

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

CAPÍTULO 4

DISEÑOS Y CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR.

SECCIÓN 410 REQUISITOS GENERALES DEL DISEÑO DE ALUMBRADO INTERIOR.

El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Adicional a lo establecido en el Capítulo 2º, se deben en cuenta la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies del salón, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente.

Para una adecuada iluminación se debe tener una estrecha interacción entre el diseñador de la iluminación y diseñadores y constructores de la edificación.

Los ítems más importantes que el diseñador necesita investigar antes iniciar un diseño de alumbrado interior son los siguientes:

- a) Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- b) Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- c) Las condiciones de reflexión de las superficies
- d) Los niveles de iluminancia e uniformidad requeridas
- e) La disponibilidad de la iluminación natural.
- f) El Control del deslumbramiento.
- g) Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.
- h) Propiedades de las fuentes y luminarias, tales como: :
 - ⇒ El índice de reproducción del color, lo natural que aparecen los objetos bajo la luz.
 - ⇒ La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.
 - ⇒ El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminaria..

410.1 NIVELES DE ILUMINACIÓN O ILUMINANCIAS Y DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS.

a) Niveles de Iluminancia. En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 440.1, adaptados de la norma ISO 8995 "*Principles of visual ergonomics -- The lighting of indoor work systems*". .

El valor medio de iluminancia, relacionado en la citada tabla, debe considerarse como el objetivo de diseño y por lo tanto esta será la referencia para la medición en la recepción de un proyecto de iluminación.

En ningún momento durante la vida útil del proyecto la iluminancia promedio podrá ser superior al valor máximo o inferior al valor mínimo establecido en la Tabla 410.1. En la misma tabla se encuentran los valores máximos permitidos para el deslumbramiento (UGR).

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Talleres de ensamble				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Procesos químicos				
Procesos automáticos	--	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	25	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	19	300	500	750
Industria farmacéutica	22	300	500	750
Inspección	19	500	750	1000
Balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	22	300	500	750
Fábricas de confecciones				
Costura	22	500	750	1000
Inspección	16	750	1000	1500
Prensado	22	300	500	750
Industria eléctrica				
Fabricación de cables	25	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	19	300	500	750
Ensamble de devanados	19	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	19	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	16	1000	1500	2000
Industria alimenticia				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
Fundición				
Pozos de fundición	25	150	200	300
Moldeado basto, elaboración basta de machos	25	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	22	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica				
Zona de hornos	25	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	25	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	19	300	500	750
Pintura y decoración	16	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	19	750	1000	1500
Trabajo en hierro y acero				
Plantas de producción que no requieren intervención manual	-	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	25	200	300	500
Plataformas de control e inspección	22	300	500	750
Industria del cuero				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	22	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	19	750	1000	1500
Taller de mecánica y de ajuste				
Trabajo ocasional	25	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	22	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	22	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	9	1000	1500	2000
Talleres de pintura y casetas de rociado				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fábricas de papel				
Elaboración de papel y cartón	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Inspección y clasificación	22	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	19	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	16	1500	2000	3000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1000
Industria textil				
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	25	200	300	500
Giro, embobinado, enrollamiento peinado, tintura	22	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	22	500	750	1000
Costura, desmonte o inspección	19	750	1000	1500

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Talleres de madera y fábricas de muebles				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1000
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
Centros de atención médica				
<i>Salas</i>				
Iluminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	3	5	10
<i>Salas de examen</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Inspección local	19	750	1000	1500
<i>Terapia intensiva</i>				
Cabecera de la cama	19	30	50	100
Observación	19	200	300	500
Estación de enfermería	19	200	300	500
<i>Salas de operación</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	19	10000	30000	100000
<i>Salas de autopsia</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	--	5000	10000	15000
<i>Consultorios</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Iluminación local	19	500	750	1000
<i>Farmacia y laboratorios</i>				
Iluminación general	19	300	400	750
Iluminación local	19	500	750	1000
Almacenes				
<i>Iluminación general:</i>				
En grandes centros comerciales	19	500	750	1000
Ubicados en cualquier parte	22	300	500	750
Supermercados	19	500	750	1000
Colegios y centros educativos.				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

Tabla 410.1 Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades

Fuente para UGR, Norma UNE EN 12464-1 de 2003.

