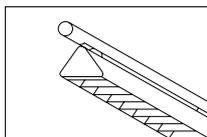
#### 4.10 Comedores

En las cantinas se sirven comidas a grandes grupos. Las entregas se efectúan en el mostrador, donde el tiempo de permanencia es relativamente corto. Lo que se pretende es conseguir una iluminación rentable con un alto nivel luminoso. La impresión del espacio debería ser agradable; suficientes partes de iluminación verticales también proporcionan un ambiente comunicativo. Una utilización adicional de estos espacios para fiestas y reuniones se debería tener en cuenta en la planificación de iluminación. En estos casos sería conveniente tener un segundo componente conmutable por separado, que produzca una luz brillante de color blanco cálido.

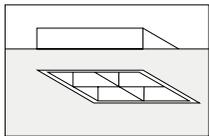
El soporte de la iluminación consiste en una estructura luminosa suspendida. La iluminación base se realiza con luminarias para lámparas fluorescentes montadas en la estructura. Adicionalmente, se han montado por la parte inferior de la estructura unos proyectores para la iluminación acentuada del área de mostrador.



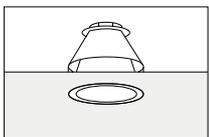
Estructura luminosa con luminarias para lámparas fluorescentes y riles electrificados integrados para el montaje de proyectores.



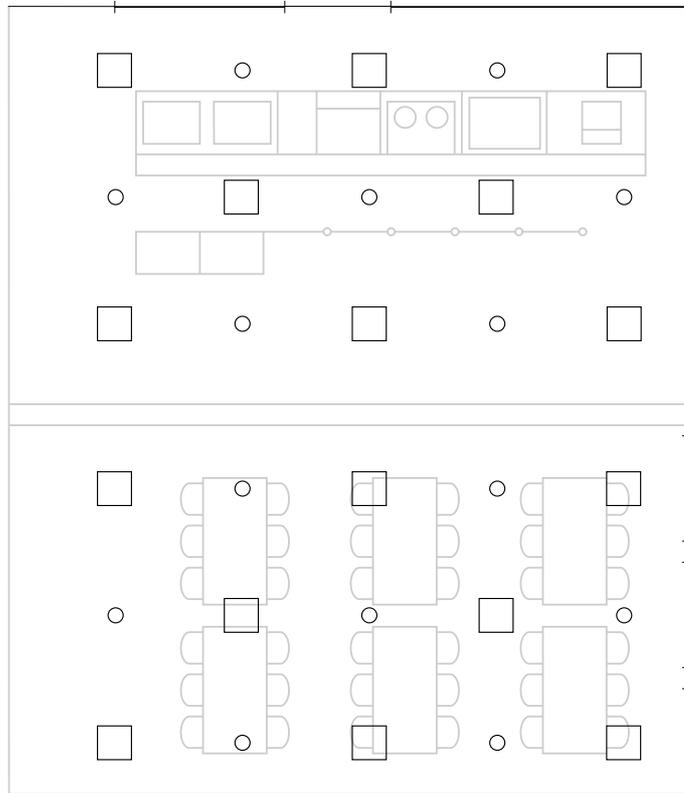
Una disposición irregular de luminarias de retícula cuadradas para lámparas fluorescentes compactas proporciona una iluminación básica rentable. Intercalados se instalan Downlights empotrables para lámparas halógenas-incandescentes, que crean un ambiente representativo. Las luminarias de retícula y los Downlights, por tanto, se pueden conectar al mismo tiempo y por separado.



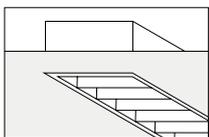
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



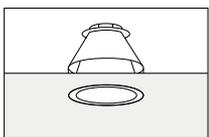
Downlight empotrable para lámparas halógenas incandescentes.



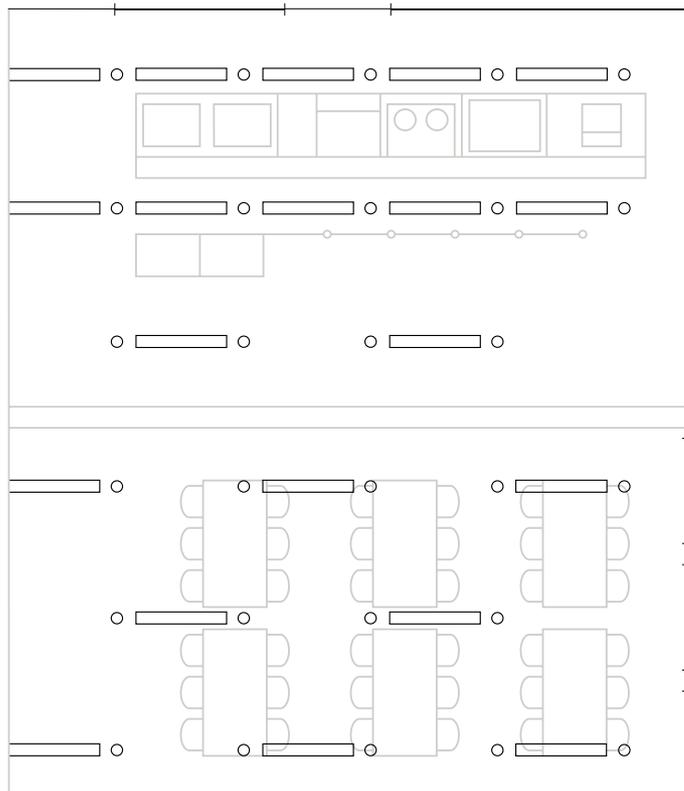
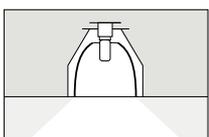
Combinación de una componente de lámparas fluorescentes y halógenas incandescentes. Se aplican luminarias de retícula para lámparas fluorescentes convencionales en una disposición lineal. Para la acen tuación del área de mostrador la disposición de luminarias es más densa.



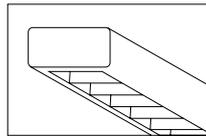
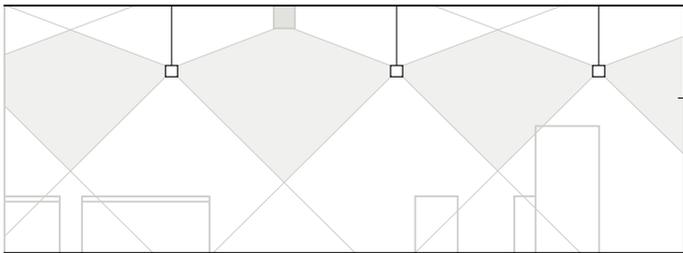
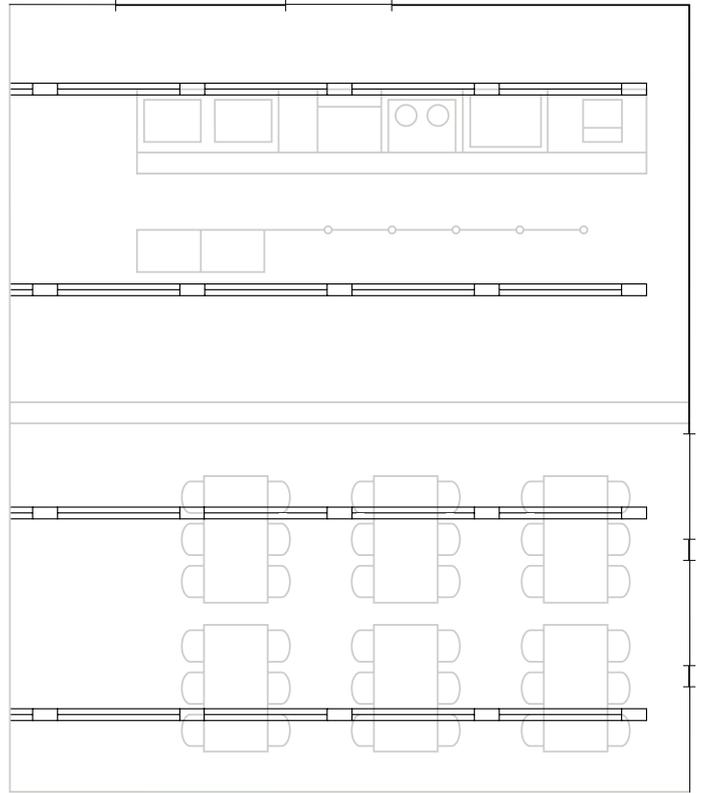
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.



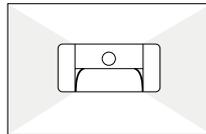
Downlight integrado en el techo para lámparas halógenas incandescentes.

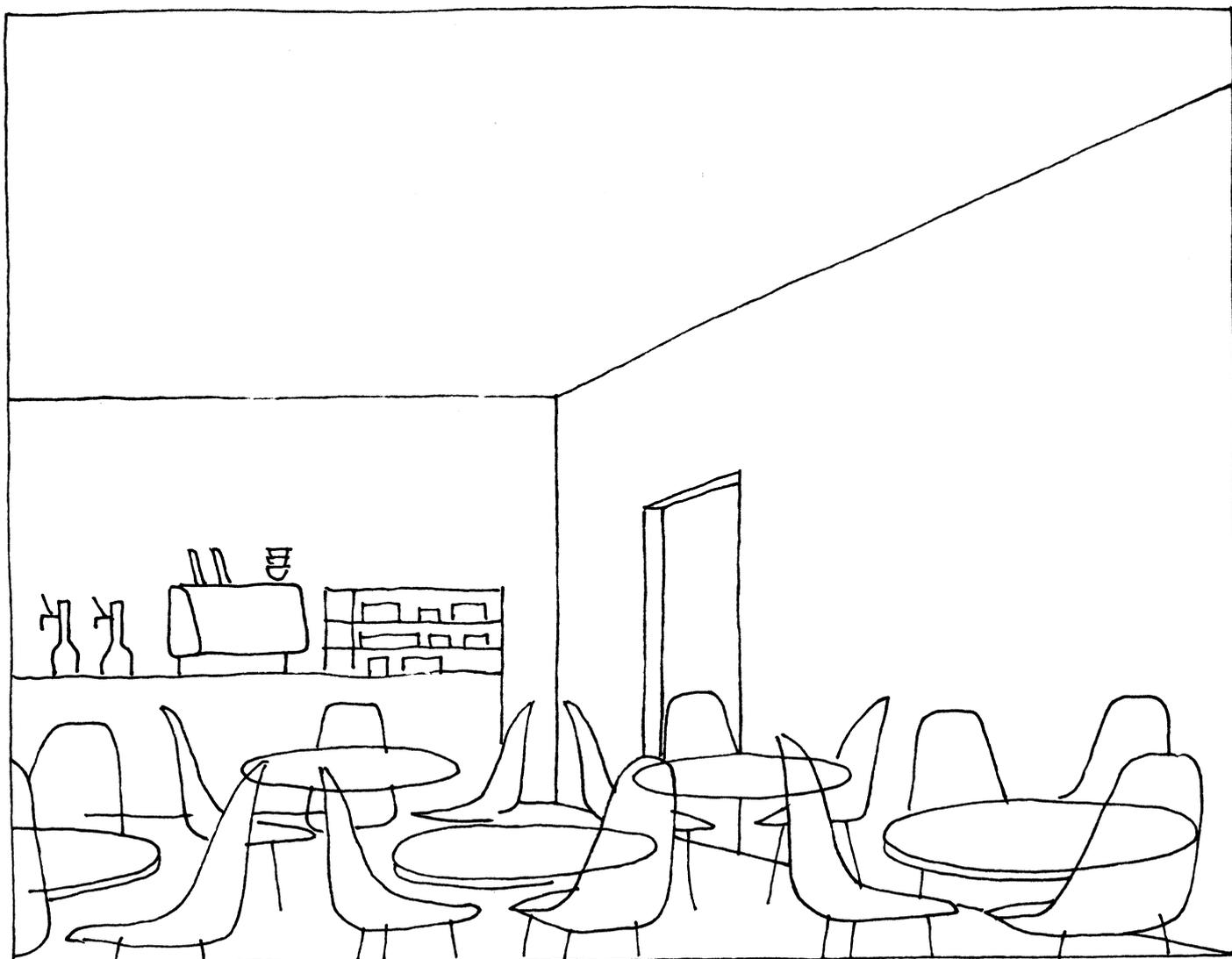


Una estructura luminosa suspendida en línea, que incluye luminarias de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes, proporciona una iluminación uniforme y rentable de la cantina.



Estructura luminosa suspendida con luminarias de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes.





#### 4.11 Café-bistro

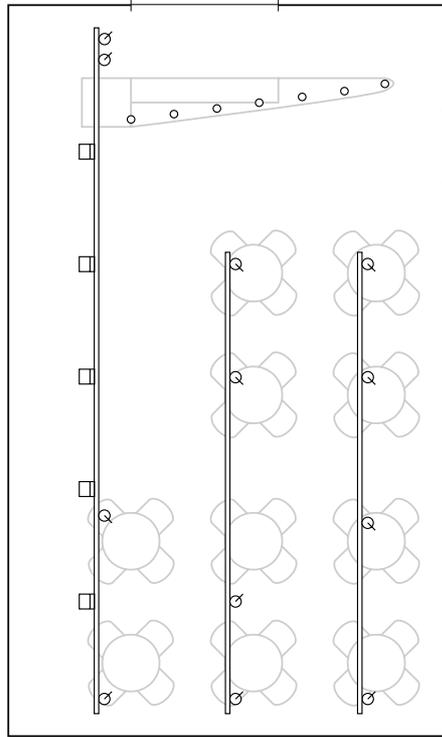
Bajo el concepto café-bistro se pueden agrupar una serie de establecimientos que por sus pretensiones se encuentran entre la cantina funcional y el restaurante refinado; el espectro abarca desde el snack-bar, las heladerías y las cafeterías hasta el bistro. Se da hospitalidad a pequeños grupos con permanencias más prolongadas, que no sólo van a comer, sino que lo consideran un lugar de encuentro.

En comparación a la cantina se pretende una iluminación más representativa, con un nivel luminoso más bajo; la configuración del local y la acentuación de las diversas mesas destacan frente a una rentable iluminación general. Pero el objetivo no consiste en una iluminación del entorno fuertemente reducida con unas mesas individuales claramente limitadas; todo el espacio más bien debería unirse mediante una clara luminosidad básica y recibir un ambiente comunicativo. La concreta planificación de ilumina-

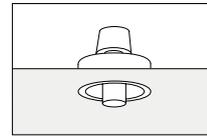
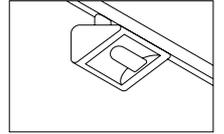
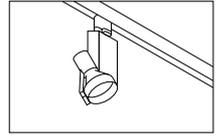
ción, no obstante, depende en gran medida del ambiente pretendido y del público deseado y puede abarcar desde concepciones de iluminación uniforme hasta la inclusión de dramáticas formas de iluminación y efectos luminosos.

Debido al amplio horario de servicio se dan diferentes exigencias para el día y la noche, que hacen conveniente una concepción con la posibilidad de conexión y regulación de varios componentes o un control de luz programable.

A lo largo del espacio se han instalado tres líneas con railes electrificados, que en el área de pared acogen bañadores de pared, los cuales, mediante luz reflejada, proporcionan la iluminación general. Para las mesas se han montado proyectores en los railes. El mostrador se destaca por unos Downlights decorativos integrados en un elemento de techo suspendido.

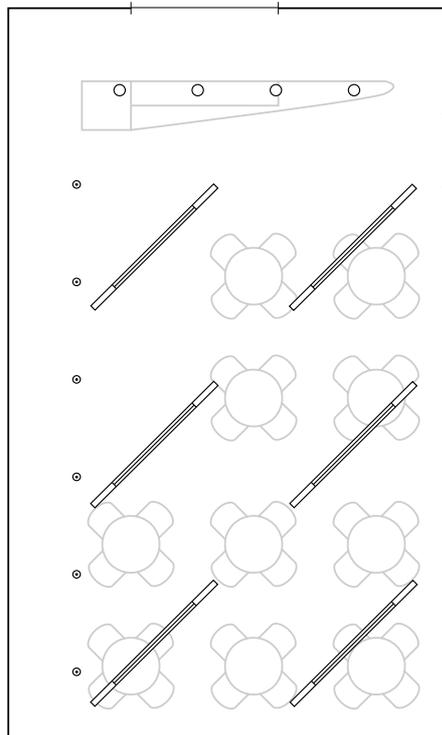


Rail electrificado con proyectores y bañadores de pared.

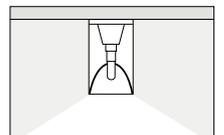
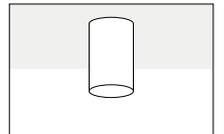


Downlight decorativo empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

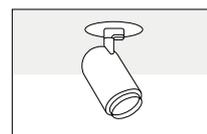
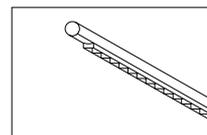
Estructuras luminosas montadas en el techo en diagonal con luminarias de radiación directa proporcionan la iluminación de las mesas. Downlights de superficie acentúan el mostrador. A lo largo de una pared se colocan salidas de conexión que posibilitan el montaje de proyectores para destacar puntos visuales.



Downlight de superficie para lámparas halógenas incandescentes.

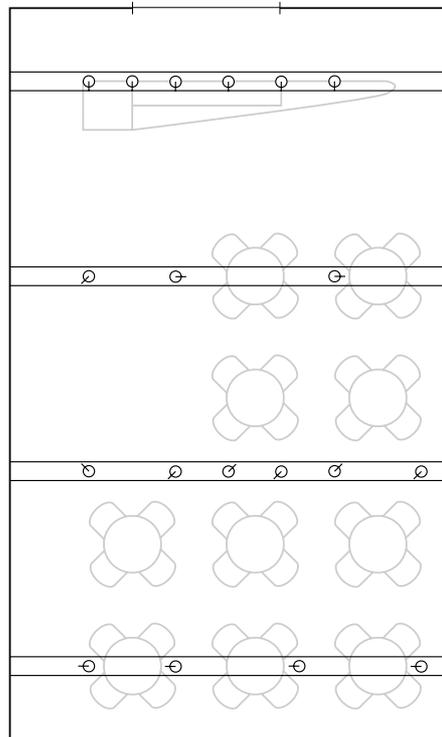


Estructura luminosa montada al techo con luminarias de radiación directa para lámparas fluorescentes.

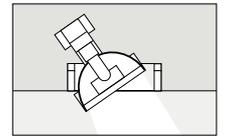
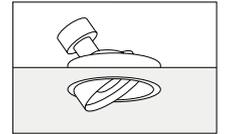
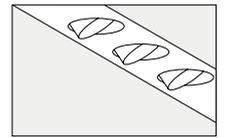


Salida de conexión con proyector.

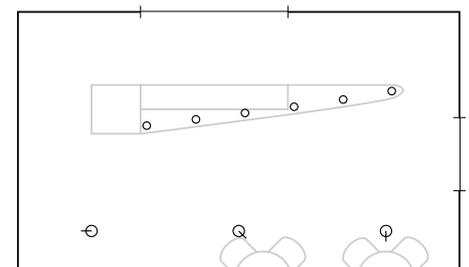
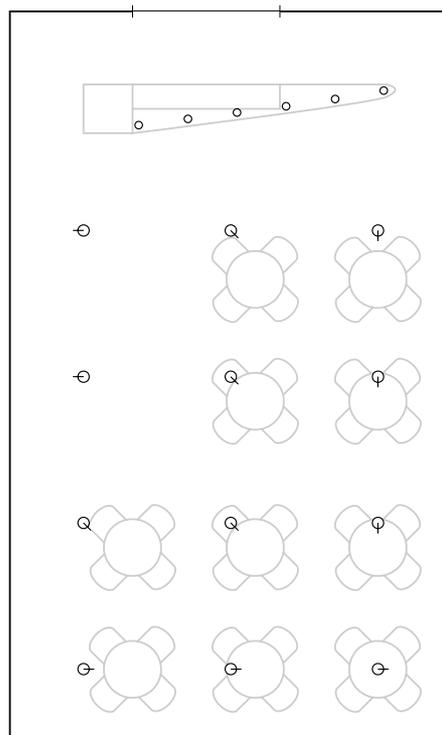
Unos canales de instalación dispuestos a lo ancho del espacio integran proyectores orientables, que tanto sirven para la iluminación de las distintas mesas como para la acentuación del mostrador.



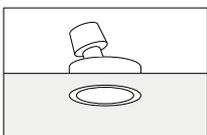
Canal de instalación con proyectores orientables empotrables para lámparas halógenas de bajo voltaje.



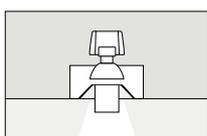
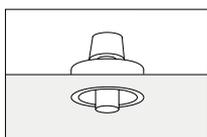
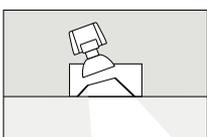
Una disposición regular de proyectores orientables y empotrados acentúa las mesas. Otra disposición lineal de Downlights decorativos resalta el mostrador.



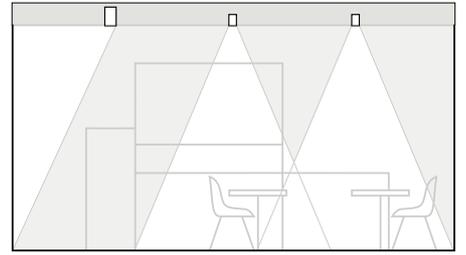
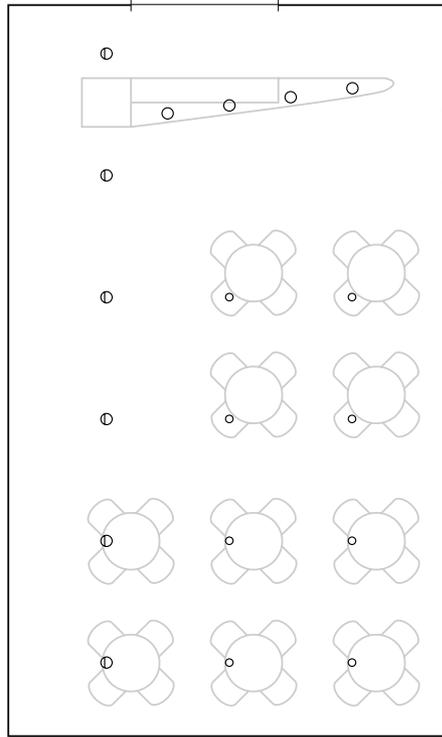
Proyector orientable integrado en el techo para lámparas halógenas de bajo voltaje.



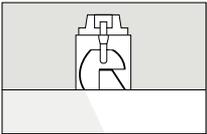
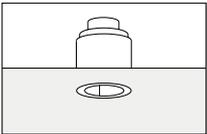
Downlight empotrable decorativo para lámparas halógenas de bajo voltaje.



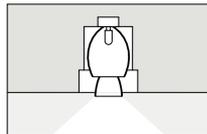
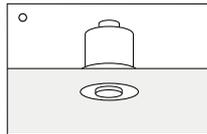
Bañadores de pared empotrables proporcionan mediante luz reflejada en la pared la iluminación básica del espacio. Luz orientada sobre las mesas se crea a través de Downlights de doble foco integrados en el techo. Ambos componentes están dispuestos conjuntamente en un reticulado regular. El mostrador se acentúa mediante Downlights.



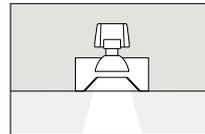
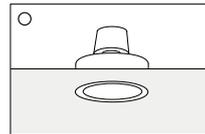
Bañador de pared empotrable para lámparas halógenas incandescentes.



Downlight de doble foco integrado en el techo para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



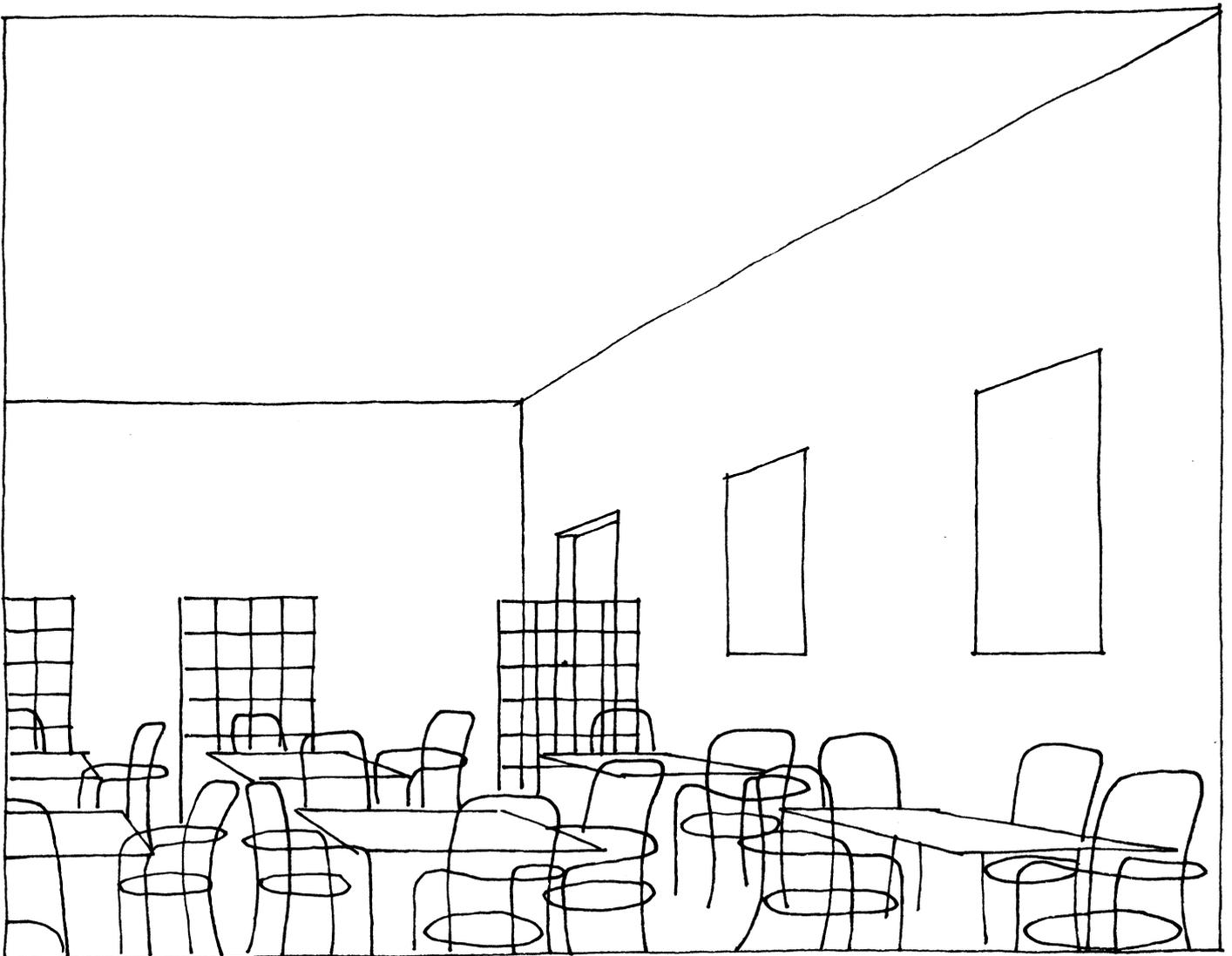
#### 4.12 Restaurantes

Los restaurantes se diferencian de los cafés y bistros por su exigencia más elevada en cuanto a oferta y ambiente. Comidas de varios platos invitan a permanencias más prolongadas; para las conversaciones es importante disponer de un entorno agradable y representativo. También para la intimidad de los clientes vale una mayor pretensión; decoración e iluminación deben estar concebidas de forma que molestias visuales o acústicas procedentes de otros grupos de clientes queden limitadas y cada uno de los presentes tenga una cierta sensación de intimidad, como de encontrarse en un ámbito particular.

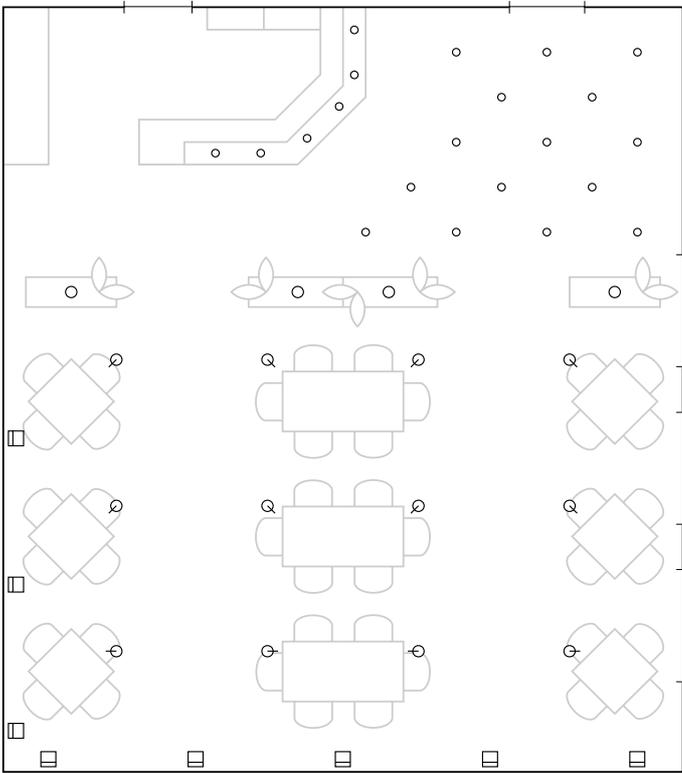
El objetivo de la planificación de luz consiste en lograr una iluminación que sitúe el ambiente, los alimentos y también a los clientes bajo la luz más favorable. El nivel luminoso se mantiene bajo, sobre todo la iluminación general cede a favor

de otra local y más festiva de las distintas mesas, creando así zonas privadas mediante islas luminosas. La acentuación de cuadros, plantas ornamentales u otras decoraciones crea puntos visuales en su entorno y ayuda a crear ambiente. Incluso la «luz para contemplar» en forma de velas, efectos de brillo o luminarias decorativas y esculturas de luz se puede aprovechar favorablemente en el restaurante.

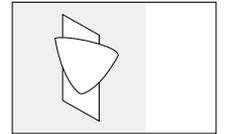
Para poder adaptar el efecto espacial a las diferentes exigencias durante el día y la noche es conveniente la concepción de una iluminación con regulación del flujo luminoso.



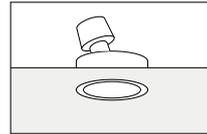
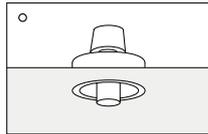
Bañadores de techo decorativos montados en la pared proporcionan la iluminación general. Las mesas son iluminadas a través de proyectores orientables empotrados. Downlights decorativos empotrables acentúan el bar y el área de acceso. Uplights entre las plantas proyectan un dibujo de hojas sobre el techo.



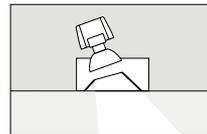
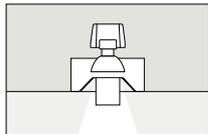
Bañador de techo decorativo montado en pared para lámparas estándar.



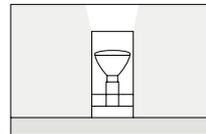
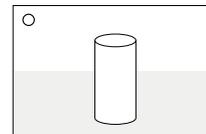
Downlight decorativo empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

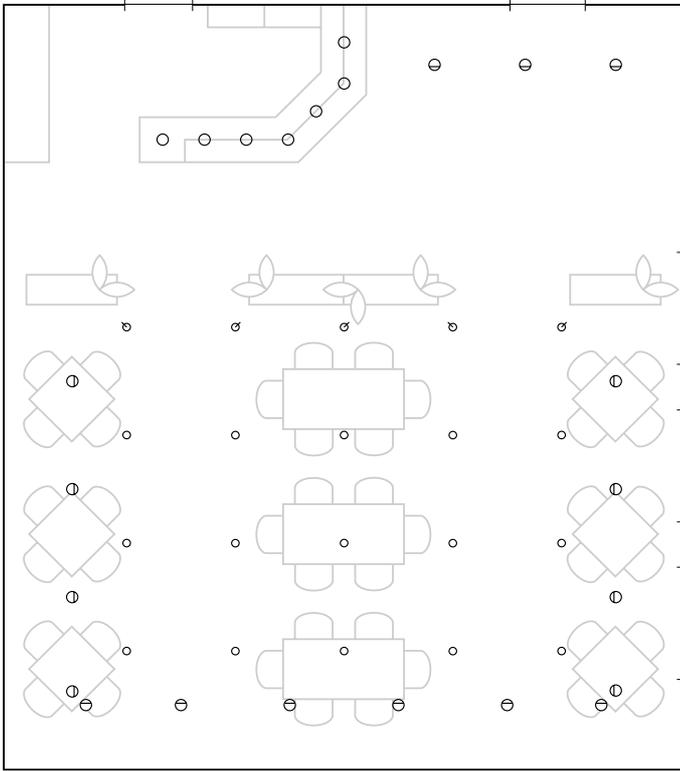


Proyector orientable empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

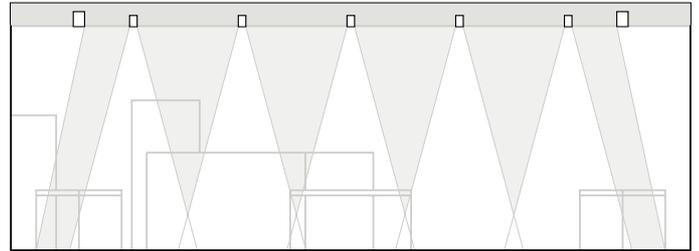


Uplight para lámparas reflectoras PAR-38.

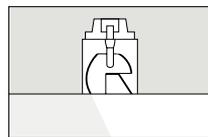
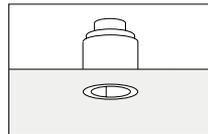




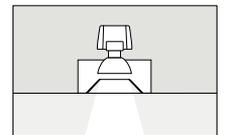
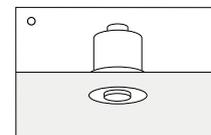
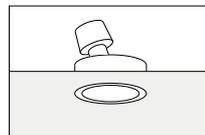
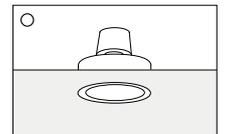
Bañadores de pared proporcionan una iluminación indirecta en el área de acceso y las mesas. Por encima del área interior del restaurante y a través de Downlights de doble foco dispuestos en una retícula uniforme se crea luz orientada. Para la iluminación de las plantas se aplican proyectores orientables, que amplían la retícula de los Downlights con otra línea más. El bar se acentúa a través de Downlights siguiendo su forma.



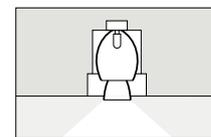
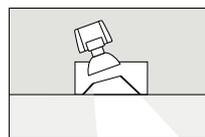
Bañador de pared empotrable para lámparas halógenas incandescentes.