Nota. Para lugares no contemplados en la citada tabla se deberán aplicar valores establecidos en la norma referenciada o la norma IESNA, para los mismos propósitos. En el evento que el espacio a iluminar no esté dentro de los comprendidos en la tabla o las normas referenciadas, el diseñador, con criterio profesional, podrá escoger de la tabla el que más se asimile a las condiciones del lugar y dejará evidencia del hecho.

b) Distribución de Luminancias. Corresponde a la sensación de claridad de una fuente de luz o un objeto iluminado, por lo tanto una buena distribución de luminancia, ayuda a la agudeza visual, sensibilidad al contraste y eficiencia de las funciones oculares. Por el contrario una inadecuada distribución de luminancias contribuye al deslumbramiento, a la fatiga por contrastes muy altos o a la monotonía por contrastes demasiado bajos.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Para lograr una buena distribución de luminancias es necesario tener en cuenta los valores de reflectancia de las superficies de techos, paredes, pisos y plano de trabajo, sin salirse de los límites considerados en las tablas. 430.2.2 a y 430.2.2b.

410.2 APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL.

Para disminuir el consumo de energías comerciales asociadas al alumbrado, en toda construcción que requiera iluminación para desarrollar cualquier tipo de actividad, se debe utilizar hasta donde sea posible la luz natural proporcionada por la energía radiante del sol, la cual está disponible a lo largo del día en forma directa o a través de la bóveda celeste.

La fuente de luz considerada para el cálculo del aprovechamiento de la luz natural es la bóveda celeste, y en su utilización deben aplicarse los siguientes criterios:

- a. Para el aprovechamiento de la luz natural se debe disponer en lo posible de ventanales y claraboyas que además del acondicionamiento ambiental y la ventilación del local, permiten el contacto visual y físico con el exterior, lo cuál contribuye al bienestar y satisfacción de los usuarios. El diseño de ventanas y aberturas como claraboyas, debe ser tenido en cuenta desde la etapa del diseño de la edificación y no dejar para que sea resuelta exclusivamente por los diseñadores de iluminación.
- b. Se debe evitar la luz directa del sol sobre los planos de trabajo, por su gran intensidad lumínica, que genera contrastes excesivos y causa deslumbramiento.
- c. Se debe aprovechar la luz natural mediante la difusión y reflexión de los rayos solares hacia los interiores, pues de lo contrario los ocupantes de los edificios tienden a eliminar totalmente el ingreso de luz solar y a reemplazarla por iluminación artificial,
- d. En un proyecto de iluminación, se debe conocer el potencial de luz natural, hacer una coordinación entre el alumbrado natural y artificial y, seleccionar el equipamiento para el control de la iluminación artificial y natural.
- e. Se debe tener conocimiento de la disponibilidad de luz exterior, tanto en sus niveles de radiación como en sus periodos de duración, de acuerdo a las horas de los días con cielos despejados, parcialmente despejados y cielos nublados. Para lo cual deben consultar las bases de datos con los registros de luz natural en forma regular de las diferentes regiones del país que tienen diferentes entidades.
- f. En el desarrollo preliminar del diseño de la edificación, cuando sea posible se debe procurar optimizar la orientación de las plantas de la edificación para permitir el acceso de la luz natural a la mayoría de los locales. Igualmente, en una etapa temprana de la construcción se debe considerar el diseño de los elementos que ayuden a captar, dirigir y distribuir la luz natural.
- g. Los diseños de la iluminación de interiores, las ventanas deben cumplir los siguientes objetivos:
 1. Maximizar la transmisión de luz por unidad de área de vidrio en la ventana.
 2. Controlar la penetración de luz directa del sol sobre el plano de trabajo.
 3. Controlar el contraste de claridad dentro del campo visual de los ocupantes, especialmente entre las ventanas y las paredes del local.
 4. Minimizar el efecto de reducción del ingreso de la intensidad luminosa debido al ángulo de incidencia de la luz (efecto de reducción por coseno). Esto significa que ventanales ubicados en la parte alta de los muros producen más iluminación que unos ventanales más bajos, aunque sean de la misma área.
 5. Minimizar el deslumbramiento de velo sobre los planos de trabajo, resultante de la visión directa de la fuente de luz en los ventanales superiores.
 6. Minimizar el calor diurno durante los días soleados, usando aleros o parasoles.

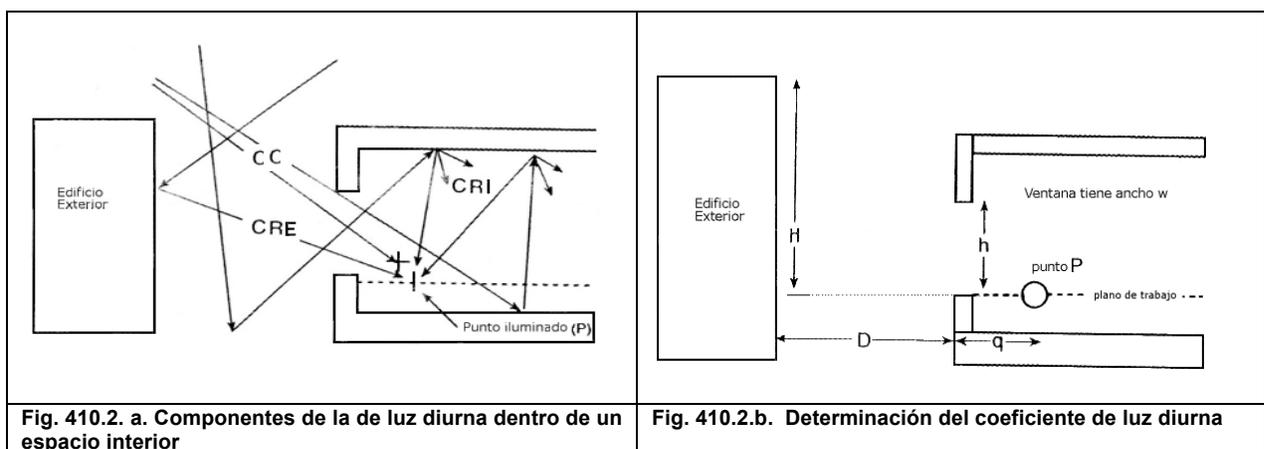
Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Hay tres formas en la que intensidad luminosa producida por la luz día puede alcanzar un punto en un plano horizontal dentro de un espacio interior. (Ver Figura 410.2.1.b.)

- ⇒ La componente del cielo (CC), debido a la luz del día recibida directamente en el punto desde el cielo.
- ⇒ La componente reflejada externamente (CRE), debido a la luz día recibida directamente en el punto de superficies reflectivas externas.
- ⇒ La componente reflejada internamente (CRI) debida a la luz día que alcanza el punto después de una o más reflexiones de superficies interiores.

La intensidad luminosa dentro de un espacio interior, producida por la de luz diurna, es la suma de las tres componentes, $L_{int} = CC + CRE + CRI$, ver figura 410.a. Se descarta la parte de la ventana que se encuentren bajo el plano de trabajo.

La iluminación en un punto P de interés donde esta el plano de trabajo, esta afectada por la altura H por encima del plano de trabajo de edificios exteriores, la distancia D del edificio y el plano de la ventana y el ancho w y altura h por encima del plano de trabajo, como se muestra en la figura 410.2 b.



410.2.1. Coeficiente de luz diurna (CLD) La disponibilidad de luz natural en interiores y su potencial de ahorro de energía debe estimarse mediante el coeficiente de luz diurna promedio (CLD).

El CLD expresa la relación, en porcentaje, entre la **iluminancia promedio interior** (E_{int}) producida por la luz natural a la altura del plano de trabajo y la **iluminancia en el exterior** (E_{ext}) determinada en el mismo instante en un cielo uniformemente nublado y sin obstrucciones, ver figura 410.2.1.

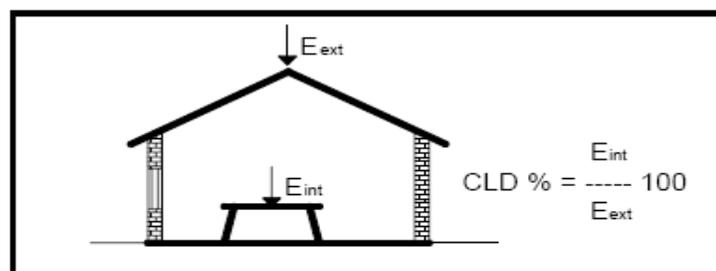


Figura 410.2.1 El coeficiente de luz diurna

La iluminancia promedio interior se medirá conforme a la sección 490 ("Procedimientos para las mediciones fotométricas en iluminación interior). Para la medición de la iluminancia exterior en consideración a la condición definida para su uso en el indicador de CLD, o de alta uniformidad, se requerirán de una medición en un sólo punto.