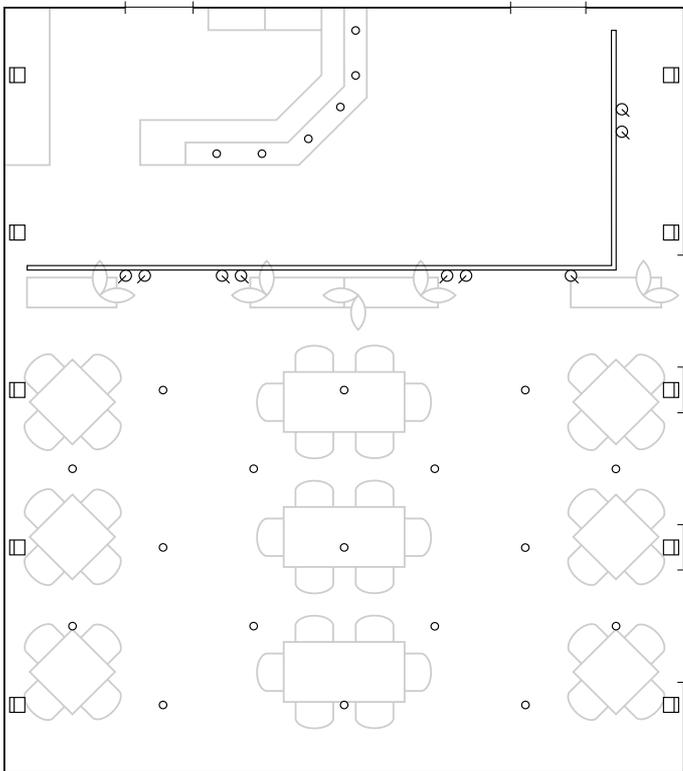
Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Proyector orientable empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

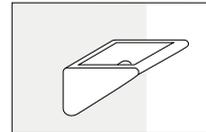


Downlight de doble foco integrado en el techo para lámparas halógenas de bajo voltaje.

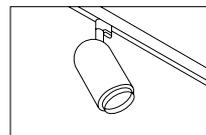
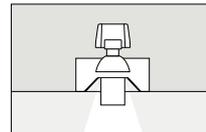
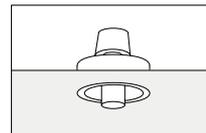


Bañadores de techo colocados en las paredes laterales proporcionan una iluminación general indirecta del restaurante. Una retícula alterada de Downlights decorativos empotrables sirve para una iluminación acentuada de las mesas y el bar. Las plantas y el área de acceso se acentúan mediante proyectores en un rail electrificado.

Bañador de techo montado en pared para lámparas halógenas incandescentes.



Downlight decorativo empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



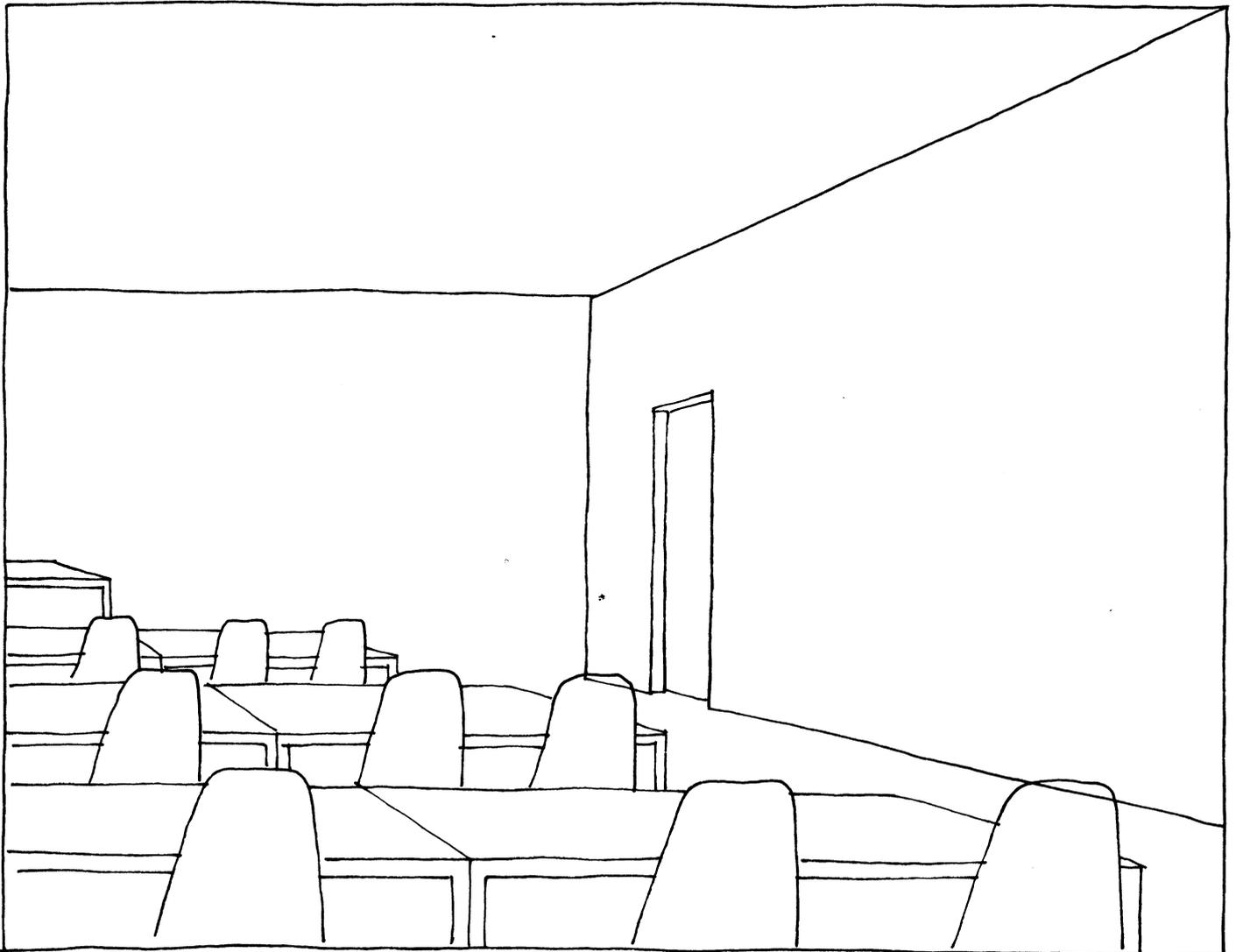
Rail electrificado con proyector.

### 4.13 Espacio multifuncional

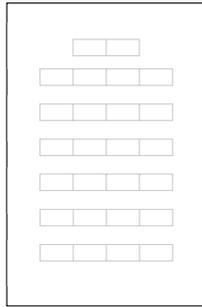
Los espacios multifuncionales pueden utilizarse como sala de reuniones para un sinfín de actos diferentes; los encontramos en hoteles y centros de congresos, pero también en edificios públicos y en la industria. Conferencias y seminarios, pero también recepciones y otras veladas de entretenimiento, constituyen algunos de los acontecimientos típicos que acogen estos espacios. A menudo existe la posibilidad de dividir un espacio multifuncional grande mediante tabiques de separación, de modo que se pueden realizar paralelamente varias celebraciones más reducidas; esto requiere una disposición de luminarias en simetría con la línea de división, que tanto puede estar en relación con todo el espacio como individualmente con los más reducidos.

Para la utilización multifuncional se debe tener una iluminación variable, que pueda corresponder tanto a las exigencias funcionales como a las representativas.

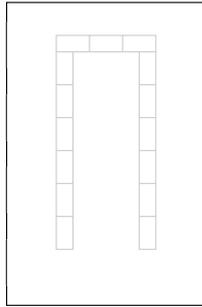
Por regla general la instalación de iluminación abarca varios componentes, que tienen conexión por separado y que pueden controlarse electrónicamente, respectivamente. Para una iluminación general funcional y económica se emplean por ejemplo luminarias de retícula para lámparas fluorescentes; proyectores variables posibilitan la presentación de productos o medios didácticos, mientras que los Downlights con lámparas incandescentes producen la parte de iluminación acentuada y adaptable mediante una regulación del flujo luminoso. En función de la configuración del espacio, además, podría ser conveniente la aplicación de luminarias decorativas.



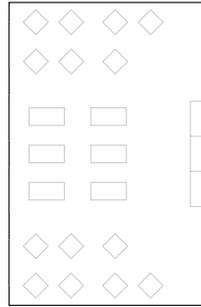
Espacios multifuncionales se pueden utilizar para un sinfín de actos diferentes. Su iluminación debe apoyar proporcionalmente una utilización funcional, celebraciones de presentación y acontecimientos festivos. Espacios separables requieren especiales exigencias a la concepción de la instalación de iluminación.



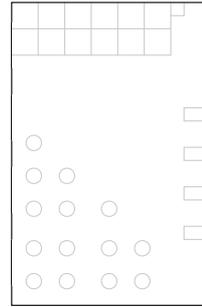
Seminario.



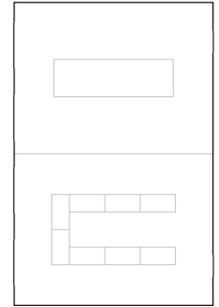
Conferencia.



Banquete con mesas individuales y buffet.



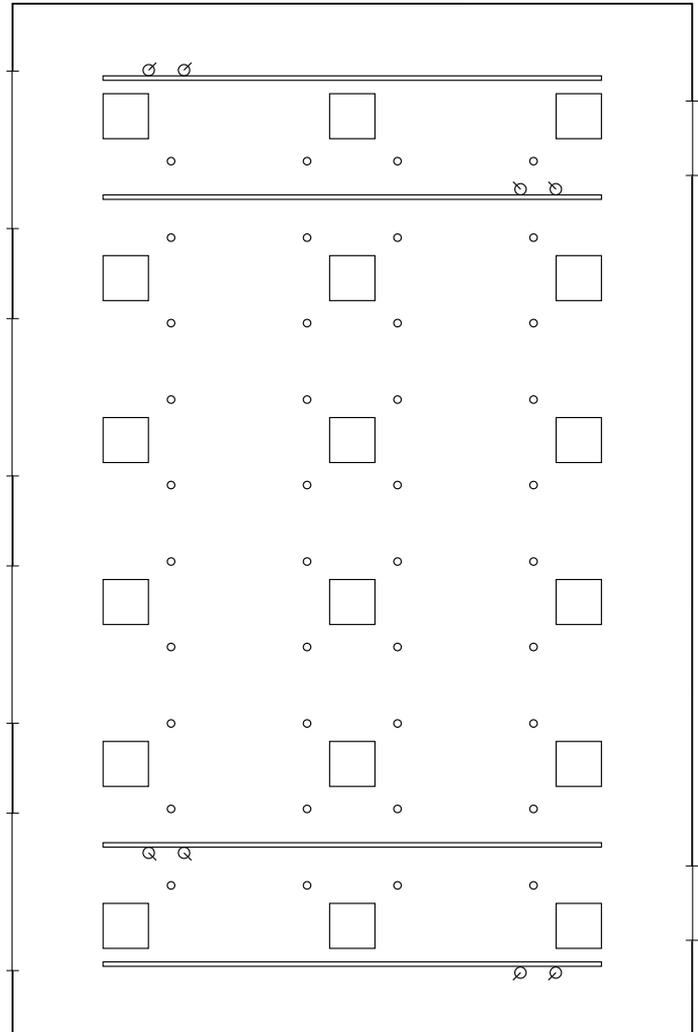
Acto festivo con escenario y pista de baile.



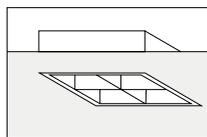
Doble uso: celebración y reunión.

Dos disposiciones de luminarias, una cuadrada de retícula para lámparas fluorescentes compactas y otra en forma de Downlight para lámparas halógenas incandescentes producen una componente regulable de la iluminación general económica y acentuada, respectivamente.

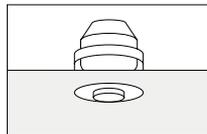
Raíles electrificados montados en los lados frontales llevan proyectores para la iluminación de presentación o de escena y por su disposición en ambos lados esto también es posible con el espacio dividido.



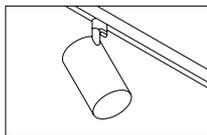
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



Downlight de doble foco para lámparas halógenas incandescentes.

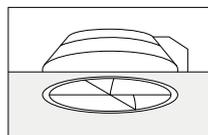
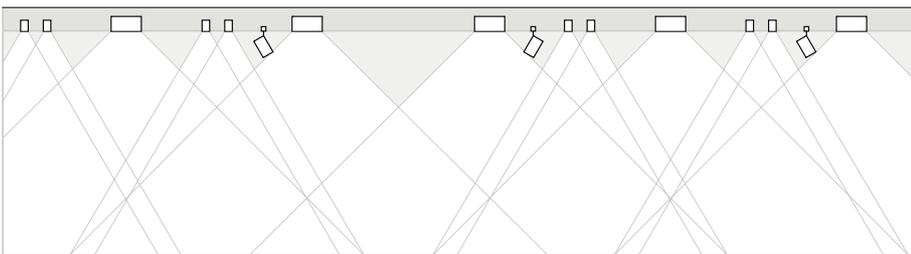
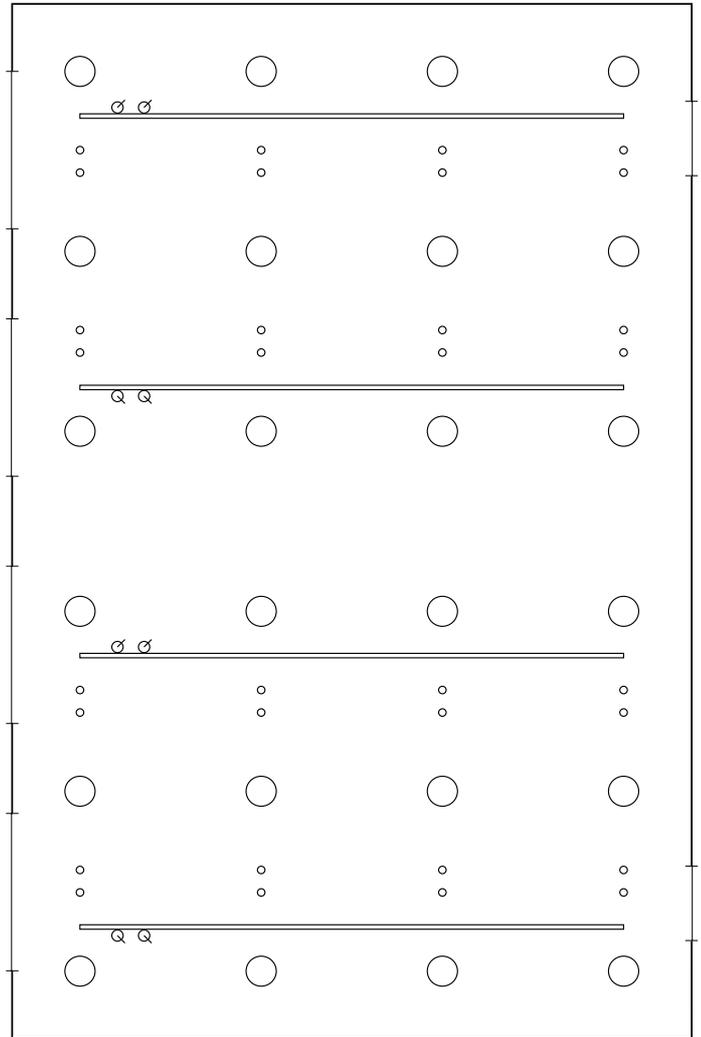


Raíl electrificado con proyector.

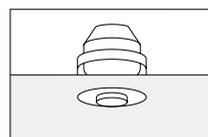


La iluminación básica del espacio multifuncional se realiza mediante una disposición de luminarias en simetría de imagen en ambas mitades del local. Downlights para lámparas fluorescentes compactas y parejas de Downlights de doble foco para lámparas halógenas incandescentes se han colocado conjuntamente en una retícula uniforme. Los Downlights de fluorescencia sirven para la iluminación económica de celebraciones funcionales, en tanto que los Downlights de incandescencia regulables se utilizan para la iluminación de actos festivos y como luz de fondo para tomar notas durante pases de diapositivas o proyecciones de video.

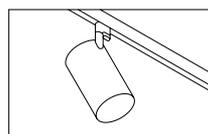
Railes electrificados llevan proyectores para la iluminación de presentaciones o las acentuaciones.



Downlight empotrable con rejilla en cruz para lámparas fluorescentes compactas.

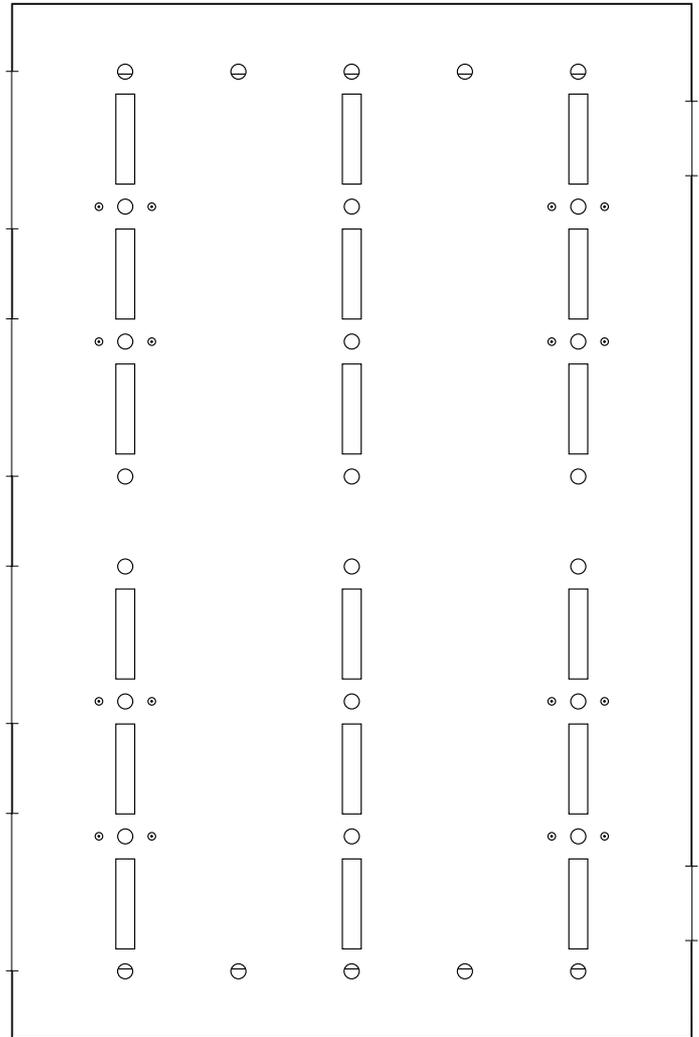


Downlight de doble foco integrado en el techo para lámparas halógenas incandescentes.

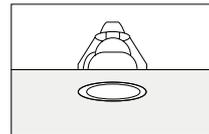
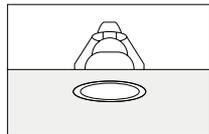
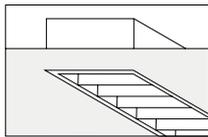


Raíl electrificado con proyector.

La iluminación general del espacio multifuncional se realiza a través de tres líneas luminosas, que incluyen la disposición no regular de luminarias de retícula para lámparas fluorescentes y Downlights para lámparas estándar. Bañadores de pared integrados en el techo por los lados frontales proporcionan una iluminación horizontal. En los lados se hace una combinación de cuatro Downlights con siempre una pareja de salidas de conexión para poder montar adicionalmente proyectores para una iluminación acentuada.

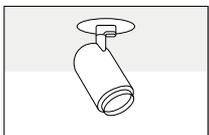


Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.



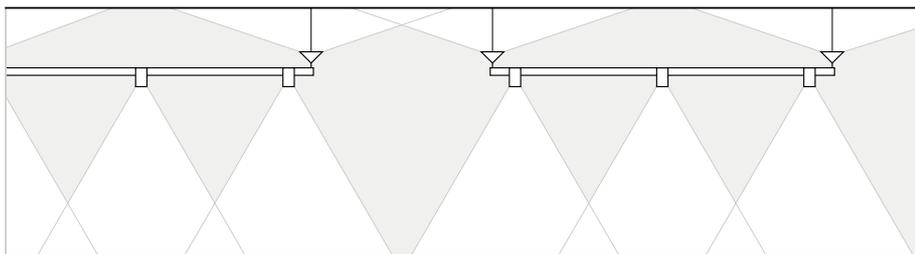
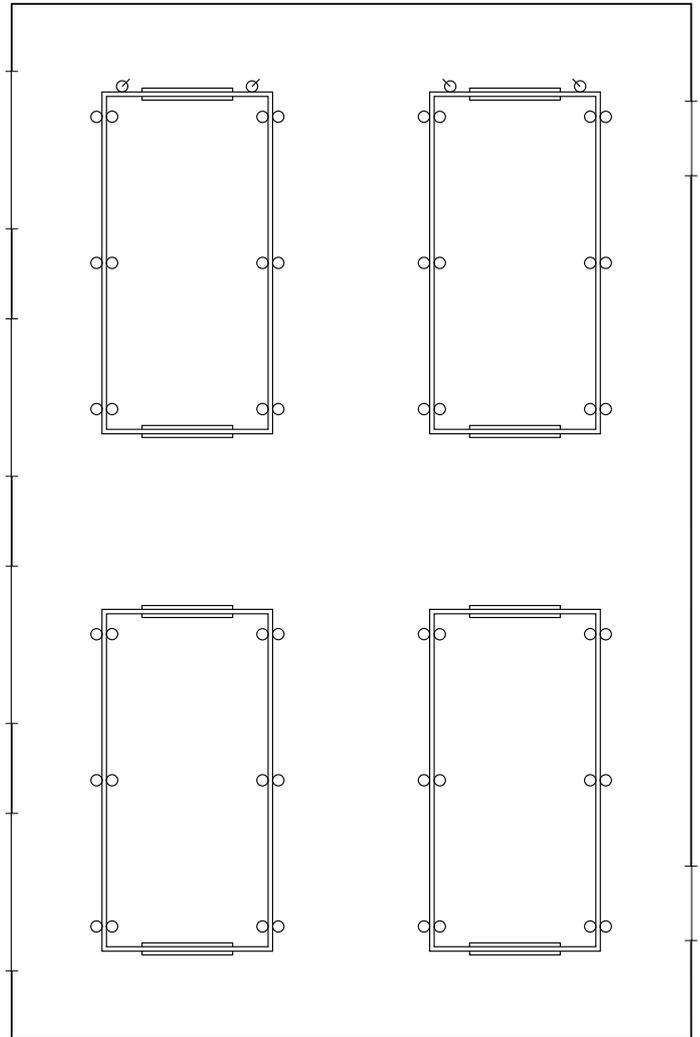
Downlight integrado en techo para lámparas estándar.

Downlight bañador de pared integrado en techo para lámparas estándar.

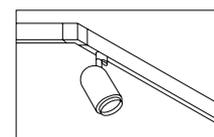
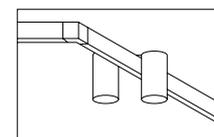
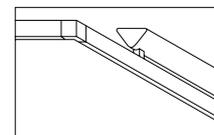


Salida de conexión con proyector.

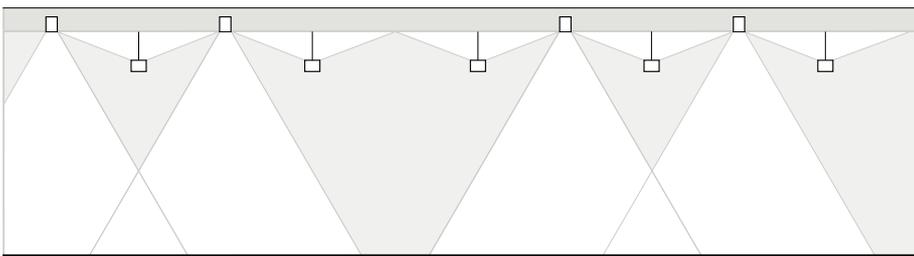
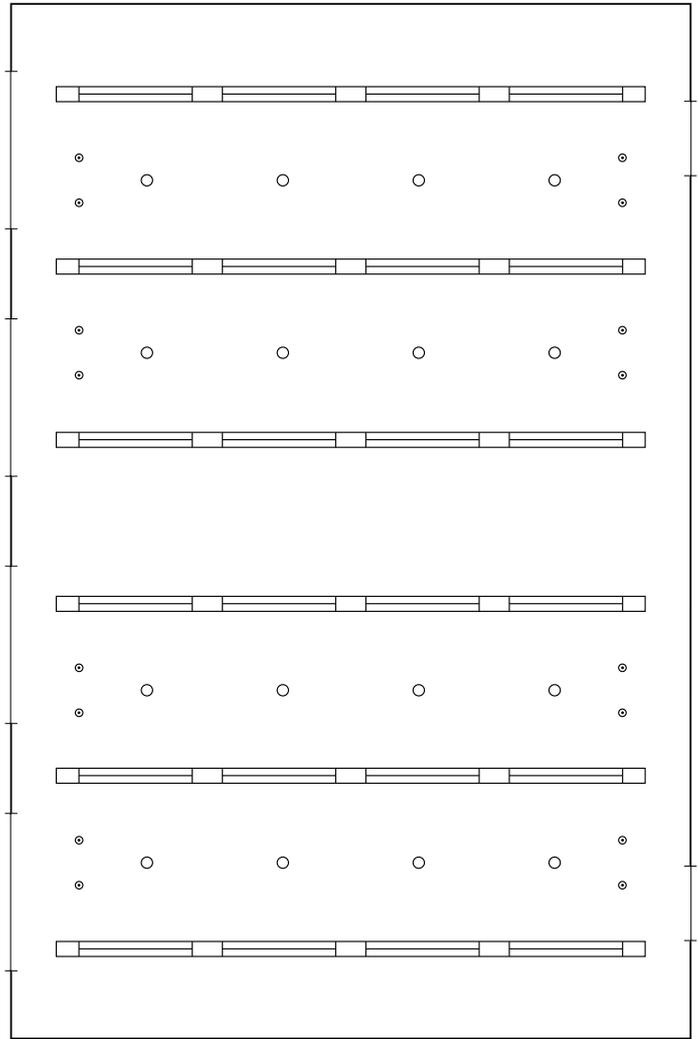
El soporte de la iluminación consiste en una estructura luminosa simétrica, suspendida en forma de rectángulo. La iluminación general se realiza mediante Uplights, mientras que parejas de Downlights producen luz orientada a mesas y suelo. Para resaltar puntos visuales en paredes, se pueden montar proyectores en la estructura.



Estructura luminosa con Uplights para lámparas fluorescentes compactas; Downlights para lámparas halógenas incandescentes y proyectores en railes electrificados.

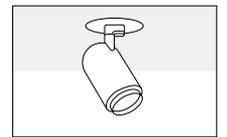
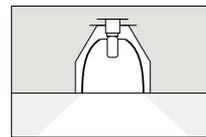
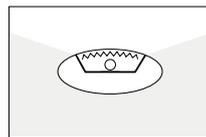
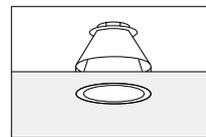
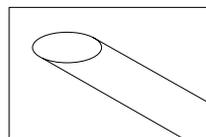


La iluminación base del espacio multifuncional se realiza mediante una estructura luminosa lineal con luminarias de radiación indirecta. Entre los elementos de la estructura se han montado Downlights para lámparas halógenas incandescentes, que posibilitan una regulación del flujo luminoso para acontecimientos representativos o para tomar anotaciones en una proyección. Salidas de conexión situadas en los laterales pueden acoger proyectores para la iluminación acentuada.



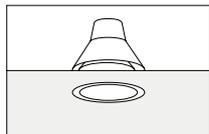
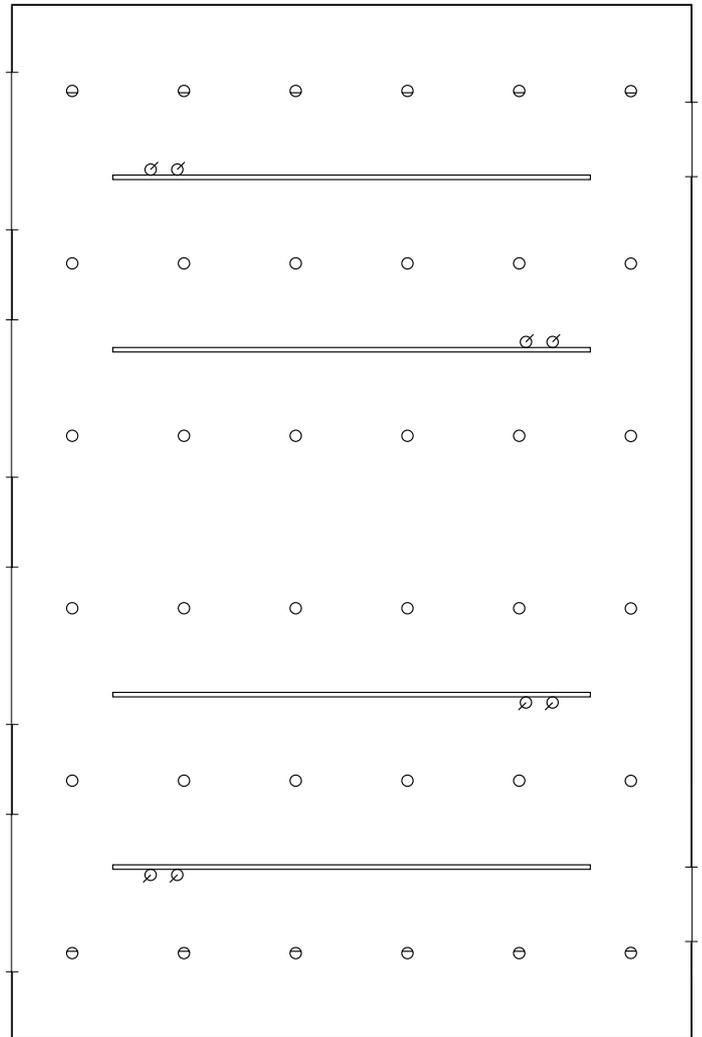
Estructura luminosa suspendida de radiación indirecta con luminarias para lámparas fluorescentes.

Downlight empotrable para lámparas halógenas incandescentes.

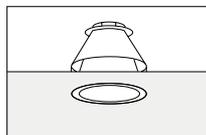


Salida de conexión con proyector.

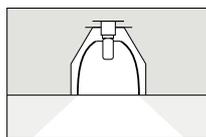
La iluminación del espacio multifuncional se basa en una disposición uniforme, que en el interior del espacio incluye Downlights y en los lados frontales Downlights-bañadores de pared. Entre las filas de luminarias se han instalado raíles electrificados en los que se pueden instalar de modo adicional proyectores para la iluminación acentuada. El equipamiento general con lámparas halógenas incandescentes crea un ambiente espacial representativo; mediante la regulación del flujo luminoso de determinados grupos de luminarias, éstas pueden adaptarse a los diferentes usos del local.



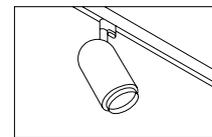
Downlight-bañador de pared integrado en techo para lámparas halógenas incandescentes.



Downlight empotrable para lámparas halógenas incandescentes.



Rail electrificado con proyector.



#### 4.14 Museo, vitrina

En numerosos museos, por ejemplo colecciones arqueológicas, etnológicas o de ciencias naturales, las piezas se exponen principalmente en vitrinas. En este caso, las vitrinas tienen una importancia preferente en la planificación de iluminación, en tanto que la de la arquitectura circundante suele quedar en segundo plano para evitar la creación de acentuaciones competitivas.

El primer cometido de la planificación consiste en la iluminación de las piezas expuestas según sus propiedades. En casos determinados pueden ser de especial importancia la forma plástica, la estructura, el brillo y la transparencia de superficies o la coloración de las piezas expuestas, requiriendo una iluminación correspondientemente concebida, sea acentuada, difusa o de una especial reproducción cromática.

Para la planificación de iluminación, además de la presentación, también los puntos de vista sobre la conservación desempeñan un papel importante. Según el tipo de los materiales a iluminar se debe dimensionar la carga de las piezas expuestas a una medida justificable mediante la elección adecuada de lámparas, filtros y limitación de iluminancia. Además de la carga debido a la luz visible, radiación UV e IR, se debería tener especialmente en cuenta el calentamiento en vitrinas; en piezas delicadas podría ser necesario el montaje de luminarias integradas en una parte de vitrina por separado.

Como valor tipo para la iluminancia en la iluminación de museos se aconsejan 150 lux; este valor se refiere a cuadros al óleo y múltiples otros materiales. Materiales menos delicados como piedras y metales pueden soportar iluminancias más altas, aunque para evitar que el contraste frente a los espacios lindantes menos iluminados sea demasiado grande, se recomienda una limitación a 300 lux. Los materiales altamente sensibles, sobre todo libros, acuarelas o piezas de tejido, deberían iluminarse con un máximo de 50 lux; esto requiere un cuidadoso equilibrio entre la iluminación de objetos y del entorno con una parte general ampliamente reducida.

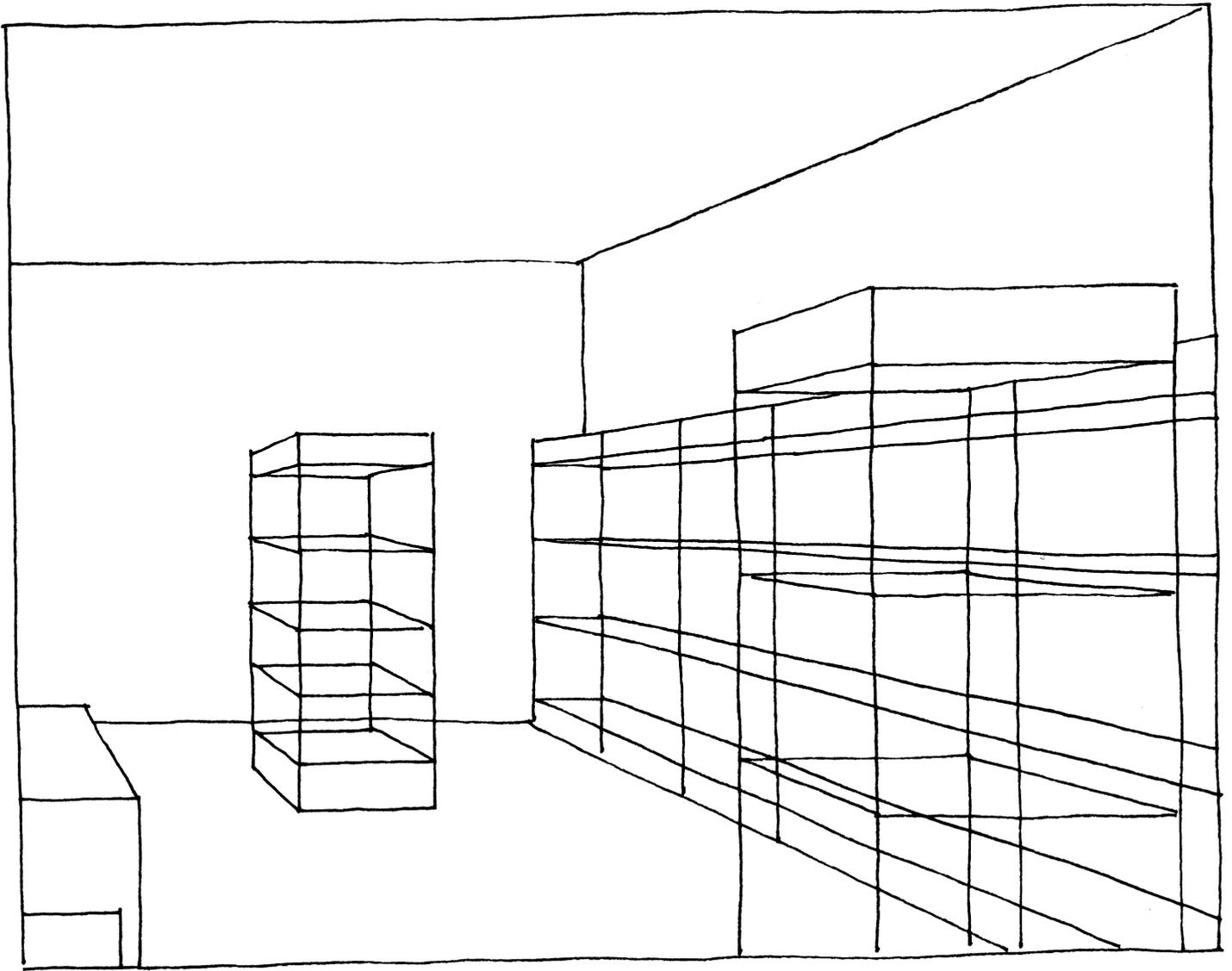
En la iluminación de vitrinas la limitación del deslumbramiento por reflexión sobre superficies acristaladas horizontales y verticales es de especial importancia. Sobre todo en la iluminación desde el exterior hay que considerar el emplazamiento y la orientación de las luminarias. Además, se deberían tener en cuenta posibles reflejos de deslumbramiento de ventanas y eliminarlos mediante apantallamientos (por ejemplo, por lamas verticales).