El coeficiente de luz diurna (CLD) cuantifica los efectos del exterior y del interior en la iluminancia de un espacio interior considerado en una edificación.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

410.2.2 Requisitos para hacer aprovechamiento de la luz natural: Dentro del diseño de una instalación de iluminación se deben seguir los siguientes requisitos.

- a. En la Tabla 410.2.2 a. se establecen los valores medios del CLD para la realización de tareas en función de su dificultad visual en locales de trabajo. Valores que deberán ser aplicados por los diseñadores tanto de iluminación como de los responsables del dimensionamiento y construcción de ventanas, claraboyas y similares

Clasificación de la tarea según su dificultad	CLD promedio %	Ejemplos típicos de aplicación
Reducida	1	Circulación, depósitos de materiales toscos, etc.
Mediana	2	Inspección general, trabajo común de oficina.
Alta	5	Trabajos de costura, dibujo, etc.
Muy alta	10	Montaje e inspección de mecanismos delicados.

Tabla 410.2.2 a. Valores del coeficiente de luz diurna promedio según la dificultad de la tarea

NOTA: Valores adaptados de la Norma Argentina IRAM-AADL J20-02 "Iluminación Natural en Edificios: Condiciones Generales y Requisitos Especiales".

Otras referencias son:

British Standard Institution S.S.C.P.3 – Chapter I –Part I 1964 – Lighting – Daylighting
 Indian Standard Institution S 2440-1963, Code of practice for daylighting of building.
 DIN 5030 – Leitsantza Für Ingesdeleuchung.

La norma IRAM-AADL J20-03 brinda los métodos para proyectar y verificar la cantidad de luz natural que debe darse o sido dada a los diferentes locales de una edificación.

La Tabla 410.2.2 b. indica cómo se debe caracterizar la impresión de claridad y ambientación en un espacio iluminado con luz natural a través de los valores de ese coeficiente.

% CLD sobre un plano horizontal	< 1 Muy bajo	1 - 2 Bajo	2 - 4 Moderado	4 - 7 Medio	7 - 12 Alto	> 12 Muy alto
Sector del local	Zonas alejadas de las ventanas, distantes 3 a 4 veces la altura de las ventanas				Zonas próximas a ventanas o bajo claraboyas	
Impresión de claridad	De oscura a poco clara		De poco clara a clara		De clara a muy clara	
Ambientación	El local parece separado del exterior (dormitorios)			El local se abre hacia el exterior (áreas de Trabajo)		

Tabla 410.2.2 b. Correspondencia entre la impresión visual de claridad y ambientación con el coeficiente de luz diurna CLD medio.

- b. En locales donde el valor del CLD sea superior a 5% y la geometría de ventanas asegure una distribución uniforme del alumbrado, es posible prescindir de la iluminación artificial durante el día; aunque debe disponerse de ella con el nivel adecuado para el uso nocturno del local o cuando no sea suficiente la luz natural.
- c. Se debe cuidar el balance de luminancias de las superficies internas, en especial en la proximidad de ventanas, a fin de prevenir molestias visuales debido a elevados contrastes de claridades con los ventanales o claraboyas.
- d. Se debe estudiar y recomendar la ubicación de los puestos de trabajo para no causar deslumbramiento directo o por reflexión de los ventanales. Se debe evitar ubicarlos enfrentados o de espalda a las ventanas, en especial, cuando se tienen Pantallas de Visualización de Datos (monitores de computador).
- e. En las edificaciones nuevas o remodeladas, se debe diseñar y construir para tener un aprovechamiento de luz natural de forma tal que se disponga de un coeficiente de luz diurna no menor a los valores de la Tabla 410.2.2 c.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

CLD en edificaciones no residenciales		CLD en edificaciones residenciales	
Fábricas	5	Alcobas a $\frac{3}{4}$ del ancho del recinto	0,5
Oficinas	2	Cocina en la mitad del ancho del recinto	2
Salones de Clase	2	Sala en la mitad del ancho del recinto	1
Hospitales	1		

Tabla 410.2.2 c. Valores mínimos de Coeficiente de Luz Diurna (CLD) que deben cumplir las edificaciones

410.2.3 Cálculos del CLD. Debido a la complejidad del sistema de iluminación natural y la etapa en el proceso de diseño donde se llevan a cabo los cálculos, se recomienda hacer utilización de software especializado. El software especializado deberá utilizarse para comparar sistemas alternos de entrega de luz día o considerar los límites de la utilización luz día para varias edificaciones y sistemas bajo una gran variedad de condiciones de iluminación natural.