Las vitrinas altas se pueden iluminar con ayuda de una iluminación integrada desde el techo de las mismas. En la iluminación de materiales transparentes —por ejemplo, cristales— la iluminación inte-

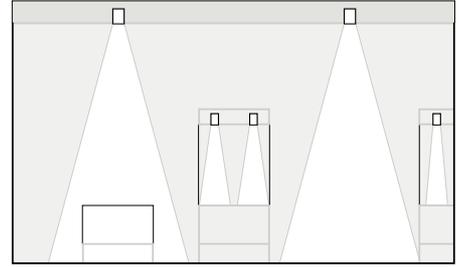
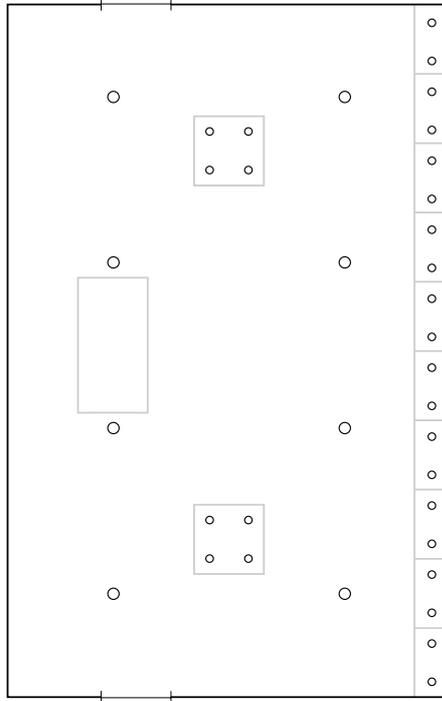
grada también puede realizarse desde el zócalo de la vitrina. Por otra parte, se pueden aplicar adecuadamente sistemas conductores de luz, cuando se desea evitar la carga térmica y el peligro para las piezas expuestas debido a las lámparas en la vitrina o en el caso de que las medidas de la misma no acepten la instalación de luminarias convencionales.

Además de la iluminación integrada en vitrinas, se requiere por regla general una iluminación independiente del entorno. Según el ambiente deseado y la iluminancia requerida para la conservación, es suficiente el espacio libre del componente espacial desde un nivel justo por debajo de la iluminación de la vitrina hasta una exclusiva iluminación de orientación producida a través de la luz dispersora de las vitrinas.

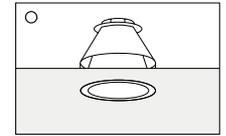
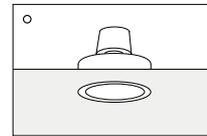
En la iluminación de vitrinas desde el exterior la iluminación del espacio y de los objetos se realiza igualmente desde el techo. Esta forma de iluminación es sobre todo adecuada para vitrinas de vidrio y planas, que se observan desde arriba y en las cuales no se dejan integrar luminarias. Luz diurna e iluminación general aportan en este caso lo mismo para la iluminación de objetos, como la luz de proyectores, con los cuales se logra una presentación acentuada. Para evitar reflejos de deslumbramiento la disposición de luminarias debe estar en concordancia con las vitrinas. Sistemas de luminarias fijas condicionan del mismo modo las vitrinas fijas; exposiciones itinerantes se deberían iluminar a través de sistemas variables de iluminación, por ejemplo mediante proyectores instalados en raíles electricificados.



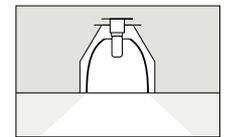
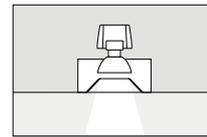
La iluminación de las vitrinas altas se realiza mediante luminarias integradas. Para la iluminación del espacio y de las vitrinas bajas se utilizan Downlights empotrables, que disponen de una característica de radiación concentrada para un mejor control de los reflejos sobre las superficies de cristal de las vitrinas.



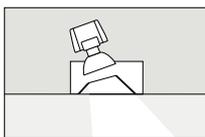
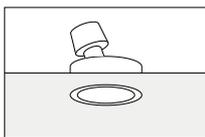
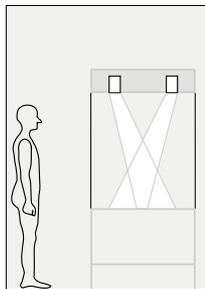
Downlight empotrable para lámparas incandescentes o halógenas incandescentes.



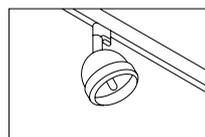
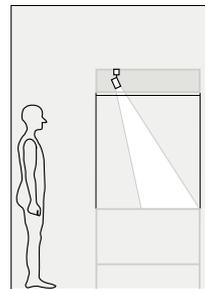
Downlight para lámpara halógena de bajo voltaje.



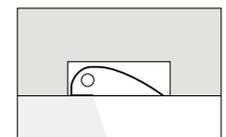
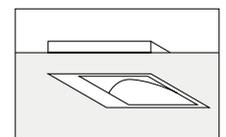
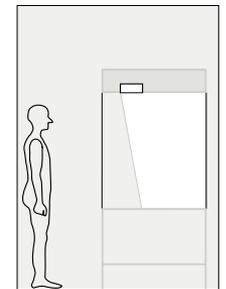
Iluminación de vitrina acentuada mediante proyector orientable para lámparas halógenas de bajo voltaje. La luminaria va equipada con lámparas reflectoras cerradas de modo que no existe ningún peligro para las piezas expuestas.



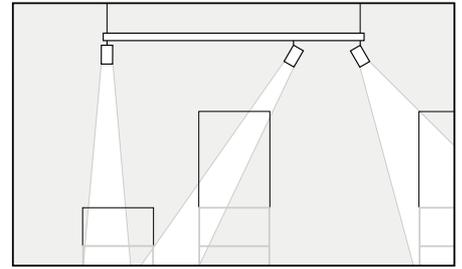
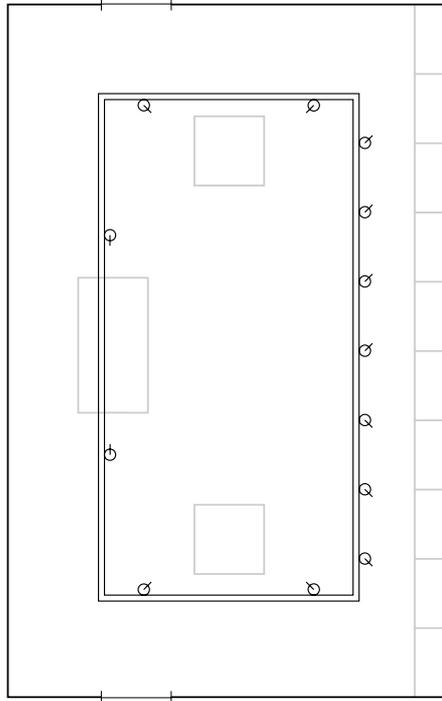
Iluminación de vitrina por proyector. La vitrina está apantallada por una placa de filtro y una rejilla antideslumbrante, la parte superior de la vitrina se puede ventilar por separado.



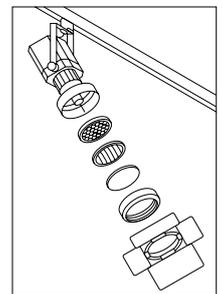
Iluminación concentrada de la vitrina mediante bañador para lámparas fluorescentes compactas o halógenas incandescentes.



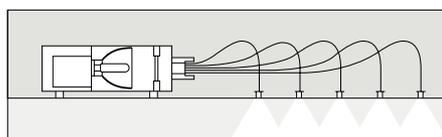
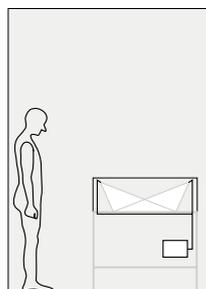
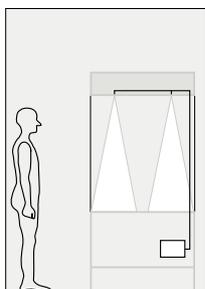
Iluminación de vitrinas totalmente acristaladas. El soporte de la iluminación es una estructura luminosa suspendida con proyectores. La iluminación del espacio se realiza mediante luz difusa.

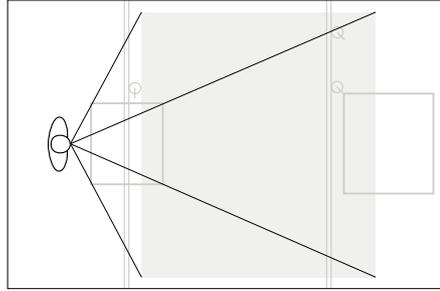
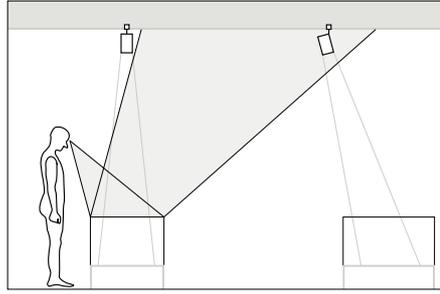


Proyector en rail electrificado. Para reducir la carga UV e IR los proyectores se pueden equipar con filtros; para la limitación de deslumbramiento, con rejillas antideslumbrantes.

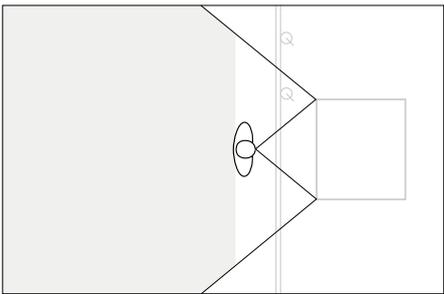
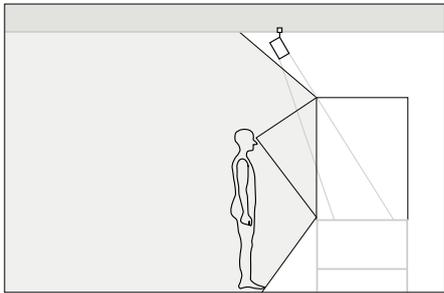


Iluminación de vitrina a través de un sistema conductor de luz. Varias salidas de luz se alimentan por una fuente de luz central. Este tipo de iluminación integrada es posible incluso en un espacio mínimo de instalación.

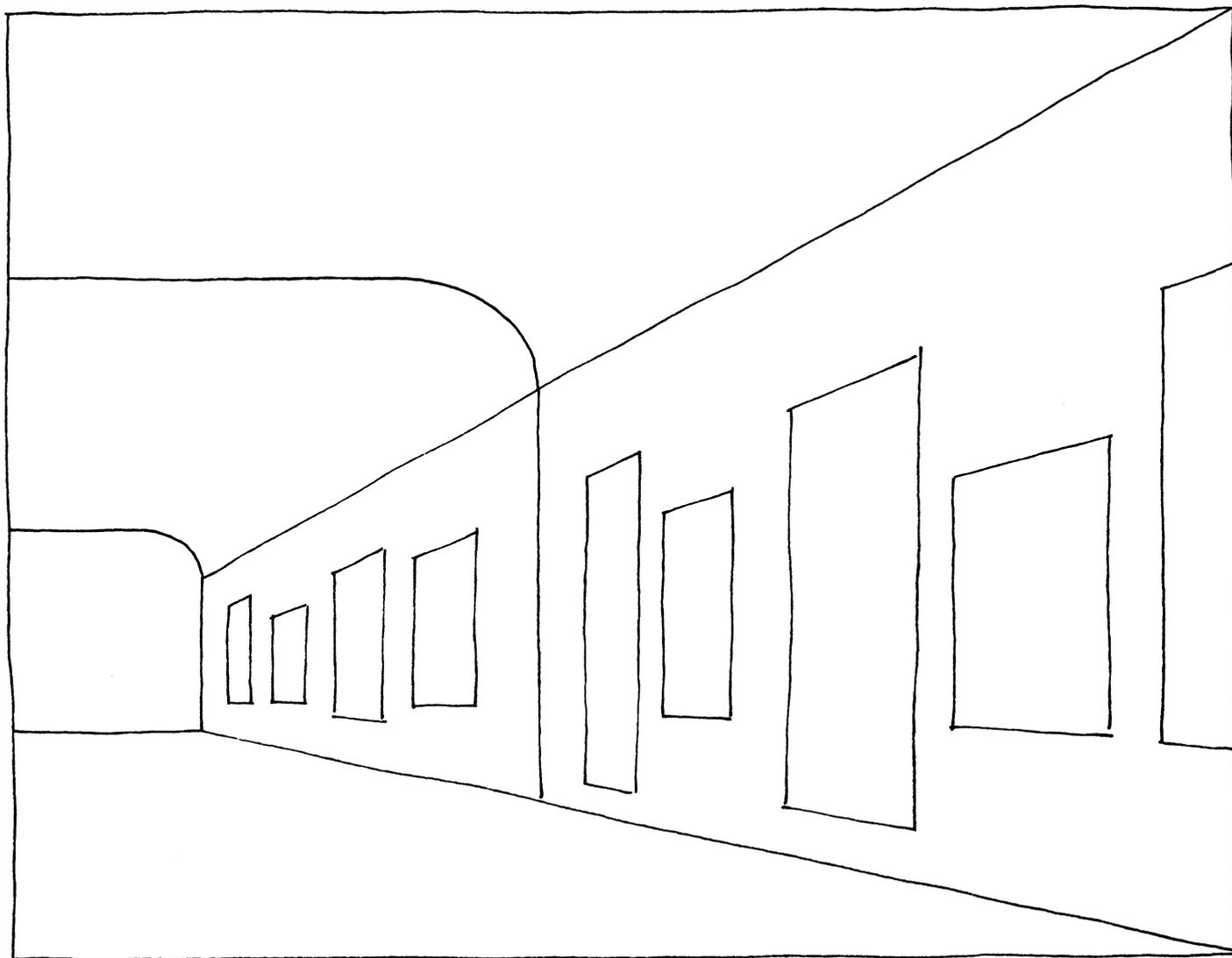




Comprobación de las «zonas prohibidas» en superficies de reflexión verticales. En este caso también hay que tener en cuenta las ventanas y si es necesario apantallarlas.



Comprobación de las «zonas prohibidas» en superficies de reflexión horizontales. Desde esas zonas de techo no se deben emitir luminancias sobre la superficie reflectante. Desde luego se pueden instalar luminarias en esta área, pero deben tener el correspondiente apantallamiento u orientación.



#### 4.15 Museo, galería

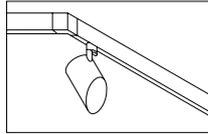
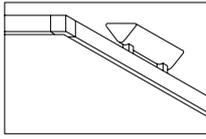
Cada vez con mayor frecuencia se incluye en la planificación de iluminación para colecciones de cuadros y esculturas la arquitectura del museo, al contrario de lo que ocurre cuando se trata por ejemplo de planificar la iluminación de vitrinas en un museo. Tanto en edificios históricos como en las construcciones modernas de museos a menudo la propia arquitectura compite con lo expuesto; el objetivo de la planificación de iluminación por regla general será seguir con la relación de la importancia aplicada en cada caso entre arte y arquitectura en el concepto de la iluminación. Frecuentemente se utilizan en museos tanto la iluminación artificial como la natural (luz diurna). El cometido de una planificación es controlar la luz diurna y coordinarla con la artificial. Un primer control y distribución de la luz diurna puede realizarse a través de partes arquitectónicas; el control de la iluminancia según las informaciones disponibles en cuanto a la conservación requiere instalaciones adicionales. Existen sistemas de control electrónicos que permiten un control combinado: regulan la entrada de luz natural mediante lamas móviles y si es necesario la complementan con luz ar-

tificial. No obstante, en cualquier caso se requiere un sistema de iluminación que asegure una iluminación apropiada en caso de no disponer de la suficiente luz diurna o por la noche.

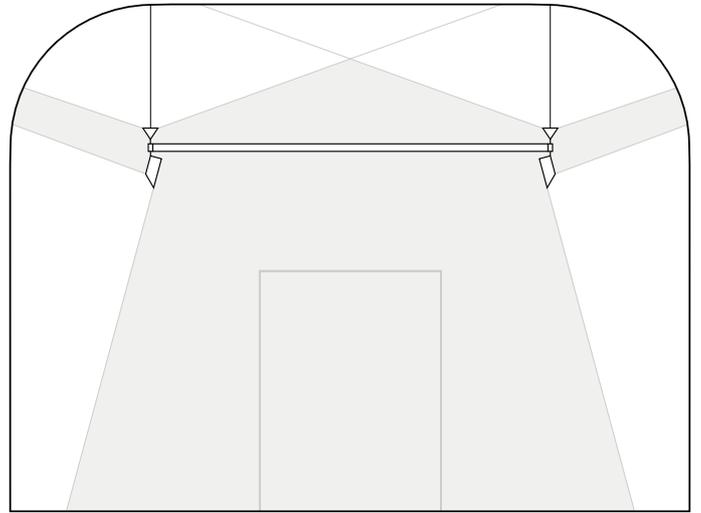
Los objetos a iluminar son principalmente cuadros y grabados colocados en las paredes, así como esculturas dispuestas por el interior del espacio. La iluminación de los cuadros se puede realizar mediante una iluminación uniforme de la pared con ayuda de bañadores de pared o mediante una iluminación acentuada con proyectores. En ambos casos es necesario conseguir un adecuado ángulo de incidencia de la luz para evitar cualquier reflejo molesto en cristales o superficies brillantes. En tal caso se ha demostrado como oportuno un ángulo de incidencia de la luz de  $30^\circ$  a la vertical (ángulo de museo), donde los criterios deslumbramiento por reflexión, iluminancia y sombras básicas son óptimos.

Las esculturas requieren por regla general luz orientada para poder resaltar su forma plástica y las estructuras de su superficie; para este tipo de iluminación se utilizan principalmente proyectores y proyectores orientables empotrables.

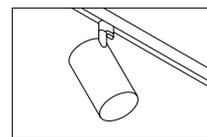
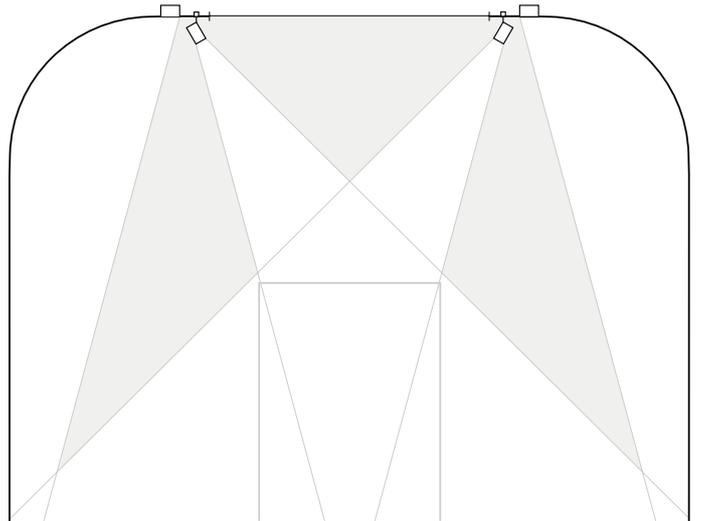
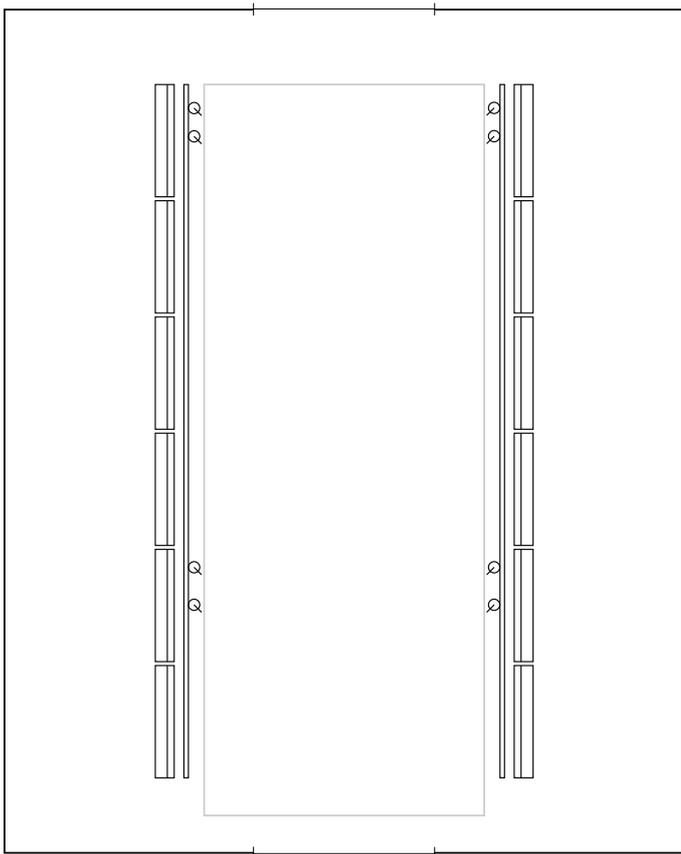
Soporte de la iluminación es una estructura luminosa suspendida con Uplights para la iluminación indirecta del espacio y bañadores de pared para la iluminación directa de las paredes.



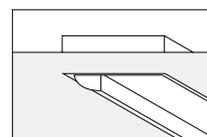
Estructura luminosa con Uplights para lámparas fluorescentes compactas o halógenas incandescentes, así como bañadores de pared para lámparas reflectoras PAR-38.



Museo con luz diurna y techo luminoso. La iluminación complementaria de la luz natural y nocturna se realiza mediante bañadores de pared, que están montados en paralelo al techo luminoso. Railes electrificados permiten una iluminación acen- tuada adicional con proyectores.

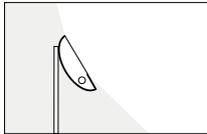
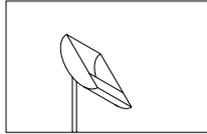


Rail electrificado con proyector.

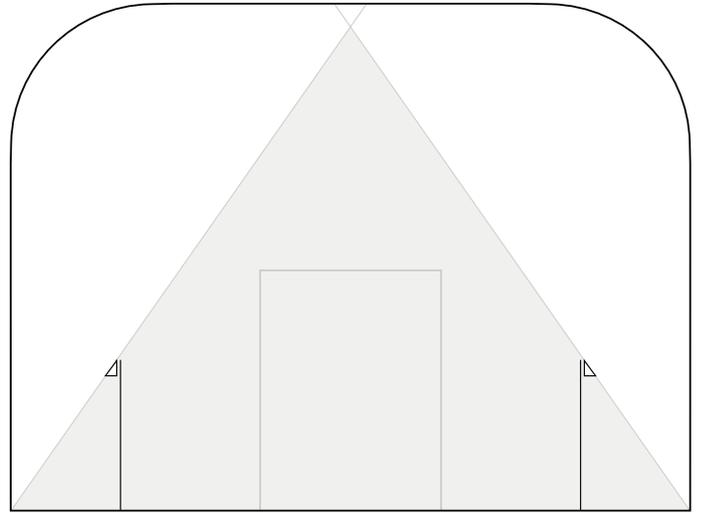


Bañador de pared para lámparas fluorescentes.

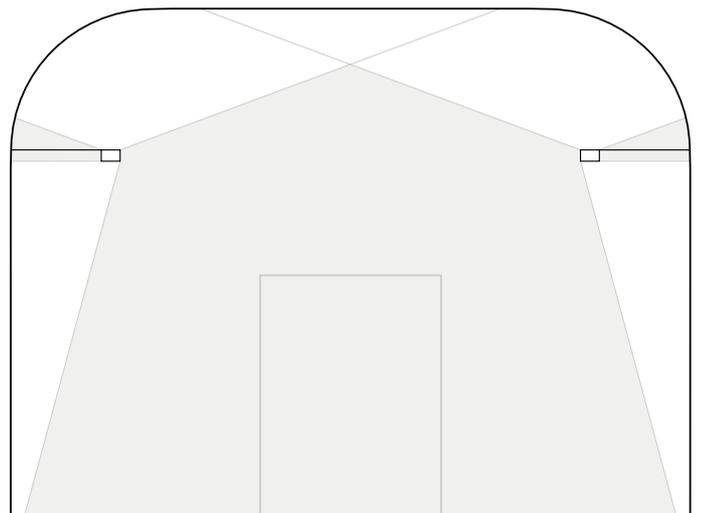
Iluminación de un museo histórico. Como no se permiten montajes ni en el techo ni en las paredes, la iluminación se realiza a través de bañadores de posición libre, que abarcan tanto la pared como el techo.



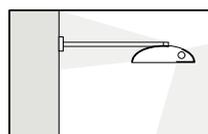
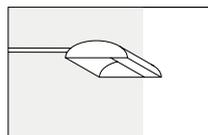
Bañador de posición libre para lámparas halógenas incandescentes.



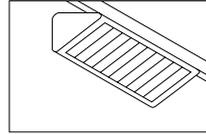
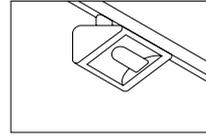
Para la iluminación se emplean luminarias montadas en el friso, que actúan como bañadores de pared al tiempo que conducen luz hacia el techo a través de una rejilla prismática en la parte superior de la luminaria.



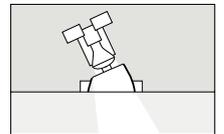
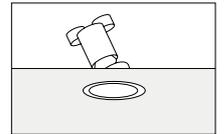
Luminaria de museo para lámparas fluorescentes, equipada con un reflector bañador y una rejilla prismática para la iluminación del techo.



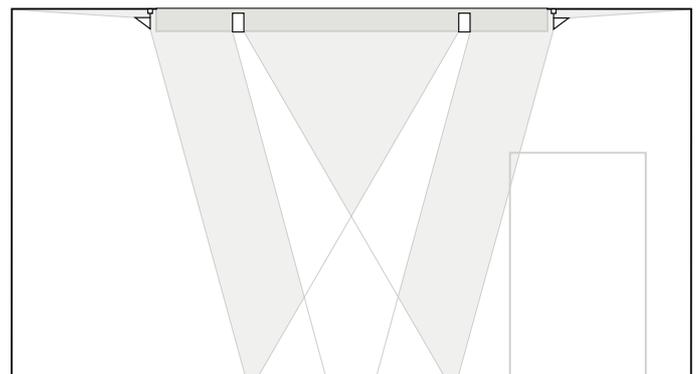
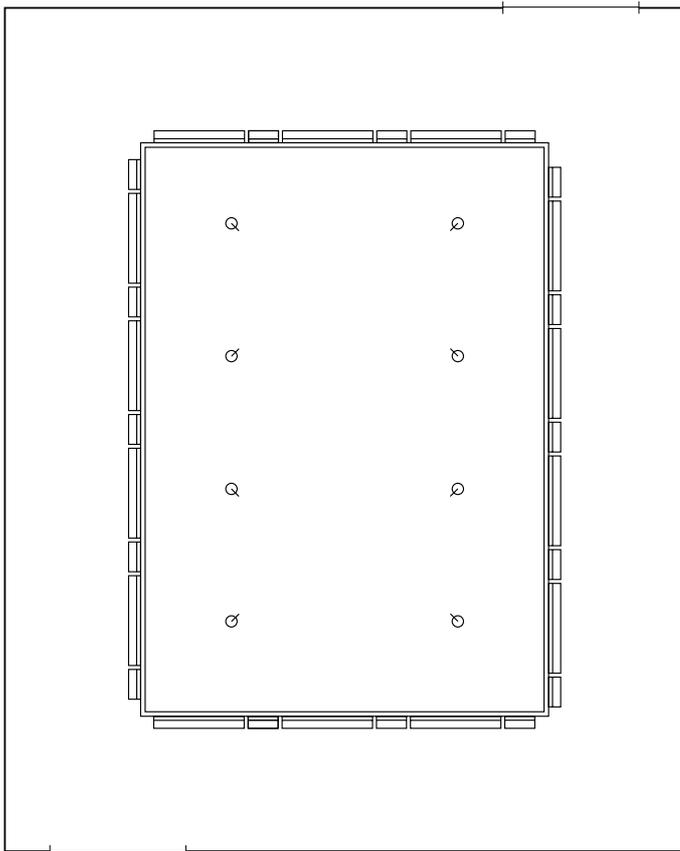
Bañador de pared para lámparas halógenas incandescentes y bañador de pared para lámparas fluorescentes en raíl electrificado.



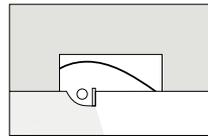
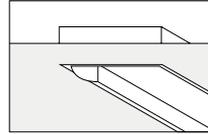
Proyector orientable empotrable para lámparas reflectoras.



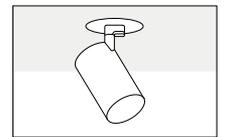
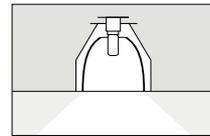
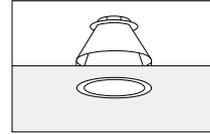
El soporte de la iluminación es un techo suspendido, que transcurre a una distancia definida de la pared. Por encima del canto de techo se han montado en raíles electrificados bañadores para la iluminación de las paredes; mediante una disposición no regular de bañadores de pared para lámparas halógenas incandescentes y fluorescentes se pueden conectar diferentes niveles luminosos y calidades de luz en las paredes. En el elemento de techo se han integrado proyectores orientables para la iluminación de esculturas.



Bañador de pared para lámparas fluorescentes.

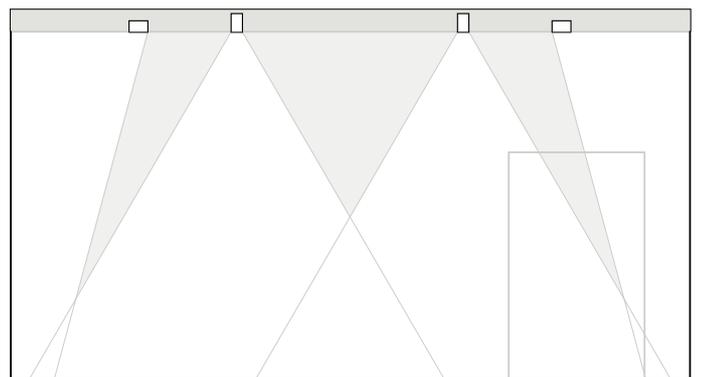
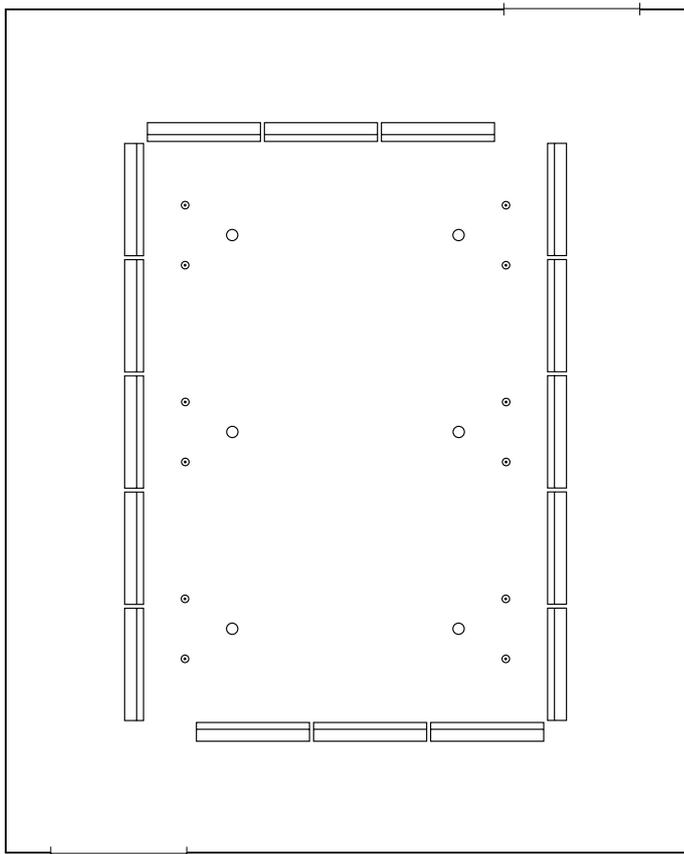


Downlight empotrable para lámparas halógenas incandescentes.

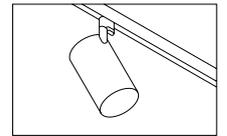
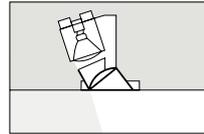
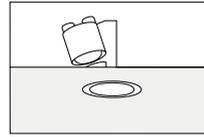


Salida de conexión con proyector.

Como iluminación sirve un cuadrado de bañadores de pared para lámparas fluorescentes, complementadas por una disposición regular de Downlights para lámparas halógenas incandescentes. Salidas de conexión permiten la acentuación adicional a través de proyectores.

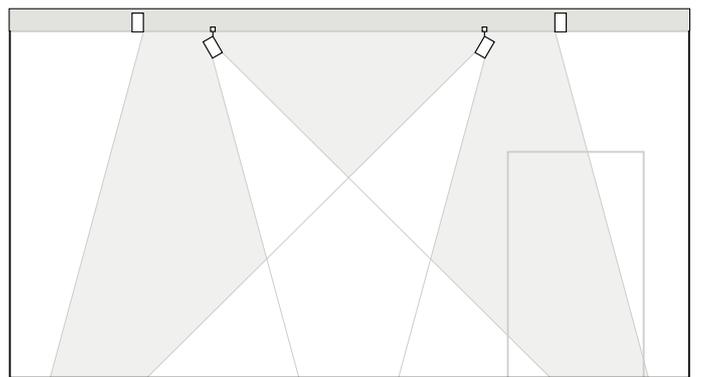
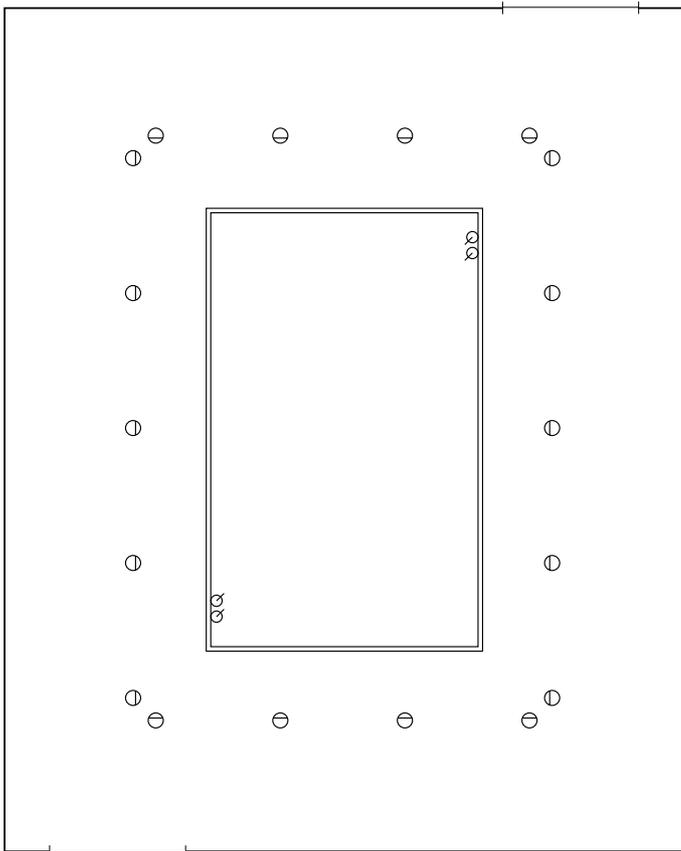


Bañador de pared em-  
potrable para lámparas  
halógenas incandes-  
centes.

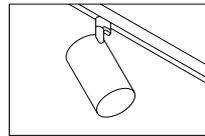


Rail electrificado  
con proyector.

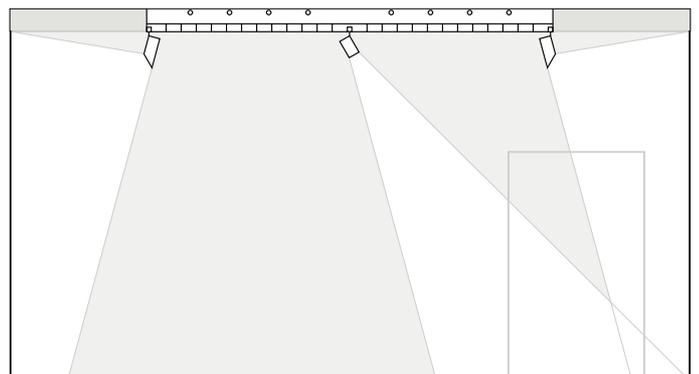
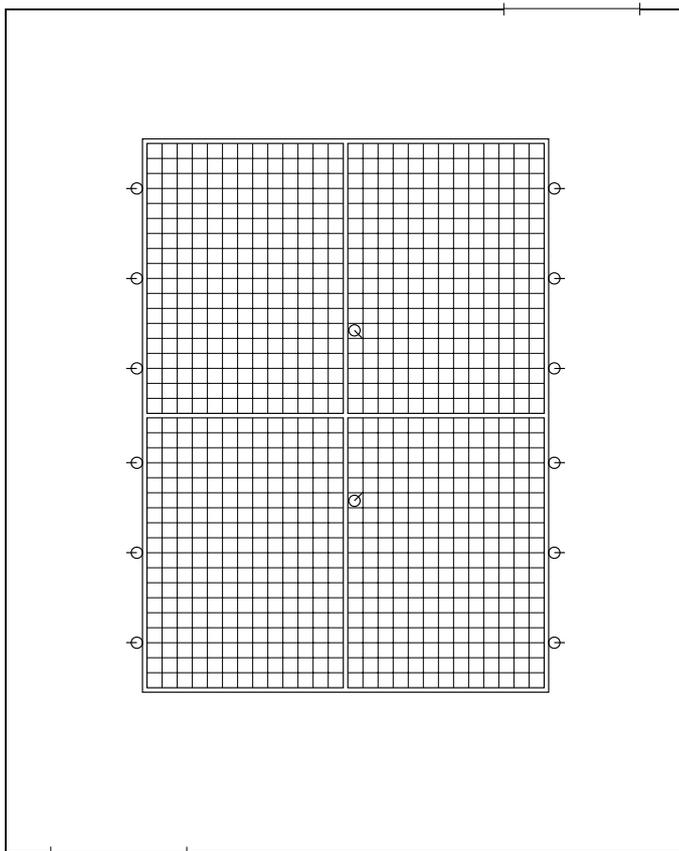
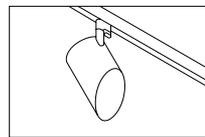
Bañadores de pared dispuestos en para-  
lelo a las paredes proporcionan la ilumi-  
nación de las mismas. Un cuadrado de  
raíles electrificados situados más al inte-  
rior puede acoger proyectores para la  
iluminación acentuada.



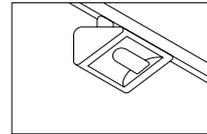
Iluminación de museo con un techo luminoso de rejilla para lámparas fluorescentes. Railes electrificados que se han colocado tanto por el borde del techo luminoso como en disposición de cruz por dentro de la superficie del mismo. De este modo se puede complementar la iluminación a través de proyectores y bañadores de libre posición.



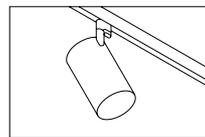
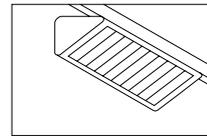
Rail electrificado con proyectores y bañadores.



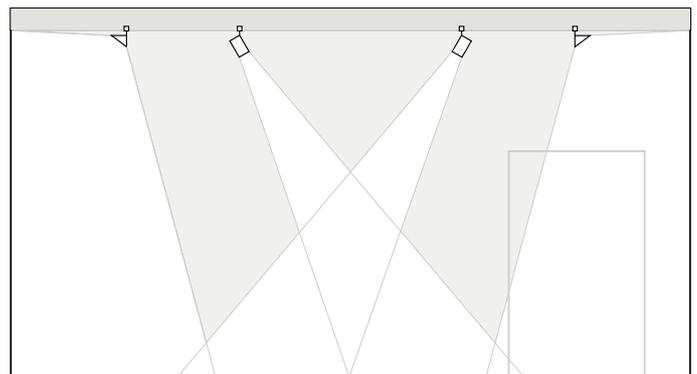
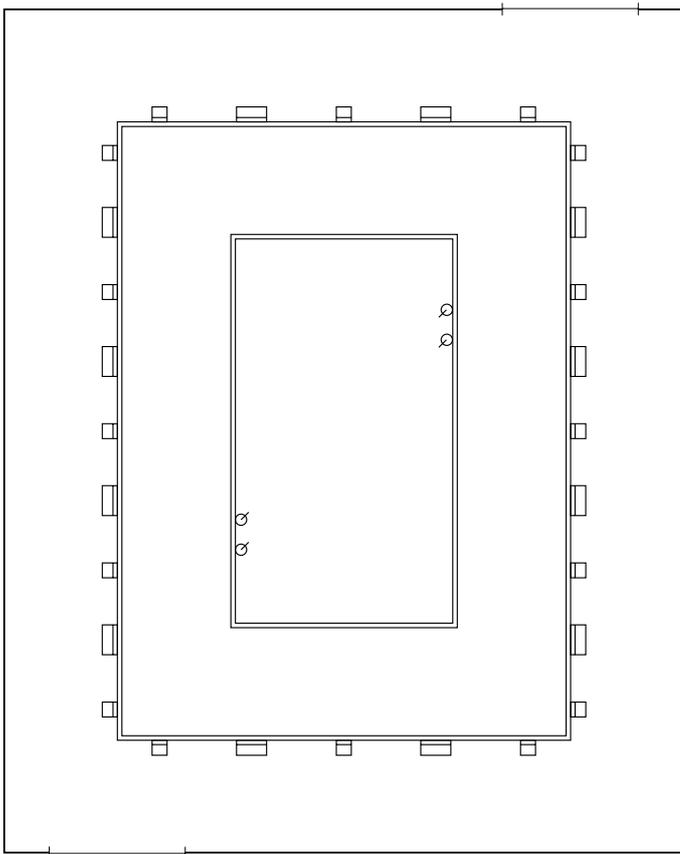
Soporte de la iluminación son raíles electrificados instalados en el techo, formando dos rectángulos. El rectángulo exterior lleva bañadores de pared para la iluminación uniforme de las paredes; en el interior se han montado proyectores para la iluminación acentuada de esculturas. Debido a la disposición no regular de bañadores de pared para lámparas halógenas incandescentes y fluorescentes compactas, se pueden conseguir diferentes niveles luminosos y calidades de luz en la pared.

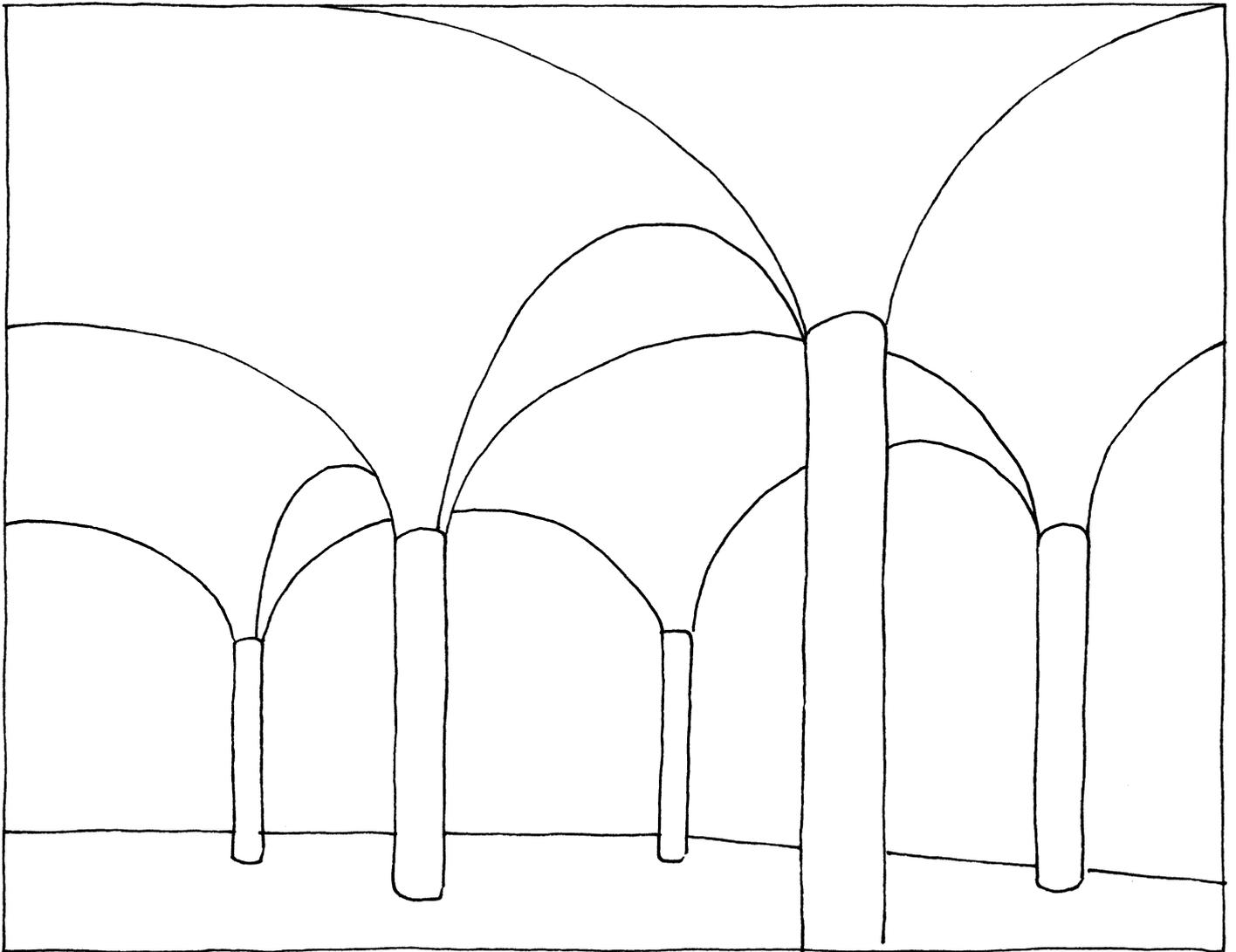


Rail electrificado con bañadores de pared para lámparas halógenas incandescentes y bañador de pared para lámparas fluorescentes compactas.



Rail electrificado con proyector.

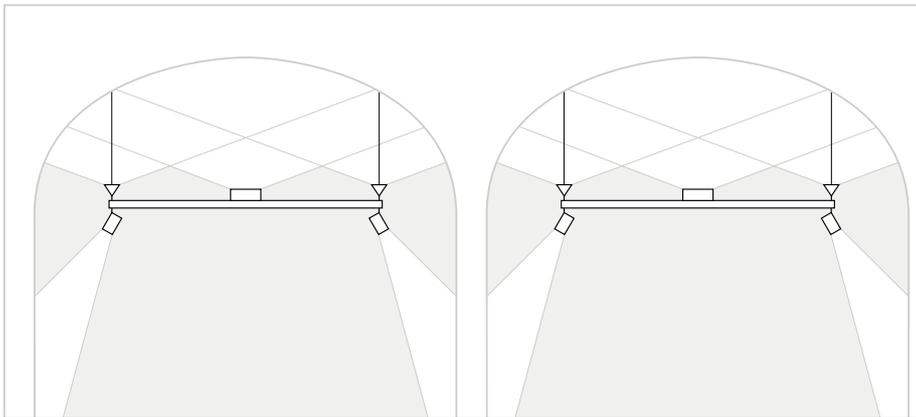
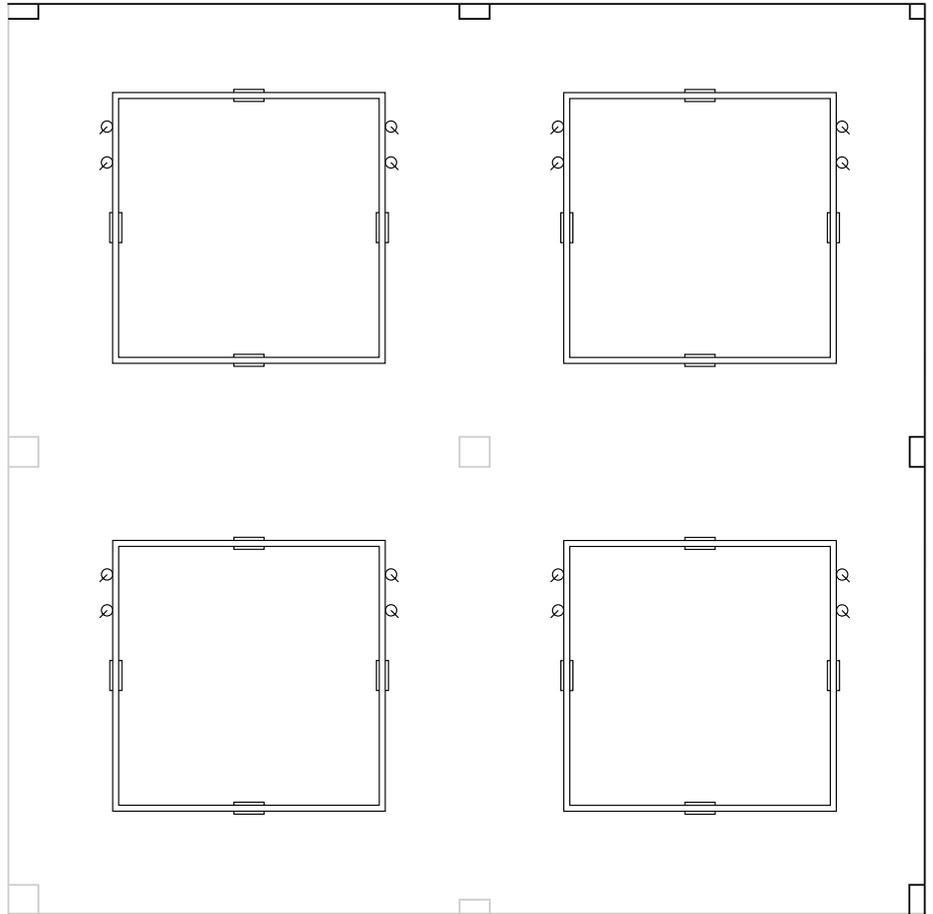




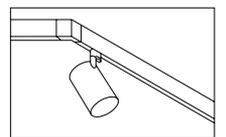
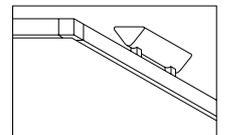
#### 4.16 Bóveda

Las bóvedas se encuentran principalmente en edificios históricos. Por tanto, el resalte de la arquitectura y los elementos configurativos, como por ejemplo la iluminación de estructuras de bóveda o frescos en el techo, es por regla general uno de los cometidos preferentes de la iluminación. La clave de la planificación de iluminación se basa en las formas de iluminación indirecta o directa-indirecta, que al mismo tiempo sirven para la iluminación de la arquitectura y para la general.

Dado que se deben efectuar las menos intervenciones posibles en la sustancia de obra, los conceptos de iluminación integrados o de difícil montaje no han lugar; con frecuencia, además, no se puede utilizar el techo bajo ningún concepto como superficie de montaje. Por tanto, constituyen el soporte de la iluminación sobre todo columnas o pilares y paredes, y en casos concretos también luminarias y estructuras luminosas suspendidas.

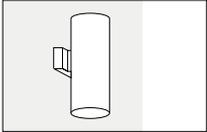


En cada una de las bóvedas se ha suspendido una estructura luminosa cuadrada, que lleva Uplights para la iluminación indirecta. En la parte inferior de la estructura se pueden montar adicionalmente proyectores para la iluminación acentuada del espacio.

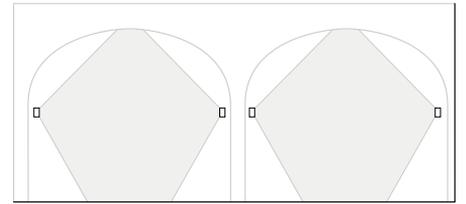
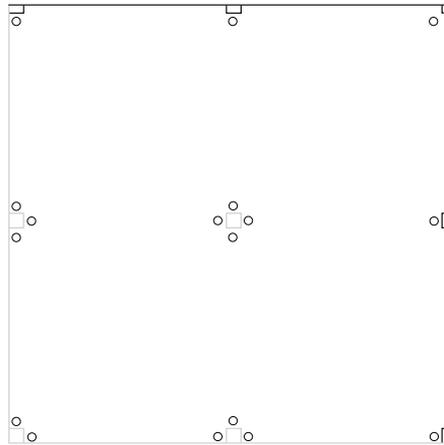


Estructura luminosa con Uplights para lámparas halógenas incandescentes y proyectores en railes electrificados.

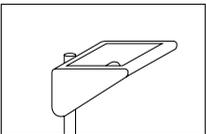
4.0 Ejemplos de planificación  
4.16 Bóveda



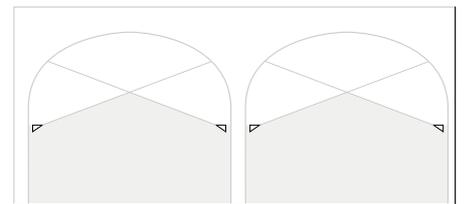
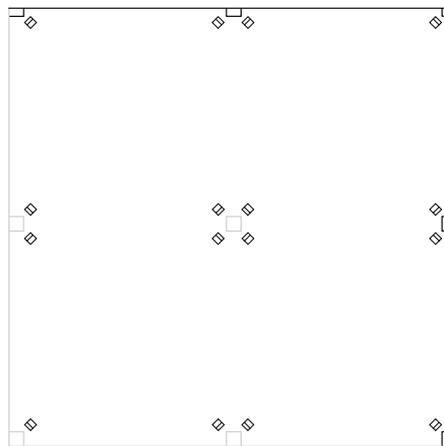
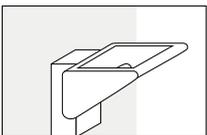
Up-Downlight para lámparas halógenas incandescentes.



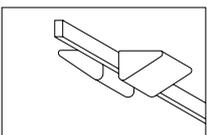
La iluminación de la bóveda se realiza a través de Up-Downlights montados en los pilares. En cada pilar de posición libre se encuentran cuatro luminarias y en los pilares de pared, una. De este modo se produce una suficiente iluminación básica, que hace visible la arquitectura al tiempo que posibilita una orientación segura.



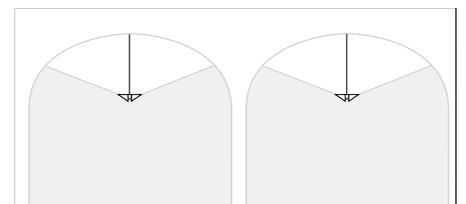
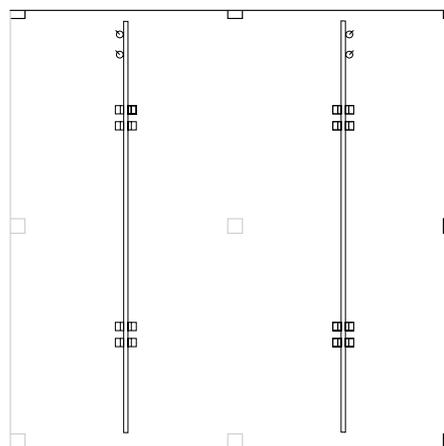
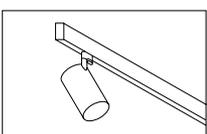
Bañador de techo de posición libre o montado en pared para lámparas halógenas incandescentes o de halogenuros metálicos.



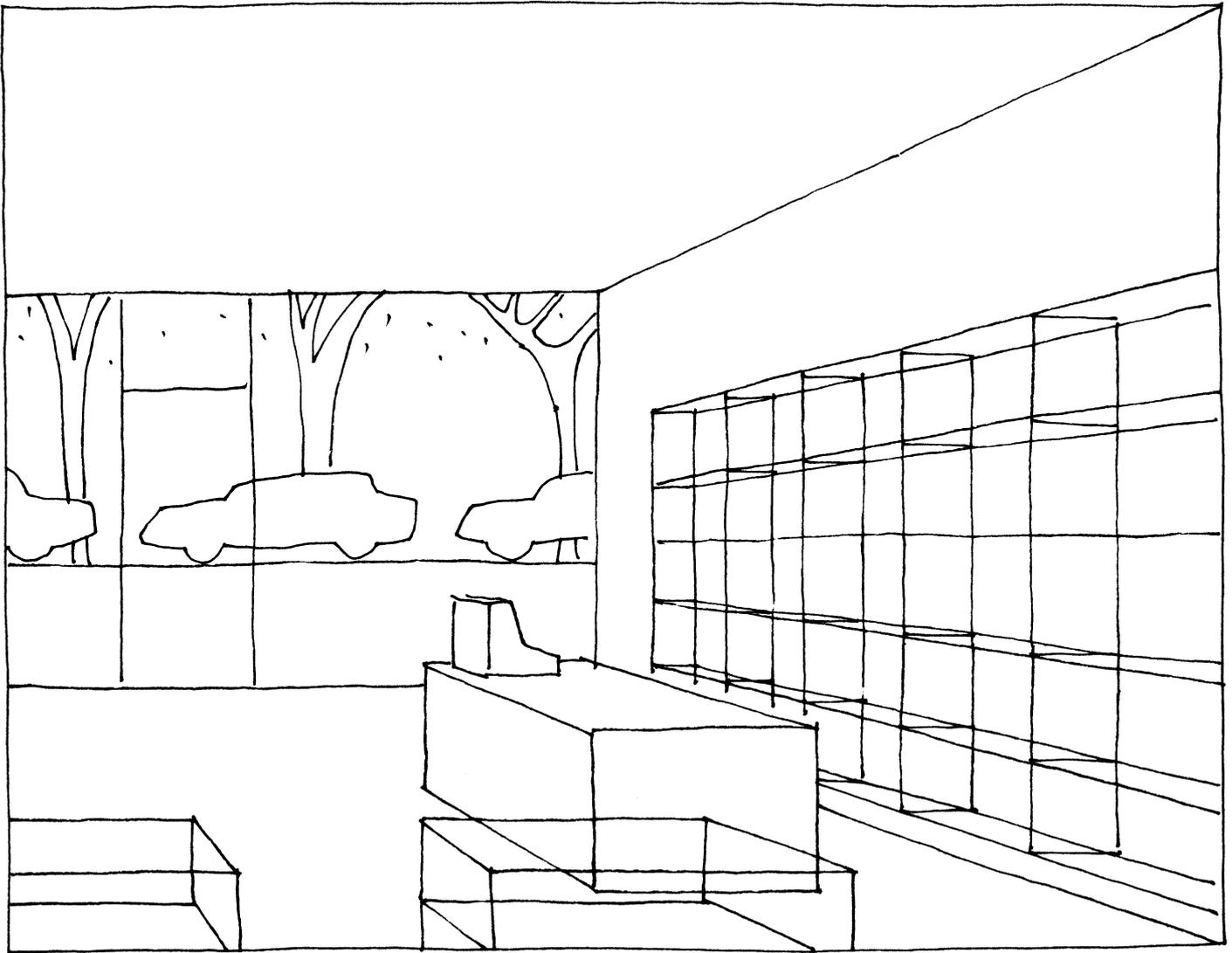
Para una iluminación exclusivamente indirecta y uniforme de la bóveda se ocupan bañadores de pared montados en los pilares. En caso de condiciones de montaje especialmente problemáticas, éstos también se pueden aplicar de posición libre.



Estructura luminosa con parejas de bañadores de techo para lámparas halógenas incandescentes así como proyectores en railes electrificados.



Soporte de la iluminación es una estructura luminosa suspendida a lo largo de los ejes de la bóveda, en la que se han montado bañadores de techo en grupos de cuatro. Para la iluminación acentuada del espacio se pueden instalar proyectores en la parte inferior de la estructura.

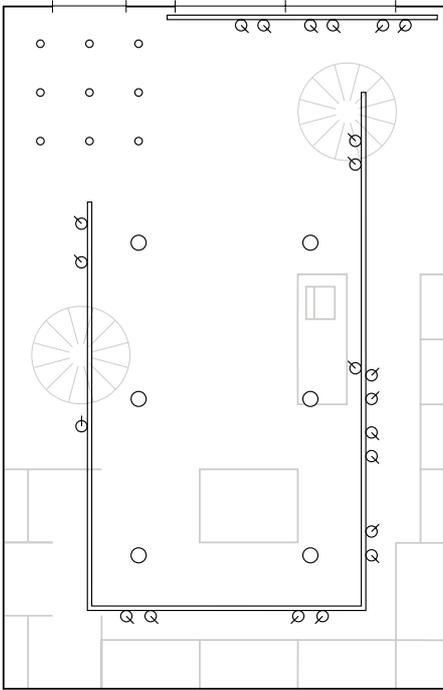


4.17 Venta, Boutique

En la iluminación de tiendas o áreas comparables de venta, los cometidos de iluminación más esenciales son representados por la iluminación acentuada de presentación de la mercancía, la creación de una zona atractiva de acceso y la iluminación general del espacio. La iluminación del área de caja como puesto de trabajo debe tratarse por separado.

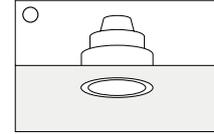
Cuanto más calidad de la mercancía y una situación exclusiva del local, tanto más aumenta generalmente el nivel luminoso; al mismo tiempo, disminuye la parte de la iluminación general a favor de otra diferenciada. De este modo se pueden ofrecer las mercancías a buen precio bajo una iluminación uniforme y rentable, mientras que las ofertas de gran valor requieren una presentación destacada mediante luz acentuada. Frente a los consumos nominales usuales de  $15 \text{ W/m}^2$  para la iluminación básica y acentuada, el consumo nominal en una iluminación acentuada más importante puede sobrepasar los  $60 \text{ W/m}^2$ .

A menudo la concepción de iluminación puede salirse del repertorio de los efectos luminosos objetivos para crear un ambiente característico. En este caso, tanto los efectos de luz dramáticos –luz o proyecciones en colores–, como las estructuras luminosas impactantes o luminarias decorativas pueden entrar en consideración.

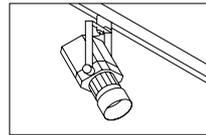
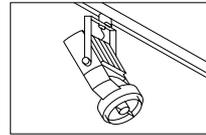
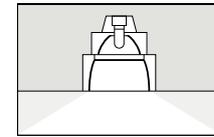
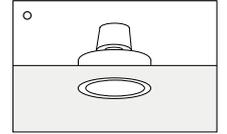


Para la iluminación general de la boutique sirve un grupo de seis Downlights empotrables; el área de acceso se acentúa adicionalmente mediante Downlights de bajo voltaje (welcome mat). Para la iluminación acentuada de escaparates, estanterías y expositores se utilizan proyectores en railes electrificados. La caja como puesto de trabajo y punto de encuentro también se ilumina desde el rail electrificado.

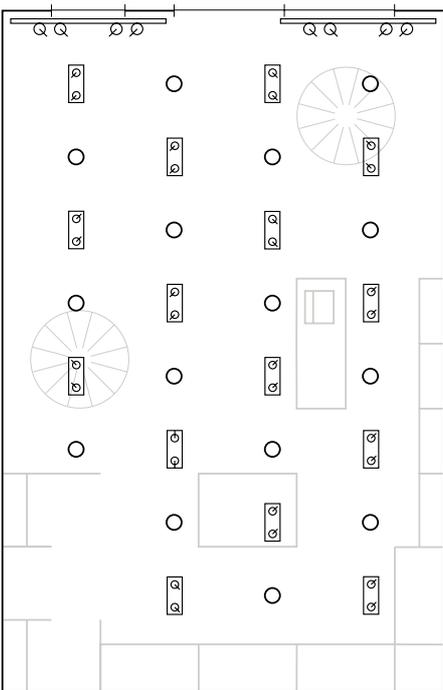
Downlight empotrable para lámparas de halogenuros metálicos.



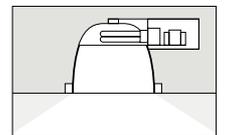
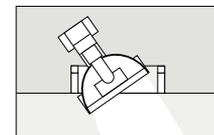
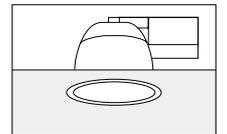
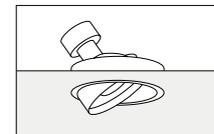
Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Rail electrificado con proyectores para lámparas de halogenuros metálicos y halógenas de bajo voltaje.

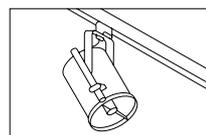


La iluminación de la boutique consiste en un tramado uniforme, en el que siempre se han colocado dos componentes de forma alterna. El primer componente, de Downlights para lámparas fluorescentes compactas, proporciona una iluminación general uniforme, mientras que el segundo, de proyectores orientables en pareja, produce luz acentuada en estanterías y expositores. Los escaparates se iluminan por separado a través de proyectores desde railes electrificados.



Proyector orientable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

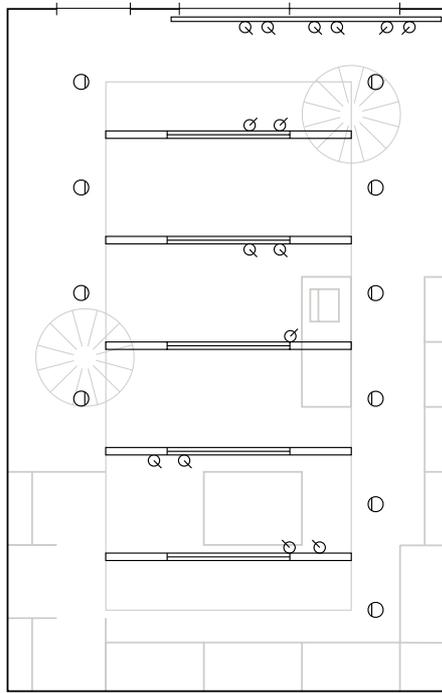
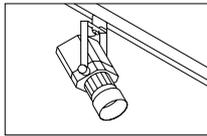
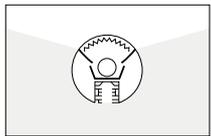
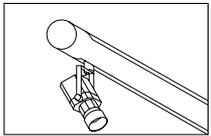
Downlight empotrable para lámparas fluorescentes compactas.



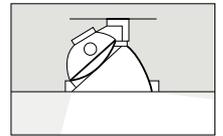
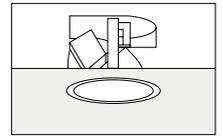
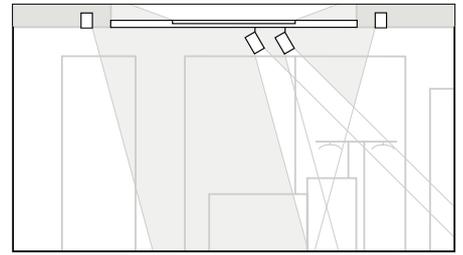
Rail electrificado con proyector.

Soporte de la iluminación marcadamente arquitectónica es un elemento de techo suspendido con bañadores orientables integrados. En el centro del mismo se han montado paralelamente elementos de estructuras luminosas con luminarias integradas de radiación indirecta, que además acogen por su lado inferior proyectores para la iluminación acentuada de mercancías y caja. Para la iluminación del escaparate sirven proyectores en rail electrificado.

Estructura luminosa con luminarias integradas de radiación indirecta para lámparas fluorescentes y proyectores en railes electrificados integrados.

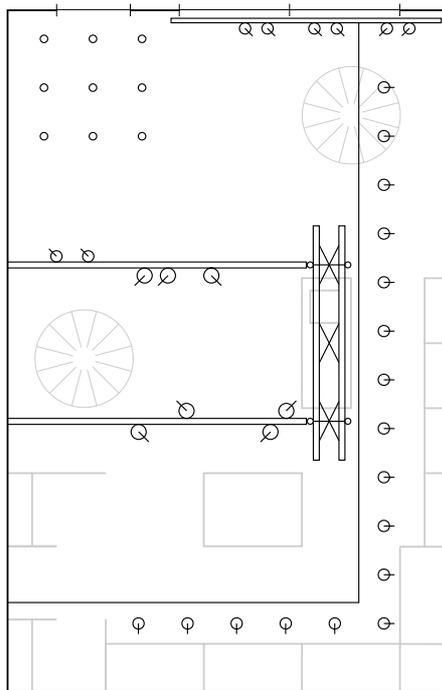


Rail electrificado con proyector.

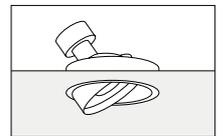


Bañador orientable empotrable para lámparas de halogenuros metálicos, de vapor de sodio de alta presión o halógenas incandescentes.

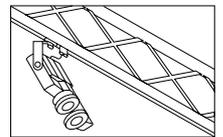
Un elemento de techo suspendido en forma de L acoge proyectores orientables para la iluminación acentuada de la zona de pared. Un pórtico doble de railes electrificados-vigas de celosía marca el ambiente de la tienda y sirve para el montaje de proyectores, que acentúan expositores y el interior del espacio. Proyectores de lente se ocupan de los efectos luminosos especiales en pared y suelo (por ejemplo, conos luminosos de colores, motivos o un logotipo de la empresa); en el área de acceso se destaca mediante Downlights un «welcome mat».