Dada la velocidad con que pueden ser exploradas las alternativas de diseño y la complejidad que puede ser evaluada, los cálculos de luz día basados en software especializado son herramientas importantes de diseño. Las capacidades para visualización de escenas interiores con combinación de fuentes eléctricas y luz natural están incluidas con muchos software especializados.

Hay básicamente dos enfoques en el software especializados, Transferencia radiactiva y Trazado de rayos de intensidad luminosa. La utilidad de la técnica computacional es usualmente dictada por la naturaleza de la información requerida.

Si el único requerimiento es la iluminancia en un punto, un procedimiento de transferencia radiactiva es usualmente suficiente. La ventaja de esta técnica, es que el software permite visualizar todas las vistas de la local sin cálculos adicionales, facilitando una simulación de caminar a través del espacio. Varios programas disponibles en el mercado utilizan esta técnica

Si se requiere una visualización exacta y realista del espacio, la mejor técnica puede ser la de trazado de rayos de intensidad luminosa. La ventaja radica en que es que más exacta y fácilmente calculados en superficies no difusas y de mayor complejidad geométrica.

Los paquetes de software más exitosos usualmente emplean un híbrido de estos métodos.

410.2.4 Dispositivos para el control de ingreso de luz natural. En la localización de las claraboyas o ventanales en edificaciones, se deberán tener en cuenta que los requerimientos de ventilación y comunicación con el exterior condicionan la cantidad de luz admitida, estos requerimientos son variables con el clima, las horas del día, además del gusto y necesidad de los ocupantes.

Las ventanas deberán contar con dispositivos apropiados para controlar la entrada de luz directa, la ventilación, la sombra, etc. (Figura 410.2.4), el usuario será el responsable de que esa condición se cumpla durante la operación del sistema de iluminación. En el diseño y construcción de la edificación se deben tener en cuenta requerimientos estáticos y dinámicos de la construcción para la instalación de tales dispositivos, los dispositivos de control de la entrada de luz natural pueden ser manuales o automáticos. En la certificación se verificará que se contemplaron en el diseño y construcción pero no la existencia de tales elementos en el momento, ya que el montaje generalmente corresponde al gusto de de quien va a habitar o permanecer en la edificación.

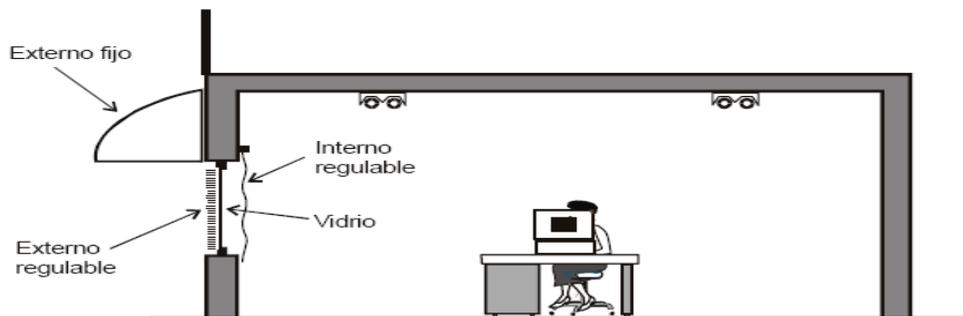


Figura 410.2.4 Ejemplo de dispositivos para controlar el ingreso de la luz natural

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

410.3 CONTROL DEL DESLUMBRAMIENTO.

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado como deslumbramiento molesto o perturbador.

El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el interior del local (deslumbramiento directo), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

En los lugares de trabajo el deslumbramiento perturbador, su principal efecto es reducir la visibilidad de la tarea, perturba la visión y dar lugar a errores y accidentes. El deslumbramiento molesto no reduce la visibilidad pero produce fatiga visual, puede producirse directamente a partir de luminarias brillantes o ventanas.

Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.

Para evitar el deslumbramiento molesto es necesario controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual. Esto conlleva la utilización de persianas o cortinas en las ventanas, así como el empleo de luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las bombillas o lámparas.

El apantallamiento debería efectuarse en todas aquellas bombillas o lámparas que puedan ser vistas, desde cualquier zona de trabajo, bajo un ángulo menor de 45° respecto a la línea de visión horizontal.

El grado de deslumbramiento directo psicológico proveniente de luminarias puede ser valorado mediante el método de tabulación del Índice de Deslumbramiento unificado de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), "Unified Glare Rating" (UGR), Publicación CIE 117 "Discomfort glare in interior lighting- 1995", en el cual se tiene en cuenta la contribución de cada una de las luminarias que forman parte de un determinado sistema de iluminación. El método está basado en la fórmula:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

- L_b es la luminancia de fondo en cd/m^2 , calculada como $E_{\text{ind}} \times \pi^{-1}$, en la que E_{ind} es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador;
- L es la luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador en cd/m^2 ;
- ω es el ángulo sólido (estereorradianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador;
- p es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento de la línea de visión.

Todas las suposiciones hechas en la determinación del UGR deben ser establecidas en la documentación del proyecto. Para efectos de evaluación las posiciones del observador serán principalmente las de los puestos de trabajo que a criterio del diseñador se consideren críticas. El valor de UGR de la instalación no debe exceder del valor dado en la Tabla 410.1 los valores de UGR.

Este índice es una manera de determinar el tipo de luminaria que debe usarse en cada una de las aplicaciones teniendo en cuenta el posible deslumbramiento que puede provocar debido a la óptica y posición de las bombillas.

Para controlar el deslumbramiento se deben tomar las siguientes medidas:

- a) **Apantallamiento contra el deslumbramiento:** Las fuentes luminosas pueden causar deslumbramiento en proporción a su brillo y con ello producir alteraciones en la visión de objetos.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Para evitar el deslumbramiento se deben tomar acciones como el oscurecimiento de ventanas mediante cortinas o el apantallamiento de las fuentes luminosas. Para las fuentes luminosas deben aplicarse los ángulos de apantallamiento mínimos indicados en la tabla 410.3.a:

Luminancia de lámpara kcd/m ²	Anglo de apantallamiento mínimo
20 a menos de 50	15°
50 a menos de 500	20°
Igual o superior a 500	30°

Tabla 410.3.a. Ángulos mínimos de apantallamiento para luminancias de fuentes especificadas.

b) Control de los reflejos. En lo que concierne al control del deslumbramiento provocado por los reflejos, se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

Uso de acabados de aspecto mate en las superficies de trabajo y del entorno.

Situar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente. En general, es recomendable que la iluminación le llegue al trabajador por ambos lados con el fin de evitar también las sombras molestas cuando se trabaja con ambas manos.

Aumentar el área luminosa de las luminarias.

Emplear luminarias con difusores, así como techos y paredes de tonos claros, especialmente cuando la tarea requiera la visualización de objetos pulidos.

410.4 UNIFORMIDAD.

Con el fin de evitar las molestias debidas a los cambios bruscos de luminancia la tarea debe ser iluminada de la forma más uniforme posible. La relación entre el valor del nivel de iluminación existente en el área del puesto donde se realiza la tarea y el alumbrado general no debe ser inferior al establecidos en la Tabla 410.4.

En áreas adyacentes, aunque tengan necesidades de iluminación distintas, debe cumplirse con las relaciones de la tabla 410.4

El área donde se desarrolla la tarea debe ser iluminada de la manera más uniforme posible, así como las áreas circundantes deben ser iluminadas en proporción al nivel dado para el área de la tarea. Los valores a cumplir se consignan en la Tabla 410.4

Iluminancia de tarea (lx)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lx)
Mayor o igual a 750	500
500	300
300	200
Menor o igual a 200	E_{tarea}
Uniformidad ($E_{\text{min}}/E_{\text{prom}}$)	
Mayor o igual a 0,5	Mayor o igual a 0,4

Tabla 410.4 Uniformidades y relación entre iluminancias de áreas circundantes inmediatas al área de tarea

Asimismo, se incluirán los valores del índice de rendimiento de color y las potencias de los conjuntos lámpara más equipo auxiliar utilizados en el cálculo.