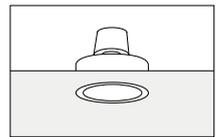
Proyector orientable empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



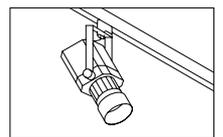
Rail electrificado-viga de celosía con proyectores y proyectores de lente.



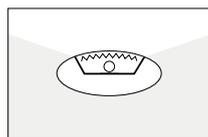
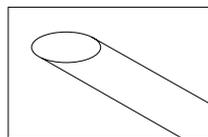
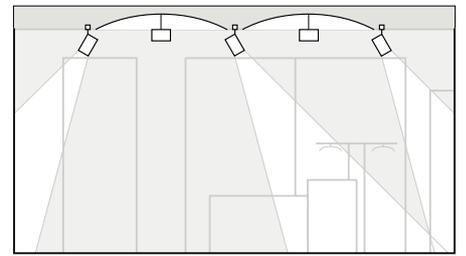
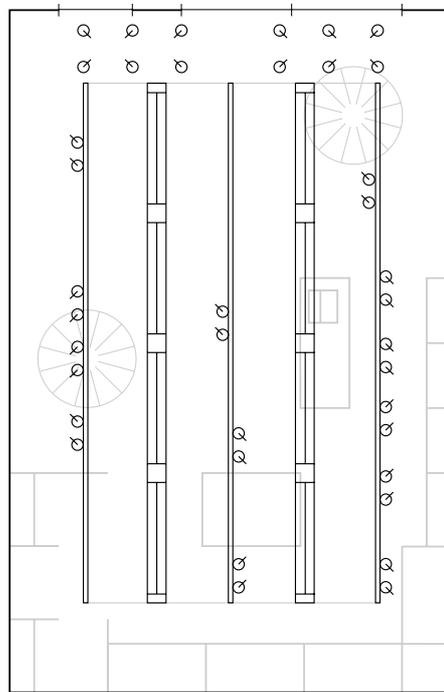
Downlight para lámparas halógenas de bajo voltaje.



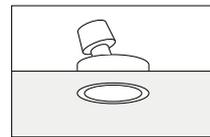
Rail electrificado con proyector.



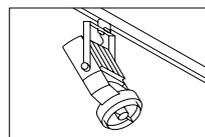
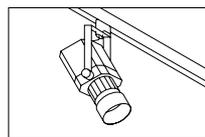
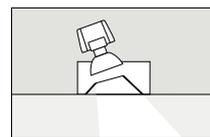
La iluminación general de la tienda se realiza mediante dos elementos de estructura luminosa dispuestos a lo largo de todo el espacio con luminarias de radiación indirecta, que iluminan los arcos del techo. En paralelo a los elementos de la estructura luminosa se han dispuesto tres railes electrificados en el techo, que llevan proyectores para la acentuación de estanterías y expositores. Para la iluminación de los escaparates sirven dos grupos de seis proyectores orientables.



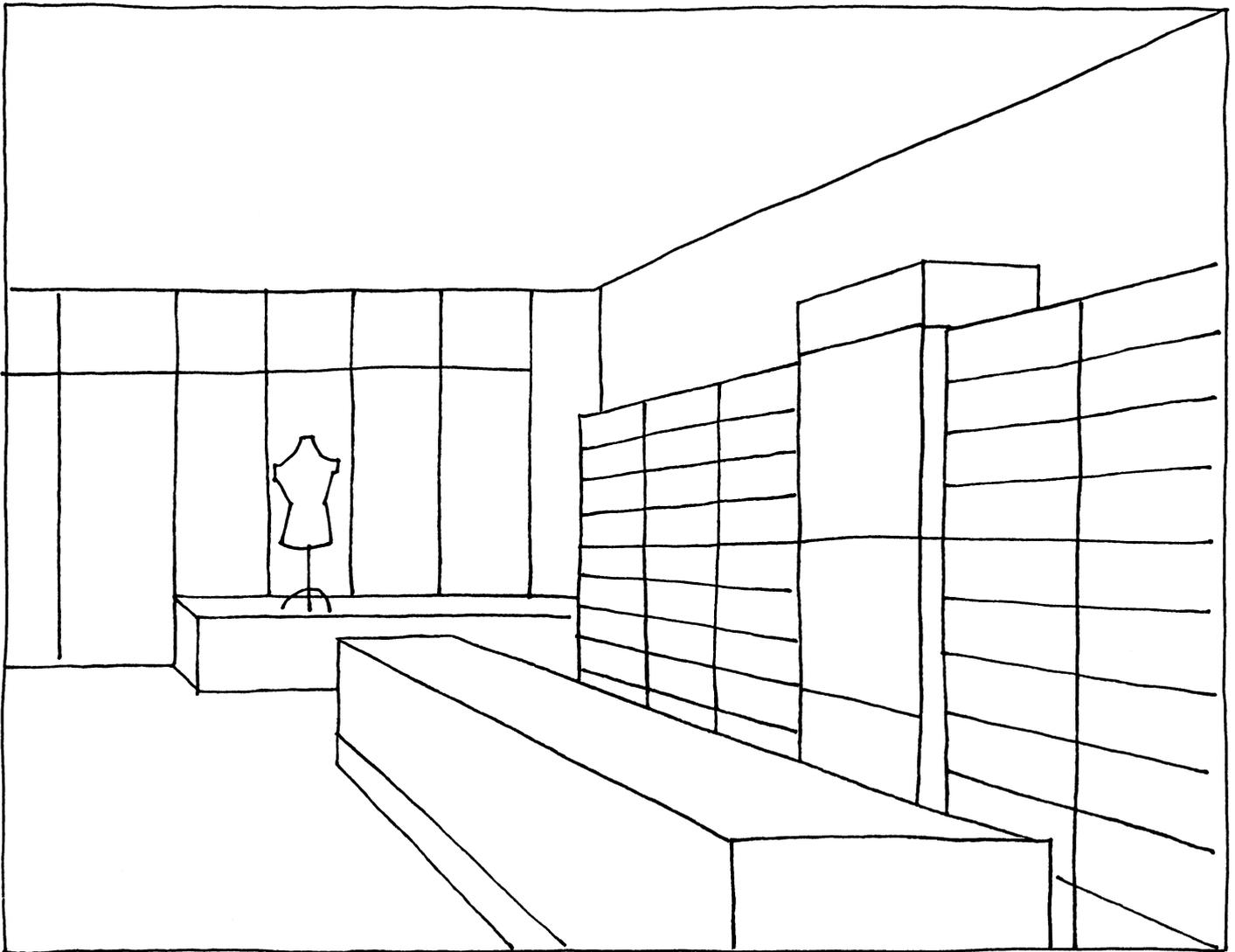
Estructura luminosa con luminarias de radiación indirecta para lámparas fluorescentes.



Proyector orientable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



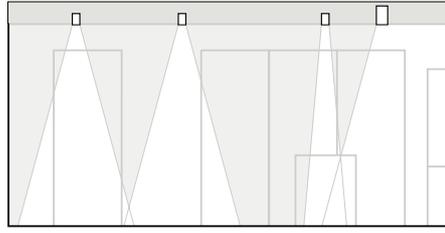
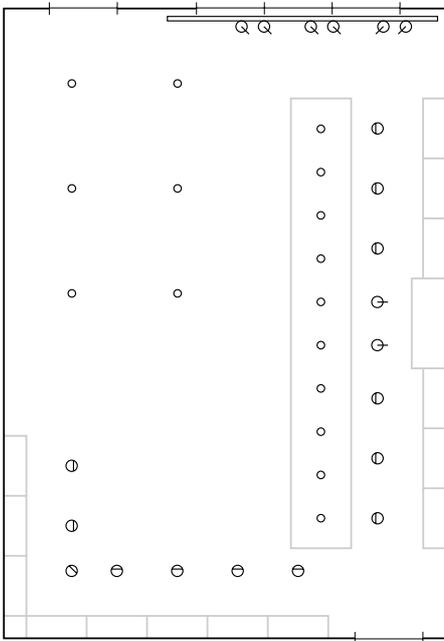
Rail electrificado con proyectores.



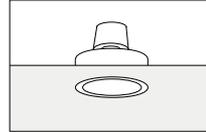
#### 4.18 Venta, mostrador

Espacios de venta en los que se atiende al público desde un mostrador se encuentran sobre todo en áreas de asesoramiento intensivo, como por ejemplo en las joyerías. A través del mostrador resulta una clara separación de diferentes zonas con cometidos propios de iluminación. En primer lugar hay que nombrar la zona destinada al público, que requiere una iluminación general. En cambio, estanterías o vitrinas necesitan una iluminación representativa de orientación vertical y el propio mostrador una iluminación horizontal libre de deslumbramientos.

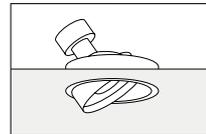
4.0 Ejemplos de planificación  
4.18 Venta, mostrador



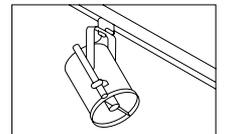
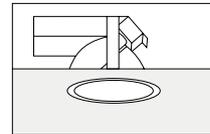
Para la iluminación del área de acceso y el mostrador sirven Downlights empotrables de diferentes características de radiación. Las estanterías se acentúan mediante bañadores orientables y proyectores orientables empotrables; para la iluminación del escaparate se utilizan proyectores en rail electrificado.



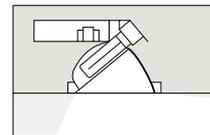
Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



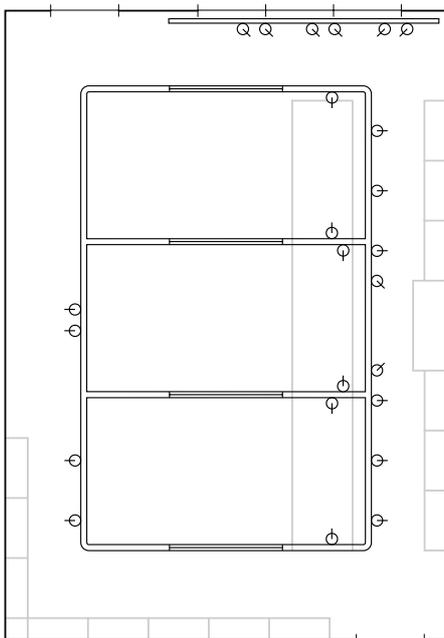
Proyector orientable integrado en techo para lámparas halógenas incandescentes.



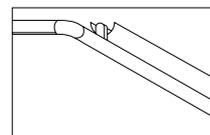
Rail electrificado con proyector.



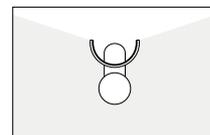
Bañador orientable para lámparas fluorescentes compactas.



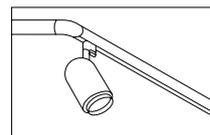
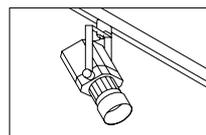
Soporte de la iluminación es una estructura luminosa suspendida. Para la iluminación general se aplican luminarias de radiación indirecta. Proyectores instalados en la estructura acentúan estanterías y mostrador; para la iluminación del escaparate sirven proyectores montados en un rail electrificado aparte.



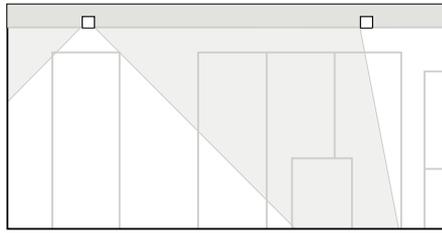
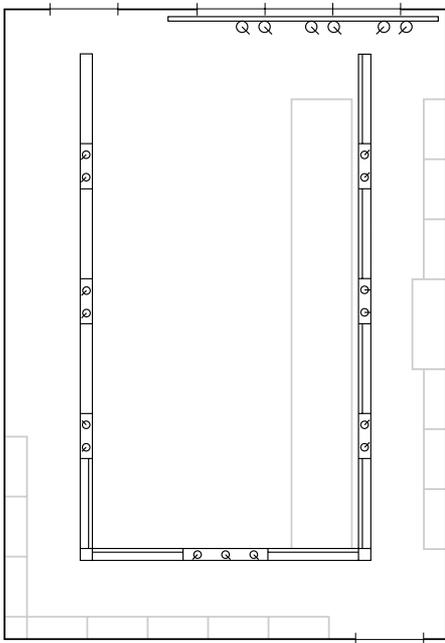
Estructura luminosa con luminarias de radiación indirecta para lámparas fluorescentes y proyectores.



Proyector en rail electrificado.

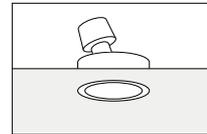
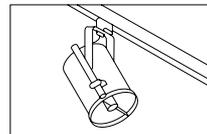
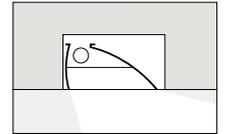
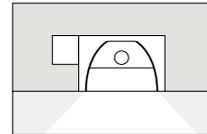
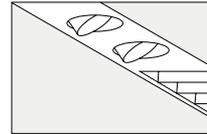


4.0 Ejemplos de planificación  
4.18 Venta, mostrador



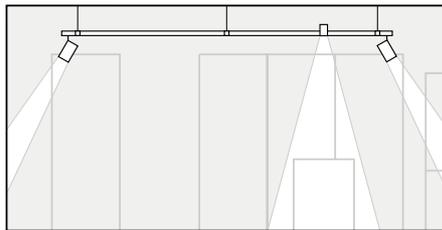
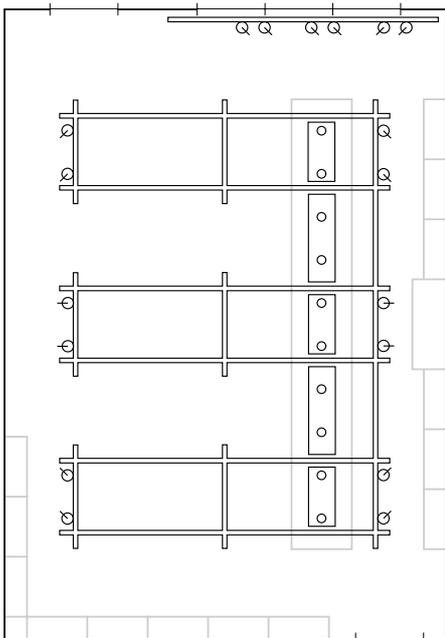
Soporte de la iluminación es un canal de instalación en forma de U con luminarias de retícula simétricas para la iluminación general y asimétricas para la iluminación vertical de las estanterías, así como, de modo adicional, proyectores orientables para la acentuación de ofertas especiales. Para la iluminación del escaparate sirven proyectores en un rail electrificado.

Canal de instalación con luminarias de retícula empotrables de radiación directa para lámparas fluorescentes y proyectores orientables para lámparas halógenas de bajo voltaje.

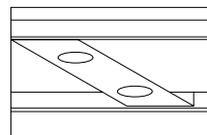


Bañador de pared empotrable para lámparas fluorescentes.

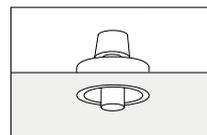
Rail electrificado con proyector.



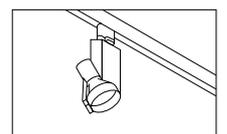
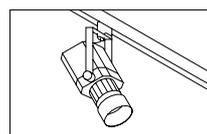
Soporte de la iluminación es una estructura luminosa suspendida. Por encima del mostrador se han colocado, entre la estructura, placas que acogen Downlights decorativos. De la acentuación de estanterías y puntos visuales en las paredes se ocupan proyectores instalados en un rail electrificado aparte.



Estructura luminosa con placas, Downlights decorativos empotrables para lámparas halógenas de bajo voltaje y railes electrificados con proyectores para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Rail electrificado con proyector.

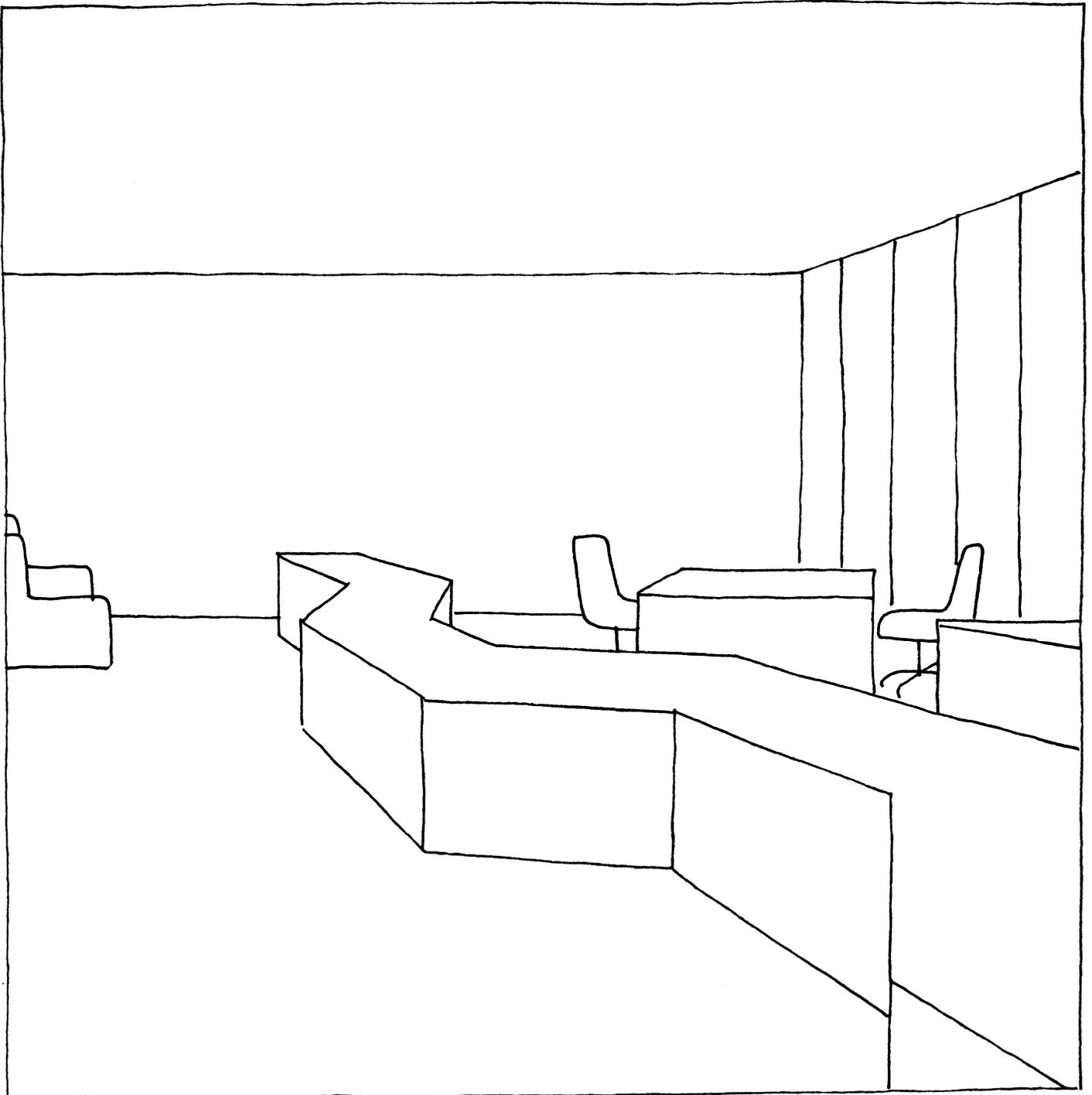


#### 4.19 Administración, circulación de público

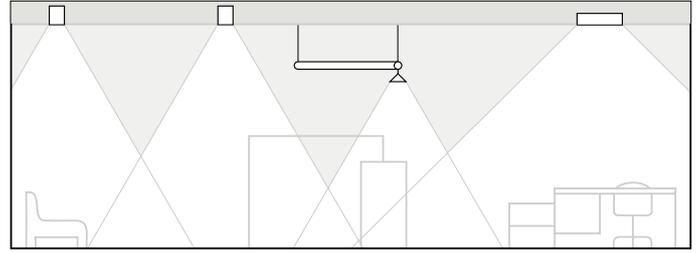
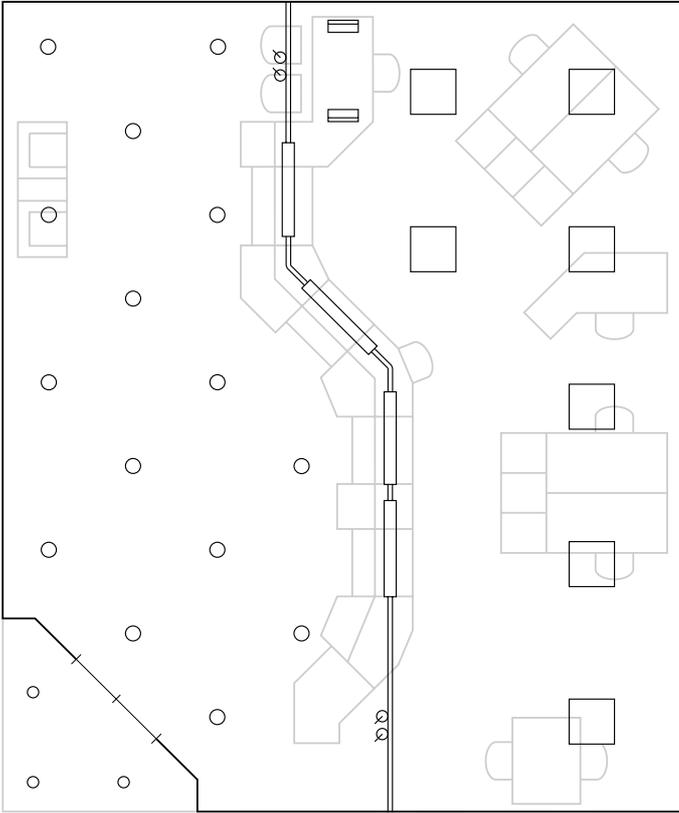
Espacios en los que coinciden oficina y zonas públicas se encuentran en muchos ámbitos, sean administraciones, compañías de seguros o bancos. Entre la zona pública y la de oficina se encuentra en la mayoría de los casos un mostrador o una línea de elementos sueltos.

Tanto ambas zonas espaciales como el mostrador necesitan una iluminación específica, en la que la iluminación del área destinada al público es comparable a la de un foyer, mientras que la zona de oficinas requiere una iluminación de puesto de trabajo. Para el mostrador re-

sulta conveniente la aplicación de una iluminación que siga la línea de estos elementos, destacándolos como lugar de encuentro. Si, como en caso de los bancos, existe un acceso directo desde la calle, se debe considerar la iluminación de esta zona como un cometido adicional.

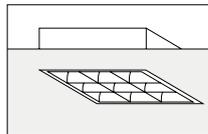


4.0 Ejemplos de planificación  
 4.19 Administración, circulación  
 de público

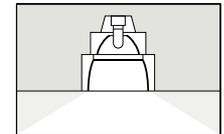
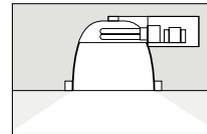
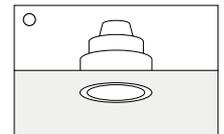
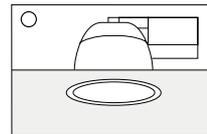
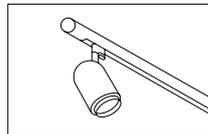
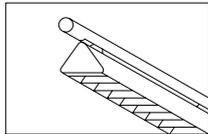


Para la iluminación del área pública sirve una retícula alterada de Downlights, la zona de acceso se ilumina por separado con Downlights. Luminarias cuadradas de retícula en disposición regular iluminan el área de oficinas. Siguiendo la línea de mostrador se ha instalado una estructura luminosa que acoge luminarias de retícula de radiación directa; una mesa de reuniones está provista de luminarias de mesa. Proyectores en la estructura luminosa acentúan puntos visuales.

Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes compactas.

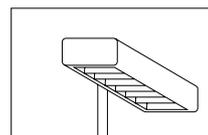


Estructura luminosa con luminaria de retícula para lámparas fluorescentes y con proyectores.



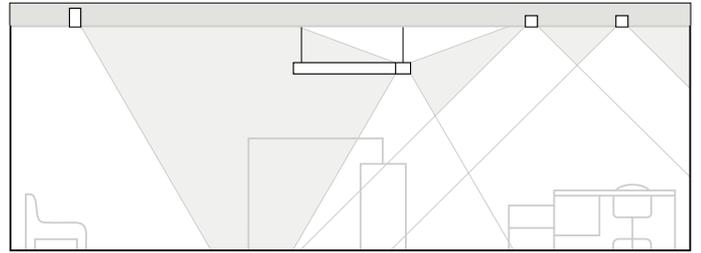
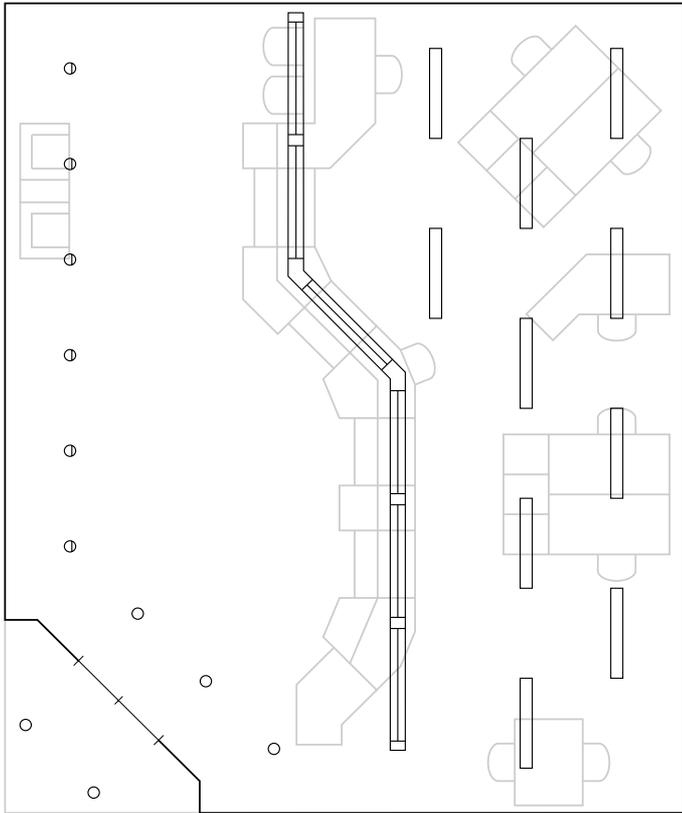
Downlight empotrable para lámparas fluorescentes compactas.

Downlight empotrable para lámparas de halógenos metálicos.



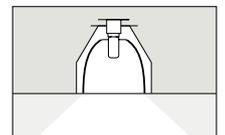
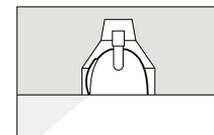
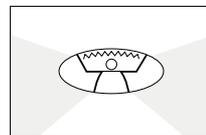
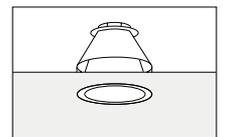
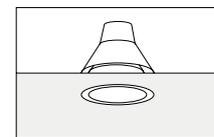
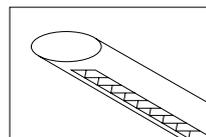
Luminaria de mesa para lámparas fluorescentes compactas.

4.0 Ejemplos de planificación  
4.19 Administración, circulación  
de público



El área destinada al público se ilumina a través de Downlights-bañadores de pared; otros Downlights iluminan adicionalmente la zona de acceso. El área de oficinas se ilumina mediante luminarias de retícula. Siguiendo la línea de mostradores se ha montado una estructura luminosa suspendida con luminarias de retícula de radiación directa-indirecta.

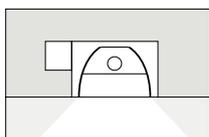
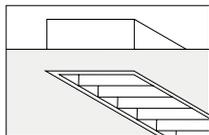
Estructura luminosa con luminarias de retícula de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes.



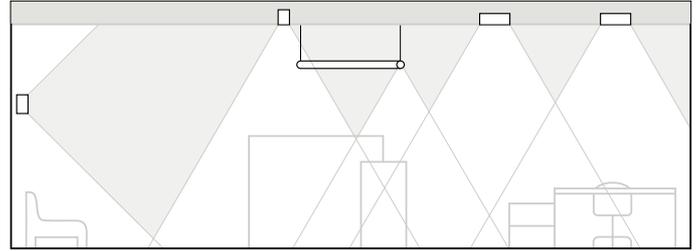
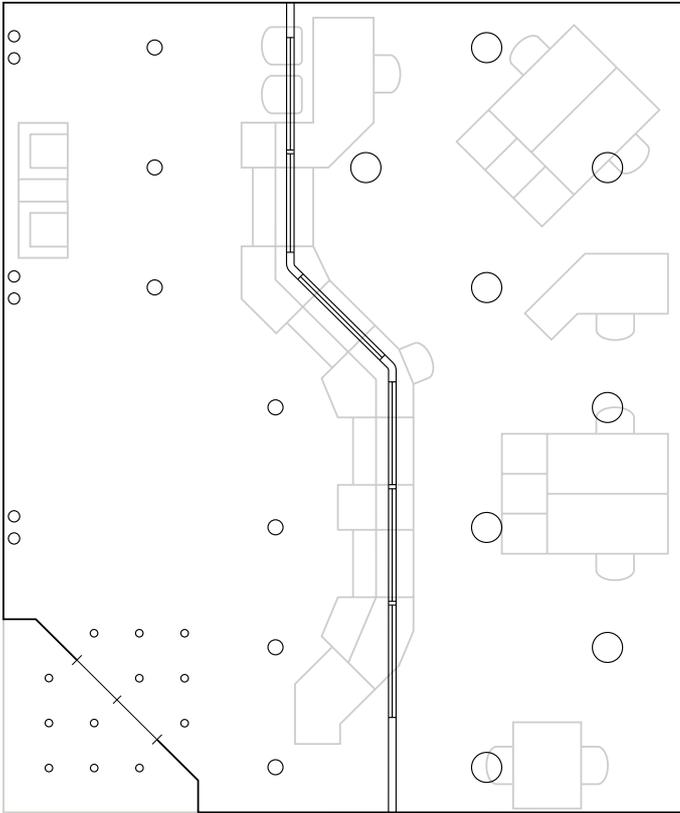
Downlight-bañador de pared integrado en techo para lámparas halógenas incandescentes.

Downlight empotrable para lámparas halógenas incandescentes.

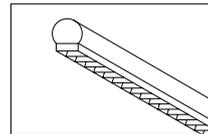
Luminaria de retícula empotrable para lámparas fluorescentes.



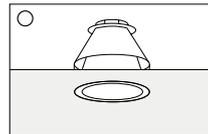
4.0 Ejemplos de planificación  
 4.19 Administración, circulación  
 de público



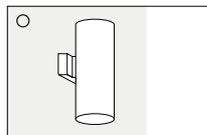
En la pared lateral del área al público se han montado parejas de Up-Downlights, que proporcionan luz indirecta. Delante del mostrador Downlights proporcionan una zona de mayor iluminancia. Con ayuda de Downlights decorativos recibe la zona de acceso un «welcome mat». Por encima del mostrador se ha instalado una estructura luminosa suspendida con luminarias para lámparas fluorescentes. La zona de oficinas se ilumina mediante Downlights con rejilla en cruz.



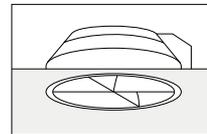
Estructura luminosa con luminarias para lámparas fluorescentes.



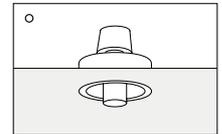
Downlight empotrable para lámparas halógenas incandescentes.



Up-Downlight montado en pared para lámparas reflectoras PAR-38.

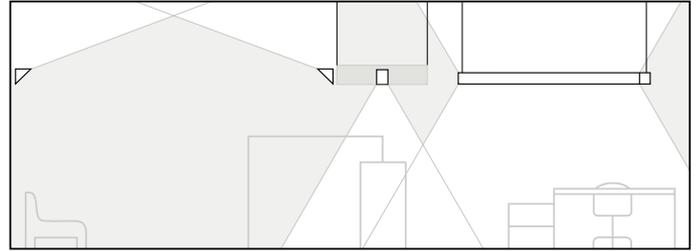
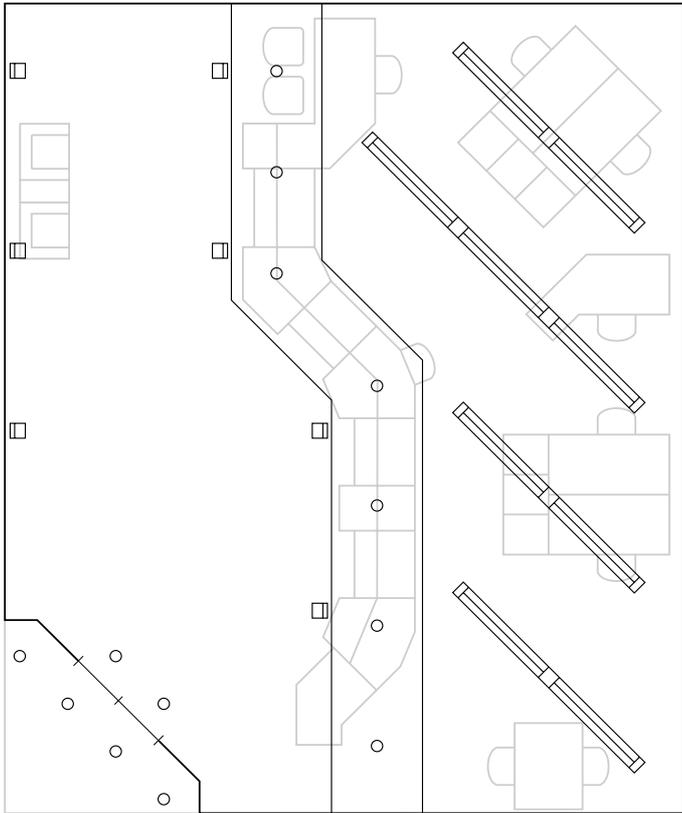


Downlight empotrable con rejilla en cruz para lámparas fluorescentes compactas.

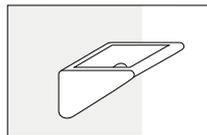


Downlight decorativo empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.

4.0 Ejemplos de planificación  
 4.19 Administración, circulación  
 de público

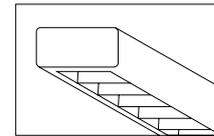
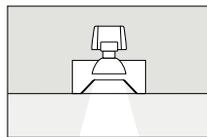
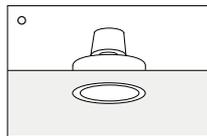


En el área destinada al público se ilumina indirectamente a través de bañadores de techo. Downlights producen un «welcome mat» en la zona de acceso. Siguiendo la línea del mostrador se ha montado por encima del mismo un elemento de techo suspendido con Downlights integrados. El área de oficinas se ilumina mediante elementos de estructuras luminosas suspendidas en diagonal con luminarias de retícula de radiación directa-indirecta.

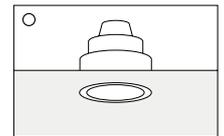


Bañador de techo montado en pared para lámparas halógenas incandescentes.

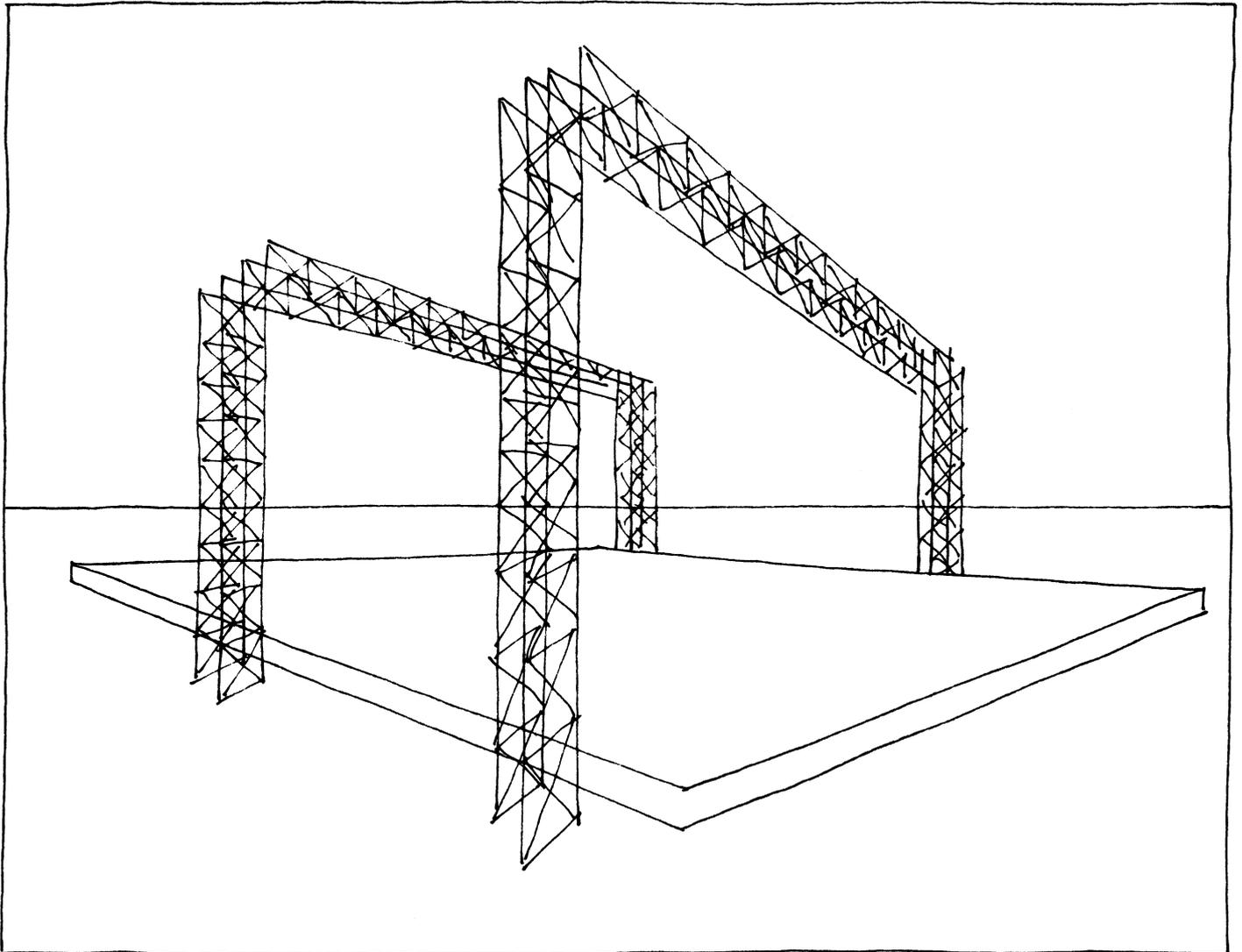
Downlight empotrable para lámparas halógenas de bajo voltaje.



Estructura luminosa con luminarias de retícula de radiación directa-indirecta para lámparas fluorescentes.



Downlight empotrable para lámparas de halógenos metálicos.



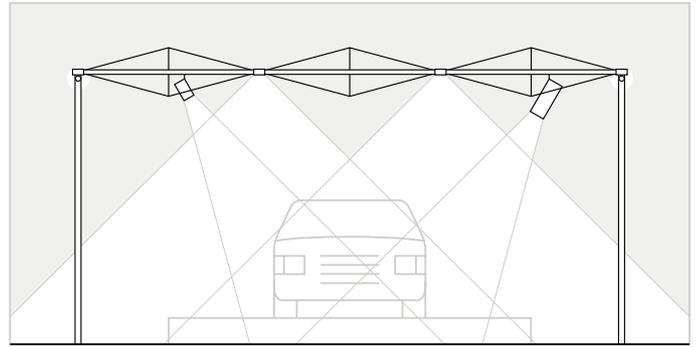
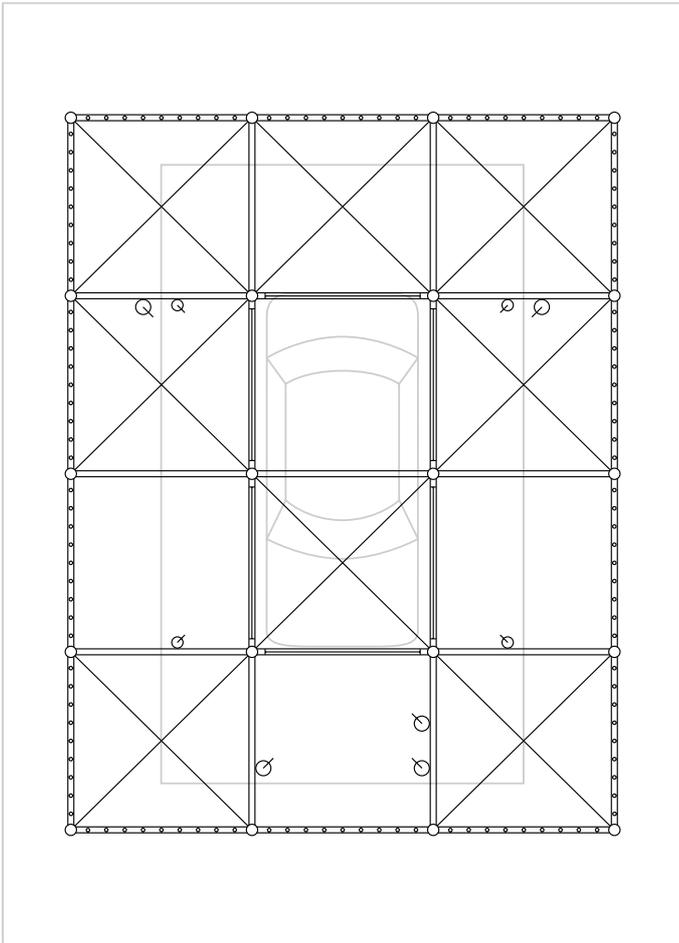
#### 4.20 Presentación

Una tarea frecuente en la iluminación de presentación consiste en crear dentro de grandes espacios unas zonas de presentación. Tales zonas destacadas se encuentran en pabellones de feria, aeropuertos y otras áreas de circulación, en la presentación de determinados productos en grandes almacenes o en el comercio del automóvil, así como en los desfiles de moda en hoteles o palacios de congresos.

Dado que en la mayoría de los casos se necesita la iluminación para un período limitado, a menudo sólo para unos pocos días, una estructuración variable es uno de los requisitos esenciales para la instalación de iluminación. Para estas exigencias se adaptan sobre todo los sistemas de estructuras modulares, que se pueden montar independientemente de la arquitectura del lugar y que además posibilitan numerosas variantes de construcción debido a su montaje por módulos. Por regla general se trata de simples estructuras estáticas, que posteriormente posibilitan un montaje mecánico de luminarias. Las estructuras electrificadas, en cambio, evitan el cableado adicional y ofrecen, debido a sus railes electrificados integrados, el montaje fácil y el control de numerosas

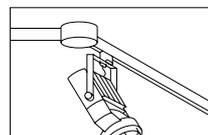
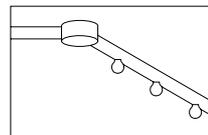
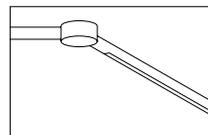
luminarias. Una solución especialmente variable representan los soportes electrificados, por ejemplo en forma de tripode, que posibilitan una iluminación con el mínimo esfuerzo de montaje y tiempo.

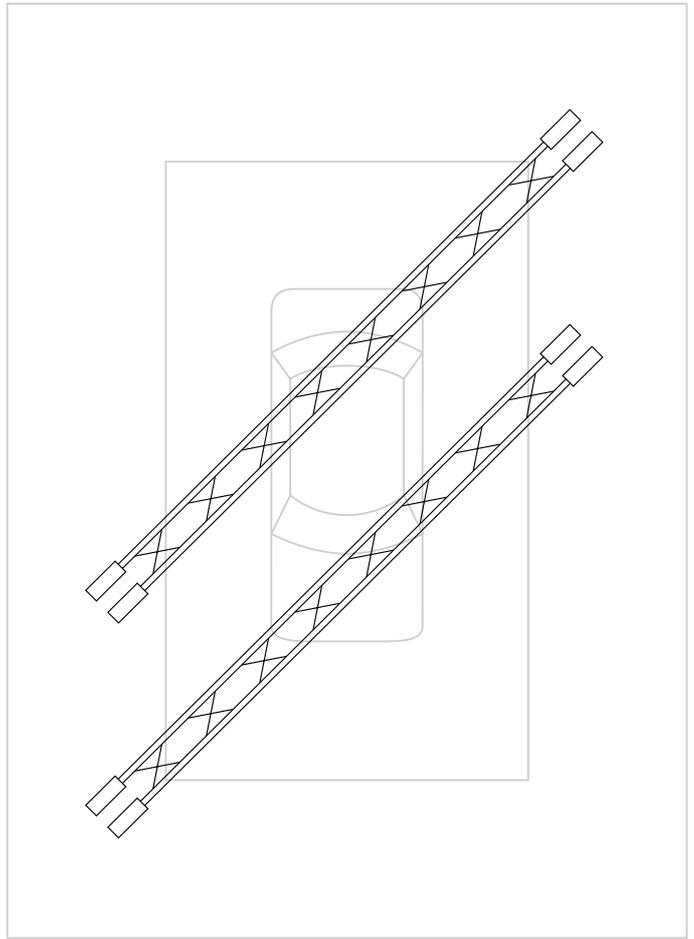
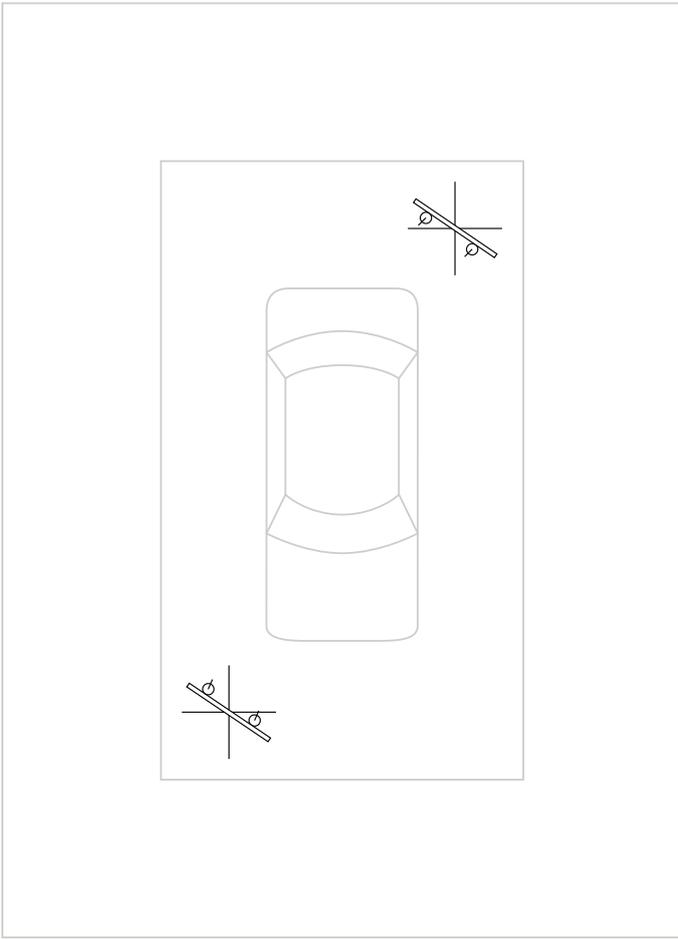
Al igual que en todas las iluminaciones de presentación, predomina la parte de luz acentuada; una iluminación general adicional a la iluminación básica de la arquitectura del entorno se da por regla general únicamente en los stands de feria. Las luminarias usuales son proyectores y reflectores, que producen una luz orientada de excelente reproducción cromática, acentuando de este modo las propiedades de los materiales presentados. No obstante, en la presentación también se ofrece la aplicación de efectos teatrales, como luz y proyecciones en colores; la configuración de la iluminación —siempre dependiendo del marco y de los objetos representados— puede abarcar todo el repertorio de posibilidades luminotécnicas.



Soporte de la iluminación es una estructura luminosa de amplia extensión con elementos de techo textiles en forma de toldos de recubrimiento. La estructura incorpora luminarias para lámparas fluorescentes de radiación directa y decorativas lámparas enanas; para la iluminación acentuada se colocan proyectores.

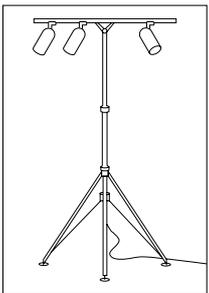
Estructura luminosa de amplia extensión para lámparas fluorescentes, decorativas lámparas enanas y proyectores en railes electrificados.





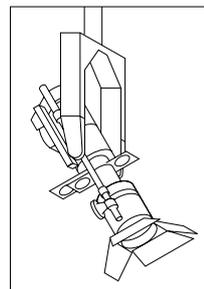
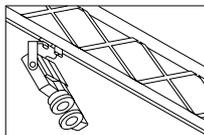
Para la iluminación de presentación variable sirve un soporte electricificado con proyectores.

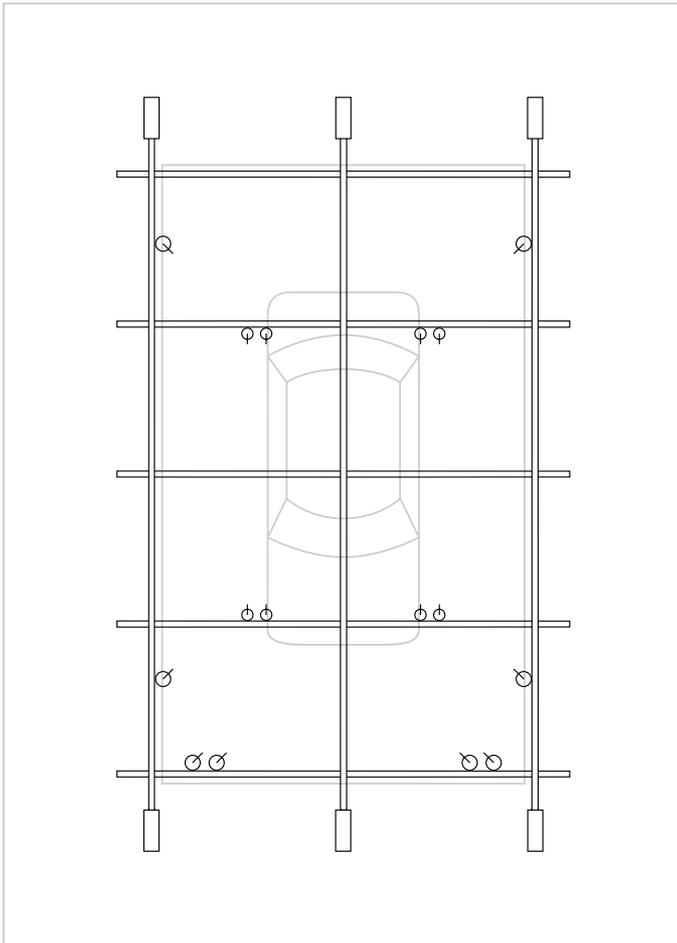
El soporte de la iluminación consiste en dos vigas dobles electricadas dispuestas paralelamente en diagonal. Como luminarias encuentran su aplicación diferentes proyectores, que posibilitan una iluminación acentuada muy luminosa y también una proyección nítida de conos de luz y gobos, respectivamente.



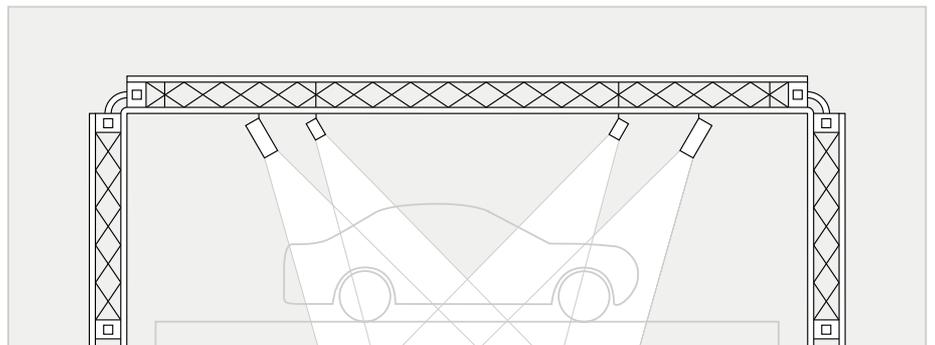
Soporte electricificado con proyectores.

Railes electricados-vigas de celosía con proyectores.

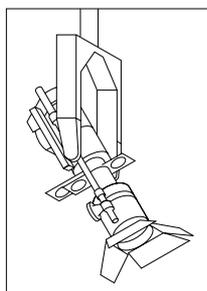
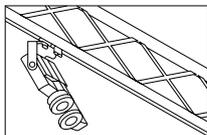




El soporte de la iluminación consiste en una estructura libre de gran extensión compuesta por railes electrificados-vigas de celosía. Como luminarias se aplican diferentes proyectores, que posibilitan una iluminación acentuada muy luminosa, así como una proyección nítida de conos de luz y gobos, respectivamente.



Railes electrificados-vigas de celosía con proyectores.





5.0

Epílogo

# Iluminancias Recomendaciones

Tipo de espacio/Actividad	Iluminancias medias recomendadas E (lux)	Tipo de lámpara
Oficina	300	T,TC
Oficina de grupos	500	T
Oficina de grandes espacios	750	T, TC
Oficina de dibujos técnicos	750	T, TC
Informática	500	T, TC
CAD	200/500	A, QT,T,TC
Control monitores	200	TC
Corredor/pasillo	50	TC
Escalera	100	T, TC
Cantina/comedor	200	A, QT,QT-LV,TC
Espacios sanitarios	100	T, TC
Espacio de venta	300	QT, QT-LV, T, TC, HST, HSE, HIT
Grandes almacenes	300	QT, QT-LV, T, TC, HST, HSE, HIT
Puesto de trabajo en caja	500	T, TC
Supermercado	500	T, HIT
Sala de recepción	200	A, QT, QT-LV, TC
Restaurante	200	A, PAR, R, QT, QT-LV, TC
Café, Bistrot	200	A, PAR, R, QT, QT-LV, TC
Autoservicio/Fast food	300	T, TC
Cocina colectiva	500	T
Museo, galerías	200	A, PAR, R, QT, QT-LV, T, TC
Salas de exposición	300	PAR, R, QT, QT-LV, T, TC, HST, HSE, HIT
Nave feria	300	T, HME, HIT
Biblioteca, técn. didáctica	300	T, TC
Sala lectura	500	T, TC
Pabellón deportes competición	400	T, HME, HIE, HIT
Pabellón deportes entrenamiento	200	T, HME, HIE, HIT
Laboratorio	500	T
Salón belleza/estética	750	QT, QT-LV, T, TC
peluquería	500	T, TC
Hospital, sala camas	100	T, TC
- Iluminación general		
- Iluminación lectura	200	A, QT-LV, T, TC
- Iluminación examen médico	300	QT, T, TC
Hospital, examen clínico	500	T
Recepción, foyer	100	QT, T, TC
Sala circulación pública	200	QT, T, TC
Sala de enseñanza	300/500	T, TC
Gran sala de enseñanza	750	T, TC
Sala técnica	500	T, TC
Sala dibujo/pintura	500	T, TC
Laboratorio, escuela	500	T, TC
Auditorio	500	QT, T, TC
Sala multiuso	300	QT, T, TC
Sala fiestas, teatro	300	A, PAR, R, QT
Tarima concierto	750	PAR, R, QT
Sala conferencias	300	A, QT, TC
Iglesia	200	A, PAR, R, QT

Iluminación media recomendada E para cometidos típicos de la iluminación de interiores. Las recomendaciones apuntan hacia las tareas visuales específicas de un espacio o al nivel luminoso ajustado a una zona espacial, no considerando en cambio los componentes de iluminación de situaciones especi-

ficas y arquitectónicas. Las indicaciones para iluminancias horizontales medias se orientan por normativas nacionales e internacionales. A través de la indicación de los tipos de lámpara se pueden conseguir calidades de luz, que se adaptan a las diferentes tareas visuales dentro de un marco económico.

# Codificación de lámparas

Tablas de códigos identificativos neutrales de fuentes de luz según la Asociación Electrotécnica alemana (ZVEI).

Lámpara estandar	(I) (G) A	A
Lámpara reflectora-parabólica	(I) (G) PAR	PAR
Lámpara reflectora	(I) (G) R	R
Lámpara reflectora halógena	(I) Q R	QR
Lámpara halógena incandescente (forma tubular)	(II) Q T	QT
Lámpara de vapor de mercurio (forma elipsoidal)	H M E	HME
Lámpara de vapor de mercurio (forma reflectora)	H M R	HMR
Lámpara de halogenuros metálicos (forma elipsoidal)	H I E	HIE
Lámpara de halogenuros metálicos (forma reflectora)	H I R	HIR
Lámpara de halogenuros metálicos (forma tubular)	H I T	HIT
Lámpara de vapor de sodio de alta presión (forma elipsoidal)	H S E	HSE
Lámpara de vapor de sodio de alta presión (forma tubular)	H S T	HST
Lámpara fluorescente	(L) (M) T	T
Lámpara fluorescente compacta	(L) (M) TC	TC
Lámpara de vapor de sodio de baja presión	L S T	LST

Códigos usuales para lámparas en este libro. Las letras entre paréntesis no se utilizan en la práctica, por lo que se dan las abreviaciones a la derecha.

Lámpara halógena incandescente de doble casquillo	QT-DE
Lámpara reflectora halógena de luz frío, abierta delante	QR-CB
Lámpara reflectora halógena de luz frío, cerrada delante	QR-CBC
Lámpara de halogenuros metálicos de doble casquillo	HIT-DE
Lámpara fluorescente compacta	TC
- sin cebador para RE (reactancia electrónica)	TC-EL
- con tubo cuádruple	TC-D
- con tubo cuádruple, con RE incorporado	TC-DSE
- con tubo cuádruple, sin cebador para RE	TC-DEL
- forma alargada	TC-L

Códigos para la distinción de las ejecuciones especiales. Se separan por un guión de los signos.

# Glosario

## **Aberración** (*Aberration*)

Error de imagen ocular. Se distingue entre la aberración esférica, que se produce por la variación de la distancia focal de las áreas de lente centrales y periféricas, y la aberración cromática, que se origina por la cambiante refracción en diferentes longitudes de onda.

## **Aberración cromática** (*Chromatische*

*Aberration*)

→ aberración

## **Aberración esférica** (*Sphärische*

*Aberration*)

→ aberración

## **Absorción** (*Absorption*)

Capacidad de materiales de transformar luz en otras formas de energía (sobre todo calor) y de este modo evitar reflejos o transmisiones. Medida es la absorbancia, que se define como la relación del flujo luminoso absorbente al incidente.

## **Acomodación** (*Akkomodation*)

Acomodación del ojo para poder reproducir nitidamente objetos situados a diferentes distancias. Se produce por la conformación del cristalino. La capacidad de acomodación disminuye en una edad más avanzada.

## **Adaptación** (*Adaptation*)

Adaptación del ojo a las → luminancias en el campo visual. Se produce en primer lugar por dilatación o contracción de la pupila, sin embargo esto sucede en un volumen mucho mayor a través de la variación de sensibilidad de los receptores retinianos y el cambio entre → visión del cono y → visión del bastoncillo.

## **Adaptación cromática** (*Farbadaptation*)

Adaptación del ojo al → color de luz de un entorno. Permite una percepción cromática ampliamente natural bajo diferentes colores de luz.

## **Agudeza visual** (*Sehschärfe*)

Capacidad del ojo para la percepción de detalles. Medida es el enfoque, que se define en minutos arco como el valor inverso de tamaño del detalle más pequeño perceptible de una tarea visual acordada (casi siempre el orificio de anillos-Landolt).

## **Ángulo de apantallamiento**

(*Abblendwinkel*)

Ángulo por encima del cual no se aprecia ninguna → imagen de la lámpara en el → reflector. En los → reflectores Darklight el ángulo de apantallamiento es idéntico al → ángulo Cut-Off, en otras formas de reflector puede ser más pequeño, de modo que pueden aparecer reflejos deslumbrantes en el reflector por encima del ángulo Cut-Off.

## **Ángulo Cut-Off** (*Abschirmwinkel*)

Ángulo entre la horizontal y una línea recta, que pasa desde el borde de la luminaria tangente a la lámpara. Además del → ángulo de apantallamiento es una medida para la limitación de deslumbramiento de una luminaria.

## **Ángulo de irradiación**

(*Ausstrahlungswinkel*)

Ángulo entre las direcciones de irradiación de una → curva de distribución de intensidad luminosa (curva fotométrica), donde la → intensidad luminosa es el 50 % del valor medido en la dirección de irradiación principal. El ángulo de irradiación es el fundamento para la indicación de un diámetro de cono luminoso de las luminarias simétricas.

## **Ángulo sólido** (*Raumwinkel*)

Símbolo de fórmula  $\Omega$  (sr).

Medida para la extensión angular de una superficie. El ángulo sólido es la relación de la superficie definida sobre una esfera al cuadrado del radio esférico.

## **Ángulo visual** (*Sehwinkel*)

Ángulo bajo el cual se percibe un objeto observado, medido para el tamaño de la imagen del objeto sobre la → retina.

## **Anodización** (*Eloxierung*)

Oxidación electrolítica de superficies metálicas, casi siempre de aluminio. La anodización con el siguiente acabado de pulido o procedimiento químico de dar brillo proporciona superficies resistentes con elevadas → reflectancias.

## **Arrancador/Cebador** (*Starter*)

Cebador para → lámparas fluorescentes. El arrancador cierra un precircuito de calentamiento al conectar la lámpara, que calienta los electrodos de la misma. Con suficiente precalentamiento se abre el circuito eléctrico, lo que produce en la → reactancia mediante inducción el impulso de tensión necesario para el encendido.

## **Ayuda de encendido** (*Zündhilfe*)

Dispositivo para facilitar el encendido, por ejemplo en → lámparas fluorescentes con electrodos no calientes. A menudo en forma de un electrodo auxiliar (línea de encendido) o de una red de encendido auxiliar.

**BAP**

Abreviación para puesto de trabajo con pantalla.

**Barndoors**

Denominación para viseras antideslumbrantes dispuestas en rectángulo, como sobre todo se utilizan en proyectores de escena.

**Bastoncillo** (*Stäbchen*)

→ ojo

**Blanco cálido** (*Warmweiss – ww*)

→ color de luz

**Blanco neutro (neutral)**

(*Neutralweiss – nw*)

→ color de luz

**Brillo** (*Brillanz*)

Efecto luminoso sobre superficies brillantes o materiales transparentes. El brillo se produce por → reflexión de la fuente de luz o refracción; depende de la luz dirigida de fuentes de luz puntuales.

**Campo directo** (*Infeld*)

El campo directo es ampliamente idéntico a la superficie de trabajo, abarca la tarea visual y su entorno más próximo. El campo directo es rodeado como otro entorno más por el campo periférico. La definición de campo directo y periférico se utiliza sobre todo en las consideraciones de luminancia.

**Campo periférico** (*Umfeld*)

→ campo directo

**Candela** (*Candela*)

Signo de fórmula I (cd).

Unidad de la → intensidad luminosa, magnitud base de la luminotecnia. 1cd se define como intensidad luminosa, que sale de una fuente de luz monocromática con una potencia de radiación de 1/683 W en 555 nm y bajo un ángulo sólido de 1 sr.

**Característica Batwing**

(*Batwing-Charakteristik*)

→ Distribución luminosa de una luminaria con característica de distribución de luz particularmente horizontal. La forma de alas de la curva de distribución de intensidad luminosa es la que da nombre a esta denominación.

**Característica de irradiación**

(*Abstrahlcharakteristik*)

Caracterización de la distribución luminosa de una luminaria, sea mediante las tablas de una → tipificación de luminaria o mediante la presentación gráfica (→ curva de distribución de intensidad luminosa).

**Cebador (arrancador)** (*Zündgerät*)

→ equipo de estabilización que posibilita el encendido de → lámparas de descarga a través de la producción de picos de tensión. Pueden ser de superposición o de impulsos.

**CIE**

Siglas de «Commission Internationale de l'Éclairage», Comisión Internacional de Iluminación.

**Color de luz** (*Lichtfarbe*)

Es el color de la luz radiada por una lámpara. El color de luz se puede indicar mediante coordenadas x e y como lugar cromático en el → sistema colorimétrico patrón, en colores de luz blanco también como temperatura de color T<sub>f</sub>. Para los colores de luz blanco existe adicionalmente una clasificación en los colores de luz blanco cálido (ww), blanco neutro (nw) y blanco luz día (tw). Iguales colores de luz pueden tener diferentes distribuciones espectrales y una → reproducción cromática correspondientemente variable.

**Compensación** (*Kompensation*)

Si las → lámparas de descarga funcionan con → reactancias inductivas (RC, RBP), el factor de potencia se sitúa por debajo de 1; así se produce debido al desfase de la tensión frente a la corriente, una parte de corriente desfasada, que origina un aumento de intensidad. En grandes instalaciones por tanto se exige de la empresa distribuidora de energía una compensación de esa parte de corriente desfasada mediante un condensador de compensación.

**Conducción (transporte) de luz**

(*Lichtlenkung*)

El transporte de luz a través de reflectores o lentes se utiliza para desarrollar luminarias con propiedades ópticas definidas como instrumentos de la planificación de iluminación. Diferentes tipos de luminarias permiten con ello efectos de luz desde la iluminación uniforme y la acentuación de determinadas áreas hasta la proyección de motivos luminosos. La conducción de luz también tiene un significado decisivo para el → confort visual. Con ayuda de la conducción de luz se puede reducir la → luminancia en el área de la radiación crítica para los efectos deslumbrantes a una medida admisible.

**Conductor de luz** (*Lichtleiter*)

Instrumento óptico para el transporte de la luz en cualquier dirección, también curva. En este caso se transporta la luz mediante reflexión total en conductores cilíndricos llenos o mediante materiales transparentes (fibra de vidrio o materia plástica, en forma de tubo o varilla) de un extremo al otro del conductor.

**Conexión capacitiva** (*Kapazitive*

*Schaltung*)

Conexión en la que una lámpara de descarga funcionando con una → reactancia inductiva (RC, RBP) es compensada a través de un condensador dispuesto en serie con la reactancia. La conexión en este caso está sobrecompensada, de modo que se da la posibilidad de conectar una segunda lámpara en combinación (→ conexión dúo).

**Conexión dúo** (*Duo-Schaltung*)

Conexión en la que una → lámpara fluorescente, que funciona inductivamente, trabaja en combinación con una lámpara fluorescente compensada capacitivamente (sobrecompensada). El factor de potencia de toda la conexión se acerca a 1, adicionalmente se provoca una disminución del efecto estroboscópico.

**Conexión inductiva** (*Induktive Schaltung*)

Conexión en la que una lámpara de descarga no compensada funciona con una → reactancia inductiva (→ RC, → RBP). El factor de potencia de la instalación se encuentra en este caso por debajo de 1.

**Conexión tándem** (*Tandemschaltung*)

Funcionamiento de dos → lámparas fluorescentes conectadas en serie a una sola → reactancia.

**Confort visual** (*Sehkomfort*)

Como confort visual se entiende por regla general la calidad de una iluminación bajo un número de criterios de calidad (→ iluminancia, relación de → luminancias, → reproducción cromática, → presencia de sombras).

**Cono** (*Zapfen*)

→ ojo

**Coolbeam**

→ reflector de luz fría

**Constancia** (*Konstanz*)

Capacidad de percepción para distinguir las propiedades invariables de objetos (tamaño, forma, reflectancia/color) de las variaciones en el entorno (cambio de distancia, situación del espacio, iluminación). Los fenómenos constantes son una de las condiciones esenciales para la construcción de una imagen ordenada de la realidad procedente de las cambiantes formas de luminancia de la retina.

**Contraste** (*Kontrast*)

Diferencia en la → luminancia o el color entre dos objetos o un objeto y su entorno. Con la disminución del contraste aumenta la dificultad de una → tarea visual.

**Control de fase**

(*Phasenanschnittsteuerung*)

Método de la → regulación del flujo luminoso con el cual se regula el consumo de lámparas y su flujo luminoso.

**Control de luz (luz programada)**

(*Lichtsteuerung*)

El control de luz da la posibilidad de adaptar la iluminación a diferentes situaciones de utilización en las diferentes zonas del espacio. Además, cualquier situación corresponde a una escena de luz, es decir, una determinada muestra de funciones de control y regulación de los diferentes circuitos de carga. La escena de luz está electrónicamente memorizada y puede solicitarse mediante pulsación de tecla.

**Convergencia** (*Konvergenz*)

Alineación de los ejes oculares sobre un objeto observado, en paralelo con objetos situados a gran distancia y en cruce angular con objetos más cercanos.

**Cuerpo negro** (*Schwarzer Strahler*)

→ radiador de Planck

**Curva de distribución de la intensidad luminosa (curva fotométrica)**

(*Lichtstärkeverteilungskurve*)

La curva fotométrica resulta como división de la superficie de distribución de intensidad luminosa, que representa la intensidad de una fuente de luz para todos los ángulos sólidos. En fuentes de luz simétricas la distribución de la intensidad luminosa se puede caracterizar mediante una única curva fotométrica, en fuentes de luz asimétricas se requieren dos o más curvas. Por regla general, la curva fotométrica se indica en forma de un diagrama de coordenadas polares normalizadas sobre un flujo luminoso de 1000 lm. En curvas para luminarias de distribución muy intensiva la representación se acostumbra a efectuar mediante diagrama cartesiano.

**Curva del valor límite de la luminancia**

(*Leuchtdichtegrenzkurve*)

→ método de la curva límite de luminancia

**Deslumbramiento** (*Blendung*)

Concepto colectivo para la disminución de la → actuación visual o la perturbación de la percepción debido a elevadas → luminancias o → contrastes de luminancia de un entorno visual. En primer lugar se hace la distinción del deslumbramiento absoluto independiente del contraste de luminancia mediante luminancias y el deslumbramiento relativo dependiendo del contraste. Además, se distingue entre el deslumbramiento fisiológico, donde existe una disminución objetiva de la actuación visual, y el deslumbramiento psicológico, donde se produce una perturbación subjetiva de la percepción por la desproporción de luminancia y contenido informativo del área observada. En todo los casos se puede producir el deslumbramiento por la propia fuente de luz (deslumbramiento directo) o por reflexión de la fuente de luz (deslumbramiento por reflexión).