En los casos en que se ilumine en forma localizada en uno o varios puestos de trabajo, para complementar la iluminación general, esta última no podrá tener valor menor que el indicado en la Tabla 410.1.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

La distribución de luminancias en el campo visual puede afectar la visibilidad de la tarea e influir en la fatiga del trabajador.

La agudeza visual es máxima cuando la luminosidad de la tarea es similar a la existente en el campo visual del trabajador. Sin embargo, cuando la luminosidad de la tarea es muy diferente a la del entorno se puede producir una reducción de la eficiencia visual y la aparición de fatiga, como consecuencia de la repetida adaptación de los ojos.

El equilibrio de luminancias se puede lograr controlando la reflectancia de las superficies del entorno y los niveles de iluminación; es decir, eligiendo colores más o menos claros para las paredes y otras superficies del entorno y empleando una iluminación general adecuada, de manera que la luminosidad del entorno no sea muy diferente a la existente en el puesto de trabajo

410.5 CONTROL DEL PARPADEO Y EFECTOS ESTROBOSCÓPICOS.

El flujo de luz emitido por todas las bombillas alimentadas con corriente alterna presenta una fluctuación periódica; esta fluctuación es más notoria en las lámparas fluorescentes y de descarga que en las bombillas incandescentes, debido a la inercia térmica que presenta el filamento de estas últimas.

El flujo de luz de todas las bombillas alimentadas con corriente alterna de 60 Hz presenta una fluctuación de 120 Hz; esta fluctuación es demasiado rápida para ser detectada por el ojo y rara vez se perciben parpadeos por esta causa.

El parpadeo distrae y provoca desórdenes fisiológicos, como dolor de cabeza. No obstante, en las lámparas fluorescentes depreciadas se pueden producir parpadeos muy acentuados, lo que exigiría su rápida sustitución.

Los efectos estroboscópicos pueden producir situaciones peligrosas porque la maquinaria que tenga parte girando da la impresión de que las partes rotativas, giran a poca velocidad, están paradas o giran en sentido contrario. Igualmente, el efecto estroboscópico puede resultar molesto cuando aparece en tareas que requieren una atención sostenida.

Los sistemas de iluminación deben diseñarse de forma que se eviten efectos estroboscópicos y de parpadeo. Estos efectos pueden ser eliminados iluminando los elementos giratorios de las máquinas mediante un sistema auxiliar que utilice bombillas incandescentes; también se puede reducir el efecto repartiendo la conexión de las lámparas de descarga (fluorescentes o HID) de cada luminaria a las tres fases de la red. Actualmente la solución más eficaz consiste en alimentar dichas lámparas con balastos electrónicos de alta frecuencia.

410.6 DIRECCIONALIDAD DE LA LUZ.

Para percibir la forma, el relieve y la textura de los objetos debe existir un equilibrio de luz difusa y direccional; lo anterior debido a que una iluminación demasiado difusa reduce los contrastes de luces y sombras, empeorando la percepción de los objetos en sus tres dimensiones, mientras que la iluminación excesivamente direccional produce sombras duras que dificultan la percepción.

Algunos efectos de la luz dirigida también pueden facilitar la percepción de los detalles de una tarea; por ejemplo, una luz dirigida sobre una superficie bajo un ángulo adecuado puede poner de manifiesto su textura. Esto puede ser importante en algunas tareas de control visual de defectos.

410.7 EL COLOR EN LA LUZ.

El ser humano responde a los colores y el color en el ambiente puede influir en su rendimiento, por lo que en los proyectos de iluminación se debe tener en cuenta la apariencia de color de la fuente definida como su temperatura de color (T_c) en Kelvin y su rendimiento de color que es la capacidad de la luz para reproducir con fidelidad los colores de un objeto iluminado por esa fuente de luz y se indica por el Índice R_a .

410.8 CONTROL DEL CALOR PRODUCIDO POR LAS FUENTES LUMINOSAS.

La energía térmica producida por las fuentes lumínicas debe ser tenida en cuenta en los proyectos de

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

iluminación, requiriendo especial cuidado en recintos cerrados, en lugares con presencia de materiales que se descompongan, entren en combustión o exploten debido al aumento de temperatura ocasionado por las fuentes de iluminación.