**Deslumbramiento absoluto o perturbador** (*Absolutblendung*)

→ deslumbramiento

**Deslumbramiento directo**

(*Direktblendung*)

→ deslumbramiento

**Deslumbramiento fisiológico**

(*Physiologische Blendung*)

→ deslumbramiento

**Deslumbramiento psicológico**

(*Psychologische Blendung*)

→ deslumbramiento

**Deslumbramiento relativo**

(*Relativblendung*)

→ deslumbramiento

**Diagrama isoluminancia**

(*Isoleuchtdichtediagramm*)

Diagrama para la representación de las distribuciones de luminancias, donde representan en un nivel de referencia líneas de idénticas luminancias.

**Diagrama isolux** (*Isoluxdiagramm*)

Diagrama para la representación de las distribuciones de iluminancias, donde se representan en un nivel de referencia líneas de idénticas iluminancias.

**Dimmer (regulador)**

Dispositivo de regulación para regular el flujo luminoso de una fuente de luz. En la mayoría de las veces se aplica como control de fase trabajando a poca pérdida. El dimmer convencional para lámparas incandescentes a tensión de red se puede aplicar sin problemas. El dimmer para lámparas fluorescentes y halógenas de bajo voltaje requiere un mayor esfuerzo técnico; la regulación de lámparas de descarga de alta presión no está disponible todavía.

**Distancia fotométrica límite**

*(Photometrische Grenzentfernung)*

Distancia mínima, por encima de la cual la influencia de las lámparas o el tamaño de luminaria pueden sufrir una variación en cuanto a la validez de la → ley fotométrica de distancia. La distancia fotométrica límite debe ser por lo menos diez veces superior que el diámetro máximo de lámparas y luminarias, respectivamente; en sistemas ópticos se debe hallar la distancia fotométrica límite de modo experimental.

**Efecto estroboscópico**

*(Stroboskopeffekt)*

Efectos de centelleo o modificación aparente de inmovilización de objetos (mediante frecuencia de la red) en caso de luz pulsante, hasta llegar al paro aparente o la inversión de la dirección de movimiento. Efectos estroboscópicos aparecen en la iluminación mediante → lámparas de descarga, sobre todo en caso de las lámparas fluorescentes con regulación del flujo luminoso. Son molestos y también peligrosos en la manipulación de máquinas. La solución se puede encontrar mediante técnica de desfase (→ conexión dúo, conexión a red de corriente trifásica) o a través de → reactancias electrónicas de alta frecuencia.

**Eficacia luminosa** *(Lichtausbeute)*

Símbolo de fórmula  $n(lm/W)$ .

La eficacia luminosa se define como la relación entre el flujo luminoso emitido y la potencia eléctrica.

**Equipos de estabilización**

*(Betriebsgeräte)*

Equipos de estabilización son elementos que se necesitan, adicionalmente al propio iluminante, para el servicio de las fuentes de luz. Principalmente se trata de → reactancias limitadoras de corriente y → cebadores o → arrancadores, respectivamente, para el servicio de lámparas de descarga, así como de transformadores para el servicio de lámparas halógenas de bajo voltaje.

**Estereorradián** *(Steradian, sr)*

→ ángulo sólido

**Espectro** *(Spektrum)*

Distribución de la intensidad de radiación de una fuente de luz sobre la longitud de ondas. De la distribución espectral resultan tanto el → color de luz como la → reproducción cromática. Según el tipo de la producción de luz se pueden distinguir grupos básicos de espectros: el espectro continuo (luz diurna y → radiador térmico), el espectro de rayas (descarga de baja presión) así como el espectro de banda (descarga de alta presión).

**Espectro de rayas** *(Linienspektrum)*

→ espectro

**Exigencias arquitectónicas**

*(Anforderungen architektonische)*

Exigencias arquitectónicas a una concepción de iluminación resultan de las estructuras de la arquitectura a iluminar. Cometido de la iluminación es resaltar la articulación del espacio, sus formas, ritmos y módulos, destacar particularidades arquitectónicas y apoyar el ambiente proyectado del edificio. Tanto por la disposición de las luminarias como por sus efectos luminosos se debe por tanto apoyar la arquitectura, pero si se da el caso también modificarla activamente en su efecto.

**Exigencias funcionales** *(Anforderungen funktionale)*

Exigencias funcionales a una concepción de iluminación resultan de los cometidos visuales del espacio que nos rodea; objetivo es conseguir unas óptimas condiciones de percepción para todas las actividades que se deben realizar dentro del mencionado entorno.

**Exigencias, psicológicas** *(Anforderungen psychologische)*

Exigencias psicológicas a una concepción de iluminación son ampliamente independientes de las actividades específicas en un espacio que nos rodea. Resultan de las necesidades biológicas fundamentales para obtener informaciones sobre la hora del día, tiempo y sucesos, de la exigencia de seguridad, orientación espacial y un entorno claramente estructurado y comprensible, así como de la necesidad de tener una relación equilibrada entre las posibilidades de contacto con otras personas y el deseo de zonas privadas limitadas.

**Exposición luminosa** *(Belichtung)*

Signo de fórmula  $H$  ( $lux \cdot h$ )

La exposición luminosa se define como un producto de la iluminancia y la duración de la exposición luminosa con la que se ilumina una superficie.

**Factor de luz diurna (de día)**

*(Tageslichtquotient)*

Relación entre la → iluminancia producida por la → luz diurna sobre el → nivel útil de un espacio y la iluminancia del exterior.

**Factor de mantenimiento (factor de depreciación)** *(Verminderungsfaktor)*

Factor (normalmente 0,8), que se incluye en el cálculo de la iluminancia, por ejemplo según el → procedimiento de rendimiento (grado de eficacia), para considerar la disminución de potencia de la instalación de iluminación a consecuencia del envejecimiento de lámparas y ensuciamiento de luminarias.

**Factor de potencia** *(Leistungsfaktor)*

→ compensación

**Filtro** *(Filter)*

Elementos de efecto óptico con → transmisión selectiva. Sólo se transmite una parte de la radiación incidente, donde o se produce luz de color o se separan por filtración las partes visibles de radiación (→ ultravioleta, → infrarroja). Los efectos de filtro se pueden conseguir mediante → absorción selectiva o mediante → interferencia. Una combinación de ambos efectos permite una separación especialmente aguda de zonas espectrales transmitidas y separadas por filtración (filtro de interferencia).

**Filtro de interferencia** *(Interferenzfilter)*

→ filtro

**Fisiología perceptiva**

*(Wahrnehmungsphysiologie)*

Rama de la ciencia que se ocupa de los aspectos biológicos de la percepción, sobre todo de la entrada neuronal y la elaboración de los estímulos del sentido.

**Flood**

Caracterización usual para → reflectores de radiación extensiva o → lámparas reflectoras.

**Flujo luminoso** *(Lichtstrom)*

Símbolo de fórmula  $\Phi$  (lm).

El flujo luminoso describe toda la potencia de luz emitida por una fuente de luz. Se calcula por la potencia de radiación espectral mediante la valoración con la sensibilidad luminosa espectral  $V(\lambda)$  del ojo.

**Fluorescencia** *(Fluoreszenz)*

En la fluorescencia se activan sustancias con ayuda de radiación, consiguiendo hacerlas luminosas, en las que la longitud de onda de la luz emitida siempre es mayor que la longitud de onda de la radiación activada. Una aplicación técnica encuentra la fluorescencia sobre todo en → sustancias luminosas, que transforman la → radiación ultravioleta en luz visible.

**Fotómetro** (*Photometer*)

Instrumento para la medición de medidas luminotécnicas (fotometría). La medida primaria es la → iluminancia, otras medidas se derivan de la iluminancia. Los fotómetros están adaptados a la sensibilidad espectral del ojo (adaptación-V ( $\lambda$ )). Grandes dispositivos especiales de medición (goniofotómetro) se requieren para la determinación de la distribución luminosa de luminarias. En este caso o se mueve el cabezal medidor alrededor de la luminaria (fotómetro espiral) o el flujo luminoso es conducido mediante un espejo móvil sobre el cabezal medidor en posición fija.

**Fotómetro espiral** (*Spiralphotometer*)

→ fotómetro

**Fóvea**

→ ojo

**Fuente de luz puntual** (*Punktlichtquelle*)

Denominación para fuentes de luz compactas, poco más o menos puntiformes, desde las cuales emana luz dirigida. Fuentes de luz puntuales posibilitan una conducción óptima —sobre todo el enfoque concentrado— de la luz, mientras que las fuentes de luz lineales o planas con creciente extensión producen una luz progresivamente difusa.

**Gobo**

Concepto usual en la iluminación de escena para una plantilla o carátula de imagen que se proyecta sobre el escenario con ayuda de un proyector con lente de enfoque.

**Goniofotómetro** (*Goniophotometer*)

→ fotómetro

**Iluminación acentuada**

(*Akzentbeleuchtung*)

Acentuación de determinadas zonas en el espacio o de objetos a través de una iluminación que se sitúa con determinación por encima del nivel de la → iluminación general.

→ luz para mirar

**Iluminación complementaria a la luz diurna**

(*Tageslichtergänzungsbeleuchtung*)

Iluminación artificial complementaria, sobre todo en espacios profundos con entrada de luz a través de ventanas situadas en un solo lado. La iluminación artificial complementaria nivela el fuerte descenso de la iluminancia, que se produce a mayor distancia de las ventanas, evitando

→ deslumbramientos debido a la disminución del contraste de luminancia entre ventanas y su entorno.

**Iluminación general**

(*Allgemeinbeleuchtung*)

Iluminación uniforme de un espacio completo sin tener especialmente en cuenta determinadas tareas visuales.

→ luz para ver

**Iluminación del puesto de trabajo**

(*Arbeitsplatzbeleuchtung*)

Generalmente la caracterización usual para la iluminación de puestos de trabajo regulada por normativas. Más especial una iluminación adicional del puesto de trabajo adaptada al respectivo cometido visual, que va más allá de la → iluminación general.

**Iluminancia** (*Beleuchtungsstärke*)

Signo de fórmula E(lux).

La iluminancia se define como la relación del flujo luminoso incidente sobre una superficie al tamaño de esa superficie.

**Iluminancia puntual**

(*Punktbeleuchtungsstärke*)

A diferencia de la iluminancia media, que hace la indicación sobre la iluminancia media de un espacio, la puntual describe la iluminancia exacta en cualquier punto del espacio.

**Índice de local** (*Raumindex*)

En el cálculo de → iluminancias según el → procedimiento del rendimiento óptico, el índice de local registra la geometría luminotécnicamente efectiva del espacio.

**Intensidad luminosa** (*Lichtstärke*)

Símbolo de fórmula I (cd).

La intensidad luminosa es la parte de flujo luminoso por ángulo sólido (lm/sr) que describe la distribución espacial del flujo luminoso.

**Interferencia** (*Interferenz*)

Aparición física en la superposición de ondas con desviación de fase que pueden llevar a la debilitación selectiva de gamas de ondas. La interferencia se aplica en → filtros y en → reflectores para la → transmisión- o → reflexión selectiva, respectivamente.

**Lámpara de descarga** (*Entladungslampe*)

Fuente de luz en la que la luz se produce por la descarga eléctrica en gases o vapores metálicos. Las propiedades de la lámpara dependen además del llenado de la misma, pero sobre todo de la presión de servicio de la lámpara. Por eso se distingue entre lámparas de descarga de baja y de alta presión, respectivamente. Las lámparas de descarga de baja presión son de gran volumen y reducida luminancia. La luz emitida sólo abarca estrechas zonas espectrales, por lo que se perjudica la reproducción cromática. No obstante mediante la aplicación de sustancias luminosas se puede mejorar considerablemente la reproducción cromática. Las lámparas de descarga de alta presión son de pequeño volumen y elevada luminancia. Mediante la alta presión de servicio se amplían las zonas espectrales producidas, lo que lleva a un mejoramiento de la → reproducción cromática. El aumento de la presión de lámpara origina con frecuencia también un aumento del rendimiento luminoso.

**Lámpara de descarga de alta presión**

(*Hochdruck-Entladungslampe*)

→ lámpara de descarga

**Lámpara de descarga de baja presión**

(*Niederdruck-Entladungslampe*)

→ lámpara de descarga

**Lámpara de luz mezcla**

(*Mischlichtlampe*)

Es una → lámpara de vapor de mercurio de alta presión en la que un filamento incandescente conectado en serie, dispuesto en un doble envoltente de la lámpara, sirve para la limitación de corriente y para la mejora de la reproducción cromática. Las lámparas de luz mezcla no necesitan ni → arrancador ni → reactancia.

**Lámpara estándar** (*Allgebrauchslampe*)

→ lámpara incandescente

**Lámpara fluorescente**  
(*Leuchtstofflampe*)

→ Lámpara de descarga de baja presión en forma de tubo relleno de vapor de mercurio. La radiación ultravioleta producida por la descarga del mercurio se transforma en luz visible mediante las materias fluorescentes que recubren las paredes interiores del tubo de descarga. Mediante una variación de sustancias luminosas se consigue una serie de colores de luz y diferentes calidades de reproducción cromática. La lámpara fluorescente dispone generalmente de electrodos calientes y de este modo puede arrancar comparativamente con tensiones bajas. Las lámparas fluorescentes requieren cebador y reactancia.

**Lámpara fluorescente compacta**  
(*Kompakte Leuchtstofflampe*)

→ Lámpara fluorescente que, mediante una combinación de varios tubos cortos de descarga o un tubo de descarga curvado, consigue medidas especialmente compactas. Las lámparas fluorescentes compactas llevan casquillo de un solo lado, arrancador; a veces también las → reactancias pueden estar integradas en el casquillo.

**Lámpara fluorescente trifósforo**  
(*Dreibandenleuchtstofflampe*)

→ lámpara fluorescente

**Lámpara halógena de bajo voltaje**  
(*Niedervolt-Halogenlampe*)

→ Lámpara halógena incandescente muy compacta, que funciona a baja tensión (casi siempre 6, 12, 24 V). También se pueden suministrar con → reflector de haz frío o de metal.

**Lámpara halógena incandescente**  
(*Halogen-Glühlampe*)

Lámpara incandescente compacta con un llenado halógeno adicional que evita que el material de filamento evaporado se deposite sobre la ampolla de la lámpara. Las lámparas halógenas incandescentes disponen, frente a las estándar, de un mayor rendimiento luminoso y duración de vida.

**Lámpara de halogenuros metálicos**  
(*Halogen-Metalllampflampe*)

→ Lámpara de descarga de alta presión con un llenado de halogenuros metálicos. Con ayuda de los halogenuros, de fácil evaporación, también se pueden utilizar metales con una baja presión del vapor. Mediante la disponibilidad de numerosas materias primas se pueden producir así mezclas de vapor metálico, que en la descarga proporcionan altas luminancias y una buena reproducción cromática.

**Lámpara incandescente** (*Glühlampe*)

→ Radiador térmico en el que la luz se produce por el calentamiento de un filamento incandescente (casi siempre tungsteno). El filamento incandescente se encuentra en una ampolla de vidrio lleno de un gas inerte (nitrógeno o gas noble), para evitar la oxidación del filamento y retardar la evaporación del material de filamento. Existen numerosas formas de lámparas incandescentes; los grupos principales son la lámpara-A (lámpara estándar) con ampolla clara o mate en forma de gota, la lámpara-R con diferentes formas espejeadas y la lámpara PAR de vidrio prensado con reflector parabólico integrado.

**Lámpara PAR** (*PAR-Lampe*)

→ lámpara incandescente

**Lámpara reflectora** (*Reflektorlampe*)

→ lámpara incandescente

**Lámpara de vapor de mercurio de alta presión** (*Quecksilberdampf-Hochdrucklampe*)

→ Lámpara de descarga de alta presión con relleno de mercurio. Frente a la casi exclusiva → radiación ultravioleta de la irradiación de descarga de baja presión, el vapor de mercurio con alta presión produce luz visible, no obstante teniendo pocos componentes rojos. Mediante materias fluorescentes adicionales es posible complementar estos componentes rojos y mejorar la → reproducción cromática. Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión necesitan → reactancias, en cambio no requieren → arrancadores.

**Lámpara de vapor de sodio de alta presión**

(*Natriumdampf-Hochdrucklampe*)

→ Lámpara de descarga de alta presión con relleno de vapor de sodio. Debido a que el vapor de sodio a alta presión es agresivo y rompería el vidrio, el propio tubo de descarga se compone de cerámica de óxido de aluminio con un envoltorio adicional. En comparación a las → lámparas de vapor de sodio de baja presión la reproducción cromática resulta claramente mejorada, en cambio la eficacia luminosa es menor. El color de luz se encuentra dentro de la gama blanco cálido. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión necesitan → arrancadores y → reactancias.

**Lámpara de vapor de sodio de baja presión**

(*Natriumdampf-Niederdrucklampe*)

→ Lámpara de descarga de baja presión con relleno de vapor de sodio. El propio tubo de descarga lleva un envoltorio que refleja una radiación infrarroja para aumentar la temperatura de la lámpara. Estas lámparas disponen de una excelente eficacia luminosa. No obstante, como radian una → luz monocromática amarilla, no es posible la visión de colores en una iluminación con lámparas de vapor de sodio de baja presión. Estas lámparas necesitan → arrancadores y → reactancias.

**Lente escalonada** (*Stufenlinse*)

→ lente Fresnel

**Lente Fresnel** (*Fresnellinse*)

Lente escalonada, donde se consigue el efecto de una lente considerablemente más gruesa mediante una disposición plana de segmentos de lente. Interferencias ópticas por las aristas del prisma se equilibran frecuentemente mediante un dorso de lente granulado. Las lentes Fresnel encuentran sobre todo su aplicación en proyectores de escena y proyectores con un → ángulo de irradiación ajustable.

**Ley fotométrica de distancia (Ley de la inversa del cuadrado de la distancia)**

(*Entfernungsgesetz, photometrisches*)  
Ley que describe la → iluminancia como función de la distancia desde la fuente de luz. Al mismo tiempo se reduce la iluminancia con el cuadrado de la distancia.

**LiTG**

Abreviación para la sociedad alemana de promoción de la luz y el alumbrado.

**Lugar de color (Farbort)**

→ sistema colorimétrico patrón

**Luminaria de retícula (Rasterleuchte)**

Denominación usual para luminarias rectangulares alargadas para tubos fluorescentes (luminarias de mucho campo), frecuentemente equipadas con rejillas de espejo, de prisma o de apantallamiento.

**Lumen, lm**

→ flujo luminoso

**Luminancia (Leuchtdichte)**

Símbolo de fórmula L (cd/m<sup>2</sup>).

La luminancia describe la luminosidad de una superficie, que mediante autoluminancia como fuente de luz, → transmisión o → reflexión, emite la luz. La luminancia se define en este caso como la relación de → intensidad luminosa de la superficie proyectada hacia la dirección vertical de observación.

**Luminarias rectangulares**

(*Langfeldleuchten*)

Denominación usual para luminarias rectangulares, alargadas, equipadas con lámparas fluorescentes tubulares; como → luminarias de retícula frecuentemente equipadas con rejilla de alto brillo, de prisma o de apantallamiento.

**Luminiscencia (Luminiszenz)**

Concepto global para todos los fenómenos luminosos que no se producen por radiadores térmicos (Luminiscencia fotoeléctrica, química, eléctrica, catodoluminiscencia, termoluminiscencia, triboluminiscencia).

**Lux, lx**

→ iluminancia

**Luz blanca diurna (Tageslichtweiss, tw)**

→ color de luz

**Luz de gas (Gaslicht)**

Temprana forma de iluminación en la que se aprovecha la luz de una llama de gas descubierta.

**Luz de gas incandescente (Gasglühlicht)**

Forma de iluminación en la que una mecha incandescente recubierta de tierras raras, en principio también otro cuerpo sólido (por ejemplo, carbonato de calcio, luz caliza), es activada por una llama de gas en → luminiscencia térmica. Con ello resulta un rendimiento luminoso bastante mayor y una luz de ondas más cortas que con la pura → luz de gas.

**Luz difusa (Diffuses Licht)**

La luz difusa sale de grandes superficies luminosas, produciendo una iluminación uniforme, suave con escasa → modelación y → brillo.

**Luz diurna (Tagesslicht)**

La luz diurna abarca tanto la luz solar directa, dirigida, como la luz difusa del cielo (cubierto o descubierta). Las → luminancias de la luz diurna se sitúan muy por encima de las iluminancias de la iluminación artificial, el → color de luz se encuentra siempre en la gama de la → luz blanca diurna.

**Luz monocromática**

(*Monochromatisches Licht*)

Luz monocolor de una zona espectral muy estrecha. Bajo la luz monocromática aumenta la agudeza visual por la ausencia de la → aberración cromática, una buena reproducción de colores, en cambio, no es posible.

**Luz dirigida (Gerrichtetes Licht)**

La luz dirigida emana de → fuentes de luz puntuales. Dispone de una dirección preferente, proporcionando de este modo efectos de → modelación y de → brillo. También las fuentes de luz puntuales de radiación libre producen luz dirigida, pero las cambiantes direcciones preferentes de la luz sobre el espacio casi siempre se concentran mediante la → conducción (transporte) de luz en un cono luminoso de orientación uniforme.

**Luz para contemplar (Licht zum Ansehen)**

La luz para contemplar actúa como elemento decorativo. Los efectos de brillo de las fuentes de luz y los materiales iluminados —desde la llama de una vela y la araña de cristal, hasta la escultura luminosa— aportan lo necesario para lograr unos espacios representativos y ambientales.

**Luz para mirar (Licht zum Hinsehen)**

La luz para mirar pone acentos. En este caso la luz actúa activamente en la mediación de informaciones, en la que se destacan importantes áreas visuales, retirando las menos importantes.

**Luz para ver (Licht zum Sehen)**

La luz para ver proporciona una iluminación general del entorno. Se asegura que la arquitectura, los objetos y las personas sean visibles bajo la misma, para facilitar la orientación, el trabajo y la comunicación.

**Luz solar (Sonnenlicht)**

→ luz diurna

**LVK**

→ Curva de distribución de la intensidad luminosa (curva fotométrica).

**Método de la curva límite de luminancia (Grenzkurvenverfahren)**

Procedimiento para poder formarse un juicio sobre el efecto deslumbrante de una luminaria. Con ello se anota en un diagrama la luminancia de la luminaria bajo diferentes ángulos de irradiación, donde la curva de luminancia no debe sobrepasar la curva límite del límite de deslumbramiento exigido.

**Modelación (Modellierung)**

Acentuación de formas espaciales y estructuras de superficie mediante la luz dirigida de fuentes de luz puntuales. Casi siempre descrita bajo el concepto de la → presencia de sombras.

**Molduras (Voute)**

Elemento arquitectónico en pared o techo que aloja y apantalla iluminantes (normalmente → lámparas fluorescentes o → tubos fluorescentes) para la iluminación indirecta.

**Multimirror**

→ reflector de haz frío

**Ojo (Auge)**

El ojo se compone en primer lugar de un sistema óptico, donde la córnea y el cristalino conformable se ocupan de la reproducción del entorno sobre la retina; el iris se ocupa, mediante adaptación de la apertura de pupila, de un control ordinario de la cantidad de luz que incide. El ojo dispone de dos aparatos receptores, el sistema de bastoncillos y el de conos. Los bastoncillos están distribuidos relativamente uniformes sobre la retina, son muy sensibles a la luz y permiten una visión en ángulo amplio con iluminancias más bajas (→ visión escotópica). No obstante, la agudeza visual es escasa, no se perciben colores. Los conos, en cambio, se concentran principalmente en el foso de la retina (fóvea), que se encuentra en la prolongación del eje visual. Permiten una visión muy nítida en colores dentro de un ángulo visual estrecho, pero requieren elevadas iluminancias (→ visión fotópica).

**Percepción de formas**  
(*Gestaltwahrnehmung*)

Teoría de la percepción según la cual las estructuras percibidas no se sintetizan de elementos sueltos, sino que preferencialmente se registran como figura, es decir, de modo global, donde la figura cada vez se clasifica mediante una ley de la forma, separándola de su entorno.

**Plano útil** (*Nutzebene*)

Plano normalizado sobre el cual se basan iluminancias y luminancias, casi siempre 0,85 m en caso de superficies de trabajo y 0,2 m en caso de pasos de circulación.

**Presencia de sombras** (*Schattigkeit*)

Medida para la capacidad de → modelación de una iluminación. La presencia de sombras es la relación entre la → iluminancia media vertical (cilíndrica) y la horizontal definida en un punto del espacio.

**Procedimiento de rendimiento (grado de eficacia)** (*Wirkungsgradverfahren*)

Procedimiento para el cálculo de → iluminancias medias de espacios con ayuda del → rendimiento óptico, de la → utilancia y del flujo luminoso de la lámpara.

**Proyector Lambert** (*Lambertstrahler*)

Fuente de luz de radiación difusa cuya → distribución luminosa (siguiendo la ley del coseno) corresponde a una esfera o un círculo, respectivamente.

**Psicología perceptiva**(*Wahrnehmungspsychologie*)

Rama de la ciencia que se ocupa de los aspectos espirituales de la percepción, sobre todo de la elaboración de los estímulos del sentido registrados.

**Radiación infrarroja** (*Infrarotstrahlung*)

Radiación invisible (radiación calorífica, longitud de onda > 780 nm) situada del otro lado de la luz de ondas largas. La radiación infrarroja es producida por todas las fuentes de luz, pero sobre todo por radiadores térmicos; aquí forma con mucho la parte predominante de la radiación emitida. Con elevadas iluminancias la radiación infrarroja puede llevar a cargas caloríficas inadmisibles e incluso producir daños en materiales.

**Radiación ultravioleta**(*Ultraviolettstrahlung*)

Radiación invisible situada al otro lado de la luz de onda corta (longitud de onda < 380 nm). Fuentes de luz utilizadas para la iluminación arquitectónica sólo emiten una pequeña parte de radiación ultravioleta. Fuentes de luz especiales producen una mayor parte de radiación ultravioleta, que se aprovecha para fines medicinales y cosméticos (bronceado, desinfección), así

como en la fotoquímica. La radiación ultravioleta puede tener efectos perjudiciales, lo que sobre todo se refiere al decoloramiento de tejidos y el debilitamiento estructural de materiales.

**Radiador de Planck** (*Planckscher Strahler*)

(Cuerpo negro). Radiador térmico ideal cuyas cualidades de radiación se describen mediante la ley de Planck.

**Radiador térmico** (*Temperaturstrahler*)

Fuente de radiación cristalino. La capacidad de acomodación disminuye en una edad. Un radiador de Planck ideal emite además un → espectro a partir de la ley de Planck; en los materiales utilizados en la práctica (por ejemplo el tungsteno de los filamentos) difiere el espectro emitido en cuanto a materia específica poco de esta distribución espectral.

**RBP** (*WG*)

Abreviación para → reactancias de baja pérdida.

**RC** (*KVG*)

Abreviación para → reactancias convencionales.

**RE** (*EVG*)

Abreviación para → reactancias electrónicas.

**Reactancia** (*Vorschaltgerät*)

→ Equipo de estabilización limitador de corriente para → lámparas de descarga. La limitación de corriente se realiza o inductivamente mediante una bobina de inducción o electrónicamente. Reactancias inductivas pueden suministrarse en forma convencional (RC) o de bajas pérdidas (RBP). En cualquier caso necesitan un arrancador o cebador adicional. Las reactancias electrónicas (RE) trabajan sin cebadores adicionales y evitan molestos ruidos de zumbido o → efectos estroboscópicos.

**Reencendido** (*Wiederzündung*)

Encendido nuevo después de desconectar o de interrupción de corriente. Numerosas → lámparas de descarga sólo pueden volver a encenderse después de una fase de enfriamiento. Un reencendido inmediato sólo es posible a través de → arrancadores especiales de alta tensión.

**Reflector** (*Reflektor*)

Sistema que refleja la luz sobre la base de superficies reflectantes. La característica de un reflector estriba en primer lugar en su reflectancia y grado de difusión; en caso de los reflectores de espejo, además, sobre el tipo de curva de su sección transversal (contorno del reflector). Los reflectores parabólicos orientan la luz de una fuente de luz (puntual) en paralelo a su foco, reflectores esféricos la devuelven al foco, reflectores elípticos la concentran en un segundo foco.

**Reflector acanalado** (*Rinnenreflektor*)

Reflector para iluminantes lineales, donde sobre todo la sección transversal en vertical al eje longitudinal determina el efecto conductor de la luz.

**Reflector de doble foco**(*Doppelfokusreflektor*)

→ reflector

**Reflector de haz frío** (*Kaltlichtreflektor*)

→ Reflector dicróico, que principalmente refleja la luz visible, en cambio transmite (reflectores de cristal) o absorbe (reflectores metálicos) la radiación infrarroja. Los reflectores de haz frío llevan a una menor carga calorífica de los objetos irradiados. Las denominaciones usuales son reflectores Coolbeam o Multimirror.

**Reflector dicróico** (*Dichroitischer Reflektor*)

Reflector con → reflexión selectiva, que debido a las capas de interferencias metalizadas al alto vacío sólo refleja una parte del espectro, transmitiendo otras áreas. Los reflectores dicróicos se aplican principalmente reflejando luz visible, transmitiendo → radiación infrarroja, como → reflectores de luz fría, pero además también en ampollas de lámpara de actuación opuesta para el aumento de la temperatura de lámpara (hot mirror).

**Reflector elíptico** (*Elliptischer Reflektor*)

→ reflector

**Reflector esférico** (*Kugelreflektor*)

→ reflector

**Reflector evolvente**(*Evolventenreflektor*)

→ reflector

**Reflector parabólico** (*Parabolreflektor*)

→ reflector

**Reflexión** (*Reflexion*)

Capacidad de materiales de reflejar la luz. Medida de la reflexión es la reflectancia, que se define como la relación del flujo luminoso reflectante al flujo luminoso incidente.

**Refracción** (*Brechung*)

Variación de la dirección de luz en el cambio entre medios de diferente densidad. La característica de refracción de un medio se indica por el índice de refracción.

**Refracción de la luz** (*Lichtbrechung*)

Cambio de dirección de la luz mediante la incidencia de un medio de densidad variable. A través de la refracción de diferentes intensidades de distintas zonas espectrales se puede producir la formación de espectros de colores (prisma) en la refracción.

**Regulación del flujo luminoso**

(*Helligkeitssteuerung*)

→ Dimmer

**Rejilla de alto brillo** (*Spiegelraster*)

→ reflector

**Rejilla prismática** (*Prismenraster*)

Elemento para la conducción de luz en luminarias o para la conducción de luz diurna con ayuda de la refracción y reflexión total en elementos prismáticos.

**Rendimiento** (*Wirkungsgrad*)

→ rendimiento óptico, → utilancia

**Rendimiento luminoso (grado de eficacia)**

(*Leuchtenbetriebswirkungsgrad*)

→ rendimiento óptico

**Rendimiento óptico**

(*Leuchtenwirkungsgrad*)

Relación entre el flujo luminoso expedido por una luminaria y el flujo luminoso de la lámpara utilizada. Basándose en el flujo luminoso real de la lámpara en la luminaria, resulta el rendimiento óptico; basándose en el flujo luminoso nominal de las lámparas resulta el rendimiento luminoso.

**Representación en planta del techo**

(*Gespiegelter Deckenplan*)

Plano de planta con indicación de tipo y disposición de las luminarias e instalaciones a efectuar.

**Reproducción cromática**

(*Farbwiedergabe*)

Calidad de la reproducción de colores bajo una iluminación representada. El grado de alteración cromática frente a una fuente de luz de referencia se indica a través del índice del rendimiento en color  $R_a$  y el índice de reproducción cromática, respectivamente.

**Reproducción del contraste**

(*Kontrastwiedergabe*)

Criterio para la limitación del deslumbramiento por reflexión. La reproducción del contraste se describe aquí mediante el factor de reproducción de contraste (CRF), que está definido como la relación entre el contraste de luminancia de la tarea visual en una iluminación dada y el contraste de luminancia en una iluminación de referencia.

**Reproducción del techo** (*Deckenspiegel*)

→ representación en planta del techo

**Resistencia a la acción de la luz**

(*Lichtbeständigkeit*)

Denominación para el grado de resistencia a la acción de la luz, en el cual un material se transforma (pureza de luz) por la incidencia de luz. La resistencia a la acción de la luz se refiere sobre todo a la decoloración, pero además también a la del propio material.

**Retina** (*Netzhaut*)

→ ojo

**Retroreflexión** (*Retroreflexion*)

Reflexión en sistemas de reflectores rectangulares (triple reflexión) o esferas transparentes, donde la luz reflejada se refleja en paralelo a la luz incidente.

**Scallop** (*Scallop*)

Inicio de cono hiperbólico de un cono luminoso. Scallops se producen por ejemplo mediante Downlights en una iluminación de pared por reflejo.

**Sistema colorimétrico patrón**

(*Normvalenzsystem*)

Sistema para la captación numérica de colores de luz y cuerpos iluminantes. El sistema colorimétrico da por resultado un diagrama bidimensional, en el cual se encuentran los lugares cromáticos en todos los colores y mezclas en escalas de saturación desde el color puro hasta el blanco, dejándose describir numéricamente a través de sus coordenadas  $x$  e  $y$ . Siempre se encuentran sobre una recta entre los colores a mezclar; el color de luz de radiadores térmicos se sitúa sobre el tramo de curva definida del lugar de los estímulos de Planck.

**Simulador de luz diurna**

(*Tageslichtsimulator*)

Dispositivo técnico para la simulación de luz solar y → luz diurna. La luz diurna o es simulada a través de una disposición semiesférica de numerosas luminarias o mediante reflexión múltiple de un techo de luz en una sala de espejos, la luz solar a través de un proyector parabólico, cuyo movimiento representa la órbita solar durante un día o año. Un simulador de luz diurna posibilita simulaciones con maquetas para determinar las proporciones de luz y sombra en edificios proyectados, las pruebas con elementos conductores de luz y la medición de → factores de luz diurna en la maqueta.

**Simulador de sol** (*Sonnensimulator*)

→ simulador de luz diurna

**Spot** (*Spot*)

Caracterización usual para → reflectores o → lámparas reflectoras de radiación concentrada.

**Sustancia emisora** (*Emitter*)

Material que facilita la circulación de electrones entre los electrodos de una → lámpara de descarga. En numerosas lámparas de descarga los electrodos llevan una capa de un material de sustancia emisora (casi siempre óxido bárico) para facilitar el encendido.

**Tarea visual** (*Sehaufgabe*)

Expresión para la perceptividad requerida del ojo o las propiedades visuales del objeto a percibir respectivamente. La dificultad de una tarea visual aumenta con la disminución del contraste —de color o de luminancia—, así como con la reducción de tamaño del detalle.

**Técnica Darklight** (*Darklighttechnik*)

→ reflector

**Técnica secundaria (Twin-Light-luz suave)** (*Sekundärtechnik*)

Técnica de luminaria en la que una iluminación indirecta o directa-indirecta no se produce por la iluminación de las superficies limitadoras del espacio, sino mediante un propio reflector secundario. Las luminarias con reflector secundario disponen a menudo de una combinación de reflectores primarios y secundarios, a través de los cuales se hace posible un amplio control de los → flujos luminosos directos e indirectos emitidos.

**Temperatura de color** (*Farbtemperatur*)

Caracterización del → color de luz de una fuente. Corresponde en radiadores térmicos aproximadamente a la temperatura real del filamento de la lámpara. En lámparas de descarga se indica la temperatura de color más parecida, esto es, la temperatura en la que un → radiador completo (cuerpo negro) indica la luz de un color comparable.

**Termoluminiscencia**

(*Thermoluminiszenz*)

→ luminiscencia

**Tipificación de luminaria**

(*Leuchtenkennzeichnung*)

Tipificación esquemática de las propiedades de las luminarias por el tipo de la → curva de distribución de la intensidad luminosa. En la simbolización de la distribución de intensidad luminosa de una luminaria mediante letra y cifra, la letra indica la clase de luminaria, es decir, define si la misma tiene su flujo luminoso principalmente en la mitad superior o inferior del espacio. La primera cifra que sigue indica la parte directa del flujo luminoso, que incide en la mitad inferior del espacio sobre el nivel útil; la segunda cifra indica el valor correspondiente para la mitad superior del espacio. Adicionalmente, las luminarias pueden tipificarse según su → tipo de protección y → clase de protección.

**Tipo de protección** (*Schutzart*)

Caracterización de luminarias con referencia a su tipo de protección contra las descargas eléctricas.

**Transformador** (*Transformator*)

→ equipos de estabilización

**Transmisión** (*Transmission*)

Capacidad de materiales para dejar penetrar la luz. Medida de esta capacidad es la transmitancia, que está definida como la relación entre flujo luminoso transmitido y flujo luminoso incidente.

**Tubo luminoso (neón)** (*Leuchtröhre*)

→ Lámparas de descarga de baja presión comparables a las → lámparas fluorescentes, pero que trabajan con electrodos no caldeados (no calientes) y las tensiones de encendido correspondientemente altas. Los tubos de descarga pueden tener grandes longitudes y las más diversas formas, aplicándose sobre todo en la publicidad luminosa y para los efectos de escena. Mediante diferentes tipos de gas de relleno (neón, argón), pero sobre todo a través de las sustancias luminosas, se consiguen numerosos colores de luz. Los tubos fluorescentes necesitan → arrancadores y → reactancias.

**Utilancia** (*Raumwirkungsgrad*)

La utilancia describe la relación entre el → flujo luminoso que incide sobre el → nivel útil y el flujo luminoso que sale de la luminaria. Resulta de la acción combinada de la geometría del espacio, reflectancias de las superficies limitadoras del espacio y de la característica de las luminarias.

**Visión crepuscular** (*Dämmerungssehen*)

→ visión mesópica

**Visión de bastoncillos** (*Stäbchensehen*)

→ visión escotópica

**Visión de los conos** (*Zapfensehen*)

→ visión fotópica

**Visión diurna** (*Tagsehen*)

→ visión fotópica

**Visión escotópica** (*Skotopisches Sehen*)

(Visión nocturna). Visión en → adaptación sobre luminancias por debajo de 0,01 cd/m<sup>2</sup>. La visión escotópica se realiza con los → bastoncillos, por eso también abarca sobre todo la periferia de la → retina. La → agudeza visual es baja, no se pueden percibir colores; en cambio, la sensibilidad a los movimientos de objetos percibidos es elevada.

**Visión fotópica** (*Photopisches Sehen*)

(Visión diurna). Visión con → adaptación a luminancias de más de 3 cd/m<sup>2</sup>. La visión fotópica se realiza con los → conos, pero por eso se concentra en la zona de la → fovea. La → agudeza visual es elevada, se pueden percibir colores.

**Visión mesópica** (*Mesopisches Sehen*)

(Visión crepuscular). Situación transitoria entre la → visión fotópica diurna con ayuda de los → bastoncillos. La percepción de color y agudeza visual toma los correspondientes valores intermedios. La visión mesópica abarca el campo de luminancia de 3 cd/m<sup>2</sup> a 0,01 cd/m<sup>2</sup>.

**Visión nocturna** (*Nachtsehen*)

→ visión escotópica

**Zonificación** (*Zonierung*)

División de un espacio con diferentes tipos de iluminación según la función de la zona en cuestión.

# Bibliografía

## 5.0 Epílogo Bibliografía

- Appel, John; MacKenzie, James J.: How Much Light Do We Really Need? Building Systems Design 1975, febrero, marzo
- Arnheim, Rudolf: Visual Thinking. Universidad de California, Berkeley 1971
- Bartenbach, Christian: Licht-und Raum-milieu. Technik am Bau 1978, n. 8
- Bartenbach, Christian: Neue Tageslicht-konzepte. Technik am Bau 1986, n. 4
- Bauer, G.: Strahlungsmessung im optischen Spektralbereich. Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1962
- Bedocs, L.; Pinniger, M. J. H.: Development of Integrated Ceiling Systems. Lighting Research and Technology 1975, vol. 7 n.2
- Beitz, Albert; Hallenbeck, G. H.; Lam, William M.: An Approach to the Design of the Luminous Environment. MIT, Boston 1976
- Bentham, F.: The Art of Stage Lighting. Pitman, Londres 1969
- Bergmann, Gösta: Lighting the Theatre. Estocolmo 1977
- Birren, Faber: Light, Color and Environment. Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1969
- Birren, Faber; Logan, Henry L.: The Agreeable Environment. Progressive Architecture 1960, agosto
- Blackwell, H. R. et al.: Development and Use of a Quantitative Method for Specification of Interior Illumination Levels on the Basis of Performance Data. Illuminating Engineering 1959, vol. 54
- Bodmann, H. W.: Illumination Levels and Visual Performance. International Lighting Review 1962, vol. 13
- Bodmann, H. W.; Voit, E. A.: Versuche zur Beschreibung der Hellempfindung. Licht-technik 1962, n. 14
- Boud, John: Lighting Design in Buildings. Peter Peregrinus Ltd., Stevenage Herts 1973
- Boud, J.: Shop, Stage, Studio. Light & Lighting 1966, vol. 59 n. 11
- Boud, J.: Lighting for Effect. Light & Lighting 1971, vol. 64 n. 8
- Bouma, P. J.: Farbe und Farbwahrnehmung. Philips Techn. Bücherei, Eindhoven 1951
- Boyce, Peter R.: Bridging the Gap – Part II. Lighting Design + Application 1987, junio
- Boyce, P. C.: Human Factors in Lighting. Applied Science Publishers, Londres 1981
- Brandston, Howard: Beleuchtung aus der Sicht des Praktikers. Internationale Licht-rundschau 1983, 3
- Breitfuß, W.; Hentschel, H.-J.; Leibig, J.; Pusch, R.: Neue Lichtatmosphäre im Büro – Direkt-Indirektbeleuchtung und ihre Bewertung. Licht 34, 1982, 6
- Breitfuß, W.; Leibig, J.: Bildschirmar-beitsplätze im richtigen Licht. Data Report 15, 1980
- Brill, Thomas B.: Light. Its Interaction with Art and Antiquity. Plenum, Nueva York 1980
- British Lighting Council: Interior Lighting Design Handbook. 1966
- Buschendorf, Hans Georg: Lexikon Licht-und Beleuchtungstechnik. VDE Verlag Berlin, Offenbach 1989
- Cakir, Ahmet E.: Eine Untersuchung zum Stand der Beleuchtungstechnik in deutschen Büros. Ergonomic, Institut für Arbeits-und Sozialforschung, Berlin 1990
- Caminada, J. F.: Über architektonische Beleuchtung. Internationale Licht-rundschau 1984, 4
- Caminada, J. F.; Bommel, W. J. M. van: New Lighting Criteria for Residential Areas. Journal of the Illuminating Engineering Society 1984, julio vol. 13 n. 4
- CIE: International Lighting Vocabulary. Commission Internationale de l'Éclairage, Paris 1970
- CIE: Guide on Interior Lighting. Commission Internationale de l'Éclairage 1975, Publ. n. 29 (TC-4.1)
- CIE: Committee TC-3.1: An Analytic Model for Describing the Influence of Lighting Parameters on Visual Performance. Commission Internationale de l'Éclairage, Paris 1981, Publ. n. 19/2.1
- Council for Care of Churches: Lighting and Wiring of Churches. Council for Care of Churches 1961
- Cowan, H. J.: Models in Architecture. American Elsevier, Nueva York 1968
- Danz, Ernst: Sonnenschutz. Hatje, Stuttgart 1967
- Davis, Robert G.: Closing the Gap. Lighting Design + Application 1987, mayo
- De Boer, J. B.: Glanz in der Beleuchtungstechnik. Lichttechnik 1967, n. 28
- De Boer, J. B.: Performance and Comfort in the Presence of Veiling Reflections. Lighting Research and Technology 1977

- De Boer, J. B.; Fischer, D.: Interior Lighting. Philips Technical Library, Antwerp 1981
- Diemer, Helen, K.; Prouse, Robert; Roush, Mark L.; Thompson, Thomas: Four Young Lighting Designers Speak Out. Lighting Design + Application 1986, marzo
- Egan, David M.: Concepts in Architectural Lighting. McGraw-Hill, Nueva York 1983
- Egger, W.: Kontrastwiedergabefaktor – ein neues Qualitätsmerkmal einer Beleuchtungsanlage? Licht-Forschung 6 1984, 2
- Elmer, W. B.: The Optical Design of Reflectors. Wiley, Nueva York 1979
- Erhardt, Louis: Radiation, Light and Illumination. Camarillo Reproduction Center, Camarillo 1977
- Erhard, Louis: Views on the Visual Environment. A Potpourri of Essays on Lighting Design IES 1985
- Erhard, Louis: Creative Design. Lighting Design + Application 1987, agosto
- Evans, Benjamin H.: Daylight in Architecture. McGraw-Hill, Nueva York 1981
- Feltman, S.: A Designers Checklist for Merchandise Lighting. Lighting Design + Application 1986, mayo vol. 16 n. 5
- Fischer, D.: The European Approach to the Integration of Lighting and Air-Conditioning. Lighting Research and Technology 1970, vol. 2
- Fischer, Udo: Tageslichttechnik. R. Müller, Köln-Braunsfeld 1982
- Fördergemeinschaft Gutes Licht: Hefte 1–12 div. Titel u. Sachgebiete. Fördergemeinschaft Gutes Licht, Postf. 700969, Frankfurt am Main.
- Fördergemeinschaft Gutes Licht: Informationen zur Lichtanwendung. ZVEI, Frankfurt am Main 1975–80
- Frisby, John P.: Sehen. Optische Täuschungen, Gehirnfunktionen, Bildgedächtnis. Heinz Moos, Munich 1983
- Gibson, James J.: Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung. Urban & Schwarzenberg, Munich, Viena, Baltimore 1982
- Gregory, R. L.: Eye and Brain: The Psychology of Seeing. McGraw-Hill, Nueva York 1979
- Gregory, R. L.: Seeing in the Light of Experience. Lighting Research & Technology 1971, vol. 3 n. 4
- Grenald, Raymond: Perception – The Name of the Game. Lighting Design + Application 1986, julio
- Gut, G.: Handbuch der Lichtwerbung. Stuttgart 1974
- Hartmann, Erwin: Optimale Beleuchtung am Arbeitsplatz. Ludwigshafen 1977
- Hartmann, E.; Müller-Limmroth, W.: Stellungnahme zur Verträglichkeit des Leuchtstofflampenlichts. LiTG, Karlsruhe 1981
- Hartmann, E.; Leibig, J.; Roll, K.-F.: Optimale Sehbedingungen am Bildschirmarbeitsplatz I, II, III. Licht 35 1983, 7/8, 9, 10
- Hentschel, Hans-Jürgen: Licht und Beleuchtung. Hüthig, Heidelberg 1987
- Hentschel, H.-J.; Roll, K.-F.: Die Indirektkomponente der Beleuchtung und optimale Leuchtdichteverhältnisse im Innenraum. Licht 36 1984, 6
- Herzberg, Rose: Beleuchtung und Klima im Museum. Institut für Museumswesen, Bd. 14, Berlin 1979
- Hickish, Gerd: Lichtplanung in Kirchen. Licht 1980, diciembre, vol. 32 n. 12
- Hilbert, J. S.; Krochmann, J.: Eine neue konservatorische Bewertung der Beleuchtung in Museen. Institut für Museumskunde, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz, Berlin. Materialien 5, Berlin 1983
- Hochberg, J. E.: Perception. Prentice-Hall, Nueva Jersey 1964
- Hohausen, S.: Architectural and Interior Models. Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1970
- Hopkinson, R. G.: Architectural Physics: Lighting. Her Majesty's Stationery Office, Londres 1963
- Hopkinson, R. G.; Kay, J. D.: The Lighting of Buildings. Faber & Faber, Londres 1972
- Hopkinson, R. G.; Petherbridge, P.; Longmore, J.: Daylighting. Heinemann, Londres 1966
- Hopkins, R. G.: A Code of Lighting Quality, A Note on the Use of Indices of Glare Discomfort in Lighting Codes. Building Research Station, Garston, Inglaterra 1960, abril, nota n. E 999
- IES (Kaufman, John E. ed.): Illuminating Engineering Society Lighting Handbook Reference Volume. IES 1981
- IES, (Kaufman, John E. ed.): Illuminating Engineering Society Lighting Handbook Application Volume. IES 1981
- IES (Kaufman, John E. ed.): Lighting Ready Reference. IES 1985
- Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes NRW: Licht im Hoch- und Städtebau. Dortmund 1979
- Ishii, Motoko: My Universe of Lights. Libro, Tokio 1985
- Ishii, Motoko: Motoko Lights. A Selection. Motoko Ishii International Inc.
- James, William: Psychology. Fawcett, Nueva York 1963
- Jankowski, Wanda: The Best of Lighting Design. PBC International (Hearst), Nueva York 1987
- Jay, P. A.: Light and Lighting. 1967
- Kanisza, Gaetono: Organisation in Vision. Essay on Gestalt Perception. Praeger, Nueva York 1979
- Keller, Max: Handbuch der Bühnenbeleuchtung. Köln 1985
- Kellogg-Smith, Fran; Bertolone, Fred J.: Bringing Interiors to Light. The Principles and Practices of Lighting Design. Whitney Library of Design, Watson-Guptill Publications, Nueva York 1986
- Köhler, Walter: Lichttechnik. Helios, Berlin 1952
- Köhler, Walter; Wassili, Luckhardt: Lichtarchitektur. Berlin 1955
- Krochmann, Jürgen: Zur Frage der Beleuchtung von Museen. Lichttechnik 1978, n. 2
- Krochmann, J.; Kirschbaum C. F.: Gerät zur Ermittlung der ergonomisch notwendigen Beleuchtung am Arbeitsplatz. Forschungsbericht n. 355. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1983
- Lam, William M. C.: Perception and Lighting as Formgivers for Architecture. McGraw Hill, Nueva York 1977
- Lam, William M. C.: Sunlighting as Formgiver for Architecture. Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1986
- Lam, William M. C.; Beitz, Albert; Hallenbeck, G. H.: An Approach to the Design of the Luminous Environment. MIT, Boston 1976
- Lamb, C.: Die Wies, das Meisterwerk von Dominikus Zimmermann. Berlin 1937
- Lemons, T. M.; MacLeod, R. B. Jr.: Scale Models Used in Lighting Systems Design and Evaluation. Lighting Design + Application 1972, febrero

- LiTG: Beleuchtung in Verbindung mit Klima und Schalltechnik. Karlsruhe 1980
- LiTG: Projektierung von Beleuchtungsanlagen für Innenräume. Berlin 1988
- McCandless, Stanley: A Method of Lighting the Stage. Theatre Arts Books, Nueva York 1973
- Metcalf, Keyes D.: Library Lighting. Associates of Research Libraries, Washington DC 1970
- Metzger, Wolfgang: Gesetze des Sehens. Waldemar Kramer, Frankfurt am Main 1975
- Moon, Parry; Eberle Spencer, Domina: Lighting Design. Addison-Wesley, Cambridge, Massachusetts 1948
- Moore, Fuller: Concepts and Practice of Architectural Daylighting. Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1985
- Murdoch, Joseph B.: Illuminating Engineering. Macmillan, Nueva York 1985
- Ne'eman, E.; Isaacs, R. L.; Collins, J. B.: The Lighting of Compact Plan Hospitals. Transactions of the Illuminating Engineering Society 1966, vol. 31 n. 2
- Nuckolls, James L.: Interior Lighting for Environmental Designers. John Wiley & Sons, Nueva York 1976
- Olgay, V.; Olgay, A.: Solar Control and Shading Devices. Princeton University Press, Princeton 1963
- O'Dea, W. T.: The Social History of Lighting. Routledge and Kegan Paul, Londres 1958
- Pelbrow, Richard: Stage Lighting. Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1970
- Philips: Lighting Manual. 3rd Edition. Philips, Eindhoven 1981
- Philips: Correspondence Course Lighting Application. Bisher 12 Hefte. Philips, Eindhoven 1984 f.
- Plummer, Henry: Poetics of Light. Architecture and Urbanism 1987, diciembre, vol. 12
- Pritchard, D. C.: Lighting. Longman, Londres 1978
- Rebske, Ernst: Lampen, Laternen, Leuchten. Eine Historie der Beleuchtung. Franck, Stuttgart 1962
- Reeb, O.: Grundlagen der Photometrie. G. Braun, Karlsruhe 1962
- Riege, Joachim: Handbuch der lichttechnischen Literatur. TU, Institut für Lichttechnik, Berlin 1967
- Ritter, Manfred (Einf.): Wahrnehmung und visuelles System. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1986
- Robbins, Claude L.: Daylighting. Design and Analysis. Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1986
- Rock, Irvin: Wahrnehmung. Vom visuellen Reiz zum Sehen und Erkennen. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1985
- Rodman, H. E.: Models in Architectural Education and Practice. Lighting Design + Application 1973, junio
- SLG; LTAG; LiTG: Handbuch für Beleuchtung. W. Giradet, Essen 1975
- Santen, Christa van; Hansen, A. J.: Licht in de Architectuur – een beschouwing vor dag- en kunstlicht. de Bussy, Amsterdam 1985
- Santen, Christa van; Hansen A. J.: Zichtbarmaaken van schaduwpatroonen. Visuelle communicatie in het bouwproces. Faculteit der bouwkunde, Delft 1989
- Schivelbusch, Wolfgang: Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jhd. Hanser, Munich 1983
- Schober, H.: Das Sehen. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1970 Bd. I, 1964 Bd. II
- Schober, H; Rentschler, I.: Das Bild als Schein der Wirklichkeit. Optische Täuschungen in Wissenschaft und Kunst. Moos, Munich 1972
- Sewig, Rudolf: Handbuch der Lichttechnik. Würzburg 1938, vol. 2
- Sieverts, E.: Bürohaus- und Verwaltungsbau. W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz 1980
- Sieverts, E.: Beleuchtung und Raumgestaltung. In: Beleuchtung am Arbeitsplatz, BAU Tb49. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 1988
- Söllner, G.: Ein einfaches System zur Blendungsbewertung. Lichttechnik 1965, n. 17
- Sorcar, Parfulla C.: Rapid Lighting Design and Cost Estimating. McGraw-Hill, Nueva York 1979
- Sorcar, Praefulla C.: Energy Saving Light Systems. Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1982
- Spieser, Robert: Handbuch für Beleuchtung. Zentrale für Lichtwirtschaft, Zurich 1950
- Steffy, Gary: Lighting for Architecture and People. Lighting Design + Application 1986, julio
- Sturm, C. H.: Vorschaltgeräte und Schaltungen für Niederspannungs-Entladungslampen. BBC, Mannheim, Essen
- Taylor, J.: Model Building for Architects and Engineers. McGraw-Hill, Nueva York 1971
- Teichmüller, Joachim: Moderne Lichttechnik in Wissenschaft und Praxis. Union, Berlin 1928
- Teichmüller, Joachim: Lichtarchitektur. Licht und Lampe, Union 1927, 13, 14
- Twarowski, Mieczyslaw: Sonne und Architektur. Callwey, Munich 1962
- Wahl, Karl: Lichttechnik. Fachbuchverlag, Leipzig 1954
- Waldram, J. M.: The Lighting of Gloucester Cathedral by the „Designed Appearance“ Method. Transactions of the Illuminating Engineering Society 1959, vol. 24 n. 2
- Waldram, J. M.: A Review of Lighting Progress. Lighting Research & Technology 1972, vol. 4 n. 3
- Walsh, J. W. T.: Photometry. Dover Publications Inc., Nueva York 1965
- Weigel, R.: Grundzüge der Lichttechnik. Giradet, Essen 1952
- Weis, B.: Notbeleuchtung. Pflaum, Munich 1985
- Welter, Hans: Sportstättenbeleuchtung, Empfehlungen für die Projektierung und Messung der Beleuchtung. Lichttechnik 1974, marzo, vol. 26 n. 3
- Wilson, Forrest: How we create. Lighting Design + Application 1987, febrero
- Yonemura, G. T.: Criteria for Recommending Lighting Levels. U.S. National Bureau of Standards 1981, marzo 81-2231
- Yonemura, G. T.; Kohayakawa, Y.: A New Look at the Research Basis for Lighting Level Recommendations. US Government Printing Office, NBS Building Science Series 82, Washington, DC 1976
- Zekowski, Gerry: Wie man die Augen eines Designers erwirbt. Internationale Licht-rundschau 1983, 3
- Zekowski, Gerry: Why I am an Perceptionist. Lighting Design + Application 1987, agosto

- Zekowski, Gerry: How to Grab a Footcandle. *Lighting Design + Application* 1986, junio
- Zekowski, Gerry: Beleuchtung – Kunst und Wissenschaft. *Internationale Lichttrundschau* 1982, 1
- Zekowski, Gerry: The Art of Lighting is a Science/The Science of Lighting is an Art. *Lighting Design + Application* 1981, marzo
- Zekowski, Gerry: Undeification of the Calculation. *Lighting Design + Application* 1984, febrero
- Zieseniß, Carl Heinz: Beleuchtungstechnik für den Elektrofachmann. Hüthig, Heidelberg 1985
- Zijl, H.: Leitfaden der Lichttechnik. Philips Technische Bibliothek Reihe B, Bd. 10, Eindhoven 1955
- Zimmer, R. (Hrsg.): Technik Wörterbuch Lichttechnik (8-spr.). VEB Verlag Technik, Berlin 1977
- Otros artículos y normativas
- A Special Issue on Hotel Lighting. *International Lighting Review* 1963, vol.14 n. 6
- A Special Issue on Museum and Art Gallery Lighting. *International Lighting Review* 1964, vol. 15 n. 5–6
- A Special Issue on Shop and Display Lighting. *International Lighting Review* 1969, vol. 20 n. 2
- Arbeitsstättenrichtlinien ASR 7/3, (6/79)
- Besseres Licht im Büro. *Licht* 1985, febrero, vol. 37 n. 1
- DIN 5034 1ª parte (2/83), Tageslicht in Innenräumen, Allgemeine Anforderungen
- DIN 5035 1ª parte (6/90), Beleuchtung mit künstlichem Licht; Begriffe und allgemeine Anforderungen
- DIN 5035 2ª parte (9/90), Beleuchtung mit künstlichem Licht; Richtwerte für Arbeitsstätten in Innenräumen und im Freien
- DIN 5035 7ª parte (9/88), Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht; Spezielle Empfehlungen für die Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen und mit Arbeitsplätzen mit Bildschirmunterstützung
- DIN 66234 7ª parte (12/84), Bildschirmarbeitsplätze, Ergonomische Gestaltung des Arbeitsraums; Beleuchtung und Anordnung
- Lichtarchitektur. *Daidalos* 1988, marzo, 27
- Lighting Technology Terminology. *BS 4727*, 1972
- Lighting Up the CRT Screen – Problems and Solutions. *Lighting Design + Application* 1984, febrero

# Ilustraciones cedidas

- Archiv für Kunst und Geschichte  
17 Alumbado de escaparate con luz de gas
- CAT Software GmbH  
165 Distribución de iluminancias  
165 Distribución espacial de luminancias
- Daidalos 27. Lichtarchitektur. marzo 1988  
23 Wassili Luckhardt: Cristal sobre la esfera  
23 Fábrica de Tabaco Van Nelle, Rotterdam
- Deutsches Museum, Munich  
20 Lámparas Goebel
- ERCO  
24 Luz para ver  
25 Luz para mirar  
25 Luz para contemplar
- Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen ILS (Hrsg.): Licht im Hoch- und Städtebau. Band 3.021. S. 17. Dortmund 1980  
13 Influencia de la luz en la configuración del sur y del norte
- Addison Kelly  
116 Richard Kelly
- William M. C. Lam: Sunlighting as Formgiver for Architecture. Nueva York (Van Nostrand Reinhold) 1986  
117 William Lam
- Osram Fotoarchiv  
20 Heinrich Goebel
- Correspondence Course Lighting Application. vol. 2. History of Light and Lighting. Eindhoven 1984  
13 Candil de latón  
15 Christiaan Huygens  
15 Isaac Newton  
17 Carl Auer v. Welsbach  
18 Bujía Jablochhoff  
20 Joseph Wilson Swan  
20 Thomas Alva Edison  
21 Foyer con lámparas Moore  
23 Joachim Teichmüller
- Henry Plummer: Poetics of Light. In: Architecture and Urbanism. 12. 1987  
12 Arquitectura de luz solar
- Michael Raeburn (Hrsg.): Baukunst des Abendlandes. Eine kulturhistorische Dokumentation über 2500 Jahre Architektur. Stuttgart 1982  
12 Arquitectura de luz diurna
- Ernst Rebske: Lampen, Laternen, Leuchten. Eine Historie der Beleuchtung. Stuttgart (Franck) 1962  
16 Balizamiento luminoso de faro con lentes Fresnel y quemador Argand  
17 Luz de calcio de Drummond  
19 Lámpara de arco Siemens de 1868  
20 Lámpara de Swan
- Wolfgang Schivelbusch: Lichtblicke. Zur Geschichte der künstlichen Helligkeit im 19. Jhd. Munich (Hanser) 1983  
18 Luz de arco en la Place de la Concorde  
22 Torre de luz americana
- Trilux: Lichter und Leuchter. Entwicklungsgeschichte eines alten Kulturgutes. Arnberg 1987  
14 Lámparas y quemadores de la segunda mitad del siglo XIX  
15 Lámpara de petróleo con quemador Argand  
16 Lentes Fresnel y quemador Argand  
17 Manguito de incandescencia según Auer v. Welsbach  
18 Lámpara de arco de Hugo Bremer  
20 Lámparas Edison  
21 Lámpara de descarga de vapor de mercurio de Cooper-Hewitt
- Ullstein Bilderdienst  
16 Augustin Jean Fresnel  
Sigrid Wechsler-Kümmel: Schöne Lampen, Leuchter und Laternen. Heidelberg, Munich 1962  
13 Lámpara de aceite griega

# Registro

Aberración cromática 43, 57  
 Aberración esférica 28  
 Aberración 28, 57  
 Absorción 86  
 Acomodación 79  
 Adaptación cromática 84  
 Adaptación 13, 38, 84  
 Agudeza visual 37, 56  
 Ángulo Cut-Off 94, 99  
 Ángulo de apantallamiento 89, 94  
 Ángulo de irradiación 41, 47, 77, 85, 91, 92, 98, 102  
 Anodización 88  
 Arrancador/cebador 54, 55, 65, 67  
 Ayuda de encendido 54, 59, 71, 72

BAP 99, 105  
 Bastoncillo 37  
 Blanco cálido 49, 54, 60, 128  
 Blanco neutro 54, 60, 128  
 Brillo 47, 54, 78, 79, 97, 114, 116, 126, 127

Campo directo 114  
 Campo periférico 79, 112, 114, 136  
 Candela, cd 41, 74, 77, 99  
 Característica Batwing 89, 98  
 Cebador (arrancador) 58, 59, 61, 65–67  
 CIE 83  
 Color de luz 18, 33, 45, 49, 53, 58, 59, 71, 73, 78, 83, 84, 88, 110, 119, 122, 126–128, 143, 144, 150, 169  
 Compensación 67, 71  
 Conducción de luz 85, 86, 90, 92, 98, 127  
 Conductor de luz 105  
 Conexión capacitiva 67  
 Conexión dúo 67  
 Conexión inductiva 65–67, 71, 72  
 Conexión tándem 67  
 Confort visual 87, 105, 138  
 Cono 37  
 Constancia 31  
 Contraste 39, 73, 79, 144  
 Control de fase 71  
 Convergencia 79

Deslumbramiento perturbador 79  
 Deslumbramiento directo 79–81, 98, 111, 137, 141, 143  
 Deslumbramiento fisiológico 79  
 Deslumbramiento por reflexión 79–81, 98, 105, 111, 119, 138, 143, 147  
 Deslumbramiento psicológico 79  
 Deslumbramiento relativo 79  
 Deslumbramiento 12, 22, 39, 74, 79, 80, 89, 90, 99, 104, 114, 143  
 Diagrama isoluminancia 158  
 Diagrama isolux 158, 160  
 Dimmer 71, 73  
 Distribución de la intensidad luminosa 41

Efecto estroboscópico 65, 67  
 Eficacia luminosa 18, 21, 22, 40, 47, 49, 52, 54–56, 58–60, 65, 128, 130, 132, 157  
 Equipo de estabilización 50, 65, 67, 85, 126  
 Espectro de rayas 52  
 Estereorradián 41  
 Exigencias arquitectónicas 74, 119, 122  
 Exigencias funcionales 112, 117, 118  
 Exigencias psicológicas 74, 117, 118, 122  
 Exposición luminosa 24, 42

Factor de luz diurna 167  
 Factor de mantenimiento 157, 169  
 Factor de potencia 67  
 Filtro de interferencia 88, 92  
 Filtro 53, 65, 86, 88, 92, 130  
 Fisiología perceptiva 22, 37, 113

Flujo luminoso 40, 105, 128  
 Fluorescencia 53  
 Fóvea 37  
 Fuente de luz puntual 52, 91, 116

Gobo 73, 92, 102, 144

Iluminación acentuada 52, 123, 126, 136  
 Iluminación del puesto de trabajo 22, 75, 78, 80, 110, 111, 114, 128, 136, 138, 143  
 Iluminación general 13, 22, 24, 78, 99, 101, 102, 104, 127, 136–139, 141  
 Iluminancia puntual 155, 158  
 Iluminancia 15, 22–24, 31, 37, 39, 42, 71, 73–78, 84, 110, 112, 113, 115, 116, 119, 126, 128, 130, 138, 150, 154, 155, 157, 158, 168, 169  
 Índice de local 157  
 Intensidad luminosa 21, 37, 102, 119, 128  
 Interferencia 87

Lámpara de descarga 21, 25, 43, 52, 53, 55, 60, 65, 67, 68, 72, 83, 90, 101, 127, 128, 130, 143  
 Lámpara de halógenos metálicos 43, 59, 103, 105, 127, 128, 130  
 Lámpara de luz mezcla 58, 59, 65  
 Lámpara de vapor de mercurio de alta presión 57, 127, 128, 130  
 Lámpara de vapor de sodio de baja presión 56, 57, 66, 128  
 Lámpara estándar 128  
 Lámpara fluorescente compacta 25, 54, 55, 66, 72, 97, 102  
 Lámpara fluorescente 21, 22, 25, 43, 53–56, 59, 65–67, 71, 72, 89, 92, 96, 97, 101–103, 127, 128, 130, 132, 136, 138  
 Lámpara halógena de bajo voltaje 50, 127, 128, 130  
 Lámpara halógena incandescente 25, 43, 45, 49, 50, 71, 96, 101–104, 127, 128, 130, 169  
 Lámpara incandescente 21, 25, 43, 45, 47, 49, 50, 52–55, 58, 65, 71, 83, 96, 101–104, 127, 128, 130, 138, 157, 158  
 Lámpara reflectora 58–60, 85, 102, 127  
 Lente Fresnel 16, 91, 92, 102  
 Ley fotométrica de distancia 42, 158  
 LiTG 155  
 Lugar de color 83  
 Lumen, lm 40, 41, 130, 158  
 Luminancia 31, 37–39, 75, 76, 79, 80, 99, 112–114, 143, 160  
 Luminaria de retícula 55, 80, 97–100, 104, 135–138, 143, 144, 147, 152, 153, 157  
 Luminaria rectangular 97  
 Luminiscencia 18, 21  
 Lux, lx 37, 74, 75, 84, 111, 114, 157  
 Luz blanca diurna 54, 60, 128  
 Luz de gas incandescente 18  
 Luz de gas 17, 20, 43  
 Luz difusa 13, 52, 76, 85, 87, 88  
 Luz diurna 12, 15, 23, 31, 38, 46, 74, 76, 84, 122, 132, 150, 167, 168  
 Luz dirigida 25, 76–78, 127, 137  
 Luz para contemplar 24, 116  
 Luz para mirar 24, 116  
 Luz para ver 24, 115  
 Luz programada 15, 16, 25, 73, 126, 135, 136, 144, 150  
 Luz solar 12, 13, 23, 31, 32, 37, 43, 76, 78, 89, 122, 150

Método de la curva límite de la luminancia 81  
 Modelación 77, 78, 97, 114, 126, 127, 137, 138, 144  
 Molduras 141

Ojo 12, 24, 28, 29, 37, 38, 43, 57, 75, 79, 83, 84, 112, 114, 115

Percepción de formas 33, 34, 147  
 Plano útil 110, 138, 154, 155, 158, 168  
 Presencia de sombras 78, 110, 154, 158, 168  
 Procedimiento de rendimiento 155, 157, 158

Radiación infrarroja 88, 92, 132, 143  
 Radiador de Planck 83  
 Radiador térmico 43, 45, 84  
 Radicación ultravioleta 44, 53, 54, 56, 87, 88, 92, 102, 132, 143  
 RBP 65  
 RC 65

RE 65, 66  
Reactancia 52, 54–61, 65–68, 71  
Reencendido 54, 56, 58–61, 67  
Reflector acanalado 89  
Reflector Darklight 90, 94  
Reflector de doble foco 95  
Reflector de haz frío 48, 50, 88  
Reflector dicróico 46, 48, 88  
Reflector elíptico 90  
Reflector esférico 90  
Reflector evolvente 90  
Reflector parabólico 89, 90  
Reflector 16, 47, 50, 80, 85, 87, 88, 91, 98, 102, 127, 130, 169  
Reflexión 12, 78, 85, 113, 127, 138  
Refracción de la luz 92, 127  
Refracción 78, 87  
Rejilla prismática 91, 92, 97, 98  
Rendimiento óptico 85, 94, 98, 155, 157, 158, 169  
Rendimiento 40, 87, 130  
Representación en planta del techo 160  
Reproducción cromática 22, 47, 49, 52, 54, 57–60, 83, 84, 111, 119, 126–128, 130  
Reproducción de contraste 81, 154, 158, 168  
Reproducción del techo 160  
Retina 28, 29, 33, 37, 75, 76, 79, 113, 114

Scallop 94, 139  
Simulador de sol 167  
Sistema colorimétrico patrón 83  
Sustancia emisora 52

Tarea visual 22, 24, 39, 73–75, 78, 79, 81, 84, 111, 112, 115, 117–119, 137–139  
Técnica secundaria 105, 136–138  
Temperatura de color 47, 52, 54, 71, 78, 83, 84, 127, 128  
Tipificación de luminaria 143  
Tipo de protección 143  
Transformador 50, 65, 67–69, 71  
Transmisión 85  
Tubo luminoso (neón) 21, 55, 56, 66, 73

Utilancia 155, 157

Visión crepuscular 37  
Visión diurna 37  
Visión escotópica 37  
Visión fotópica 37  
Visión mesópica 37  
Visión nocturna 37

Zonificación 112