Los sistemas de iluminación de áreas clasificadas como peligrosas deben atender los lineamientos dados en el RETIE para este tipo de instalaciones especiales.

Las salas o encerramientos donde se instalen lámparas deben tener las dimensiones y formas garanticen la renovación y enfriamiento del aire que circunda la lámpara, en el caso que no se garantice esta condición deberá colocarse lámpara con la menor emisión de calor posibles de tal manera que no se comprometa la seguridad por incendio o explosión o la vida útil de la lámpara.

410.9 MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.

Todo proyecto de iluminación debe considerar un factor de mantenimiento total, que dependerá de los elementos utilizados y el ambiente donde opere.

SECCIÓN 420 REQUISITOS ESPECÍFICOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR.**420.1 ALUMBRADO DE ESPACIOS INTERIORES PARA TRABAJO.**

El diseño del alumbrado para un espacio destinado a realizar algún tipo de trabajo, debe tener como objetivo lograr óptimas condiciones visuales en el plano de trabajo. Una meta secundaria sería la creación de un medio ambiente visual que ejerza una influencia positiva sobre el rendimiento y el bienestar de sus usuarios.

Cuando se realiza un proyecto de iluminación normalmente se establece un nivel de iluminación superior, según el factor de mantenimiento, que dependerá de la fuente de luz elegida, de las luminarias, así como de la posibilidad de ensuciamiento del espacio. Con el tiempo el valor de iluminación inicial va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como de la suciedad acumulada en las luminarias, paredes, techos y suelo. Razón por la cual el diseño debe definir los ciclos de mantenimiento y limpieza para mantener un nivel de iluminación adecuado a la tarea que se realiza en dicho espacio, esto es lo que se llama nivel de iluminación mínimo mantenido.

Por lo anterior, el usuario deberá seguir el plan de mantenimiento y sustituir las bombillas justo antes de alcanzar el nivel mínimo de flujo, de este modo se asegura que las tareas se puedan desarrollar según, las necesidades visuales.

420.1.1 ALUMBRADO DE OFICINAS.

En estos locales las luminarias se disponen normalmente en el techo siguiendo un modelo regular en líneas rectas. Si al realizar el proyecto de iluminación de un edificio completo el emplazamiento de las luminarias debe coincidir con el módulo de las ventanas, se debe hacer el diseño de alumbrado de forma que proporcione el nivel luminoso adecuado a las salas de mayores dimensiones. La misma distribución de luminarias se podrá aplicar al resto de las salas, cualquiera que sean sus dimensiones, siempre y cuando cumplan con los requisitos de nivel de iluminación, uniformidad, deslumbramiento y los de uso racional de energía.

El alumbrado de oficinas puede diseñarse de un modo más esquemático que el de otras instalaciones de alumbrado, dado que, el número de tareas visuales es limitado y bien definido (leer, escribir, dibujar, en monitores de computador, etc.). El plano horizontal de trabajo tiene una altura entre 0,75 y 0,85 por encima del nivel del piso. La altura de techos está entre 2,8 y 3 m.

Los requisitos visuales para el alumbrado de oficinas son los siguientes:

- ⇒ Luminarias de baja luminancia.
- ⇒ Ausencia de reflexiones en la superficie de las mesas de trabajo y paneles brillantes.
- ⇒ Aspecto cromático y rendimiento de color agradables.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Para satisfacer estos requisitos las oficinas podrán usar luminarias empotradas en el techo o adosadas a él, equipadas con lámparas fluorescentes. Las luminarias respecto al control de deslumbramiento podrán estar provistas de rejillas, difusores opales, cubiertas prismáticas o elementos especulares para que la instalación cumpla con los valores de UGR_L establecidos en el presente reglamento.

En las oficinas se podrá hacer uso de alumbrado localizado adicional para conseguir ahorro de energía, ya sea concentrando las luminarias sobre los puestos de trabajo y zonas adyacentes. En tal caso la instalación debe diseñarse para lograr la iluminancia requerida sobre los puestos de trabajo, con menores valores sobre las zonas de circulación y de descanso, siempre respetando los valores de uniformidad mínima y deslumbramiento máximo.

420.1.2 ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, SALAS DE LECTURA Y AUDITORIOS.

La iluminación de aulas de clase, salas de lectura, requiere especial cuidado y una gran responsabilidad por parte de diseñadores y constructores de sistemas de iluminación, una iluminación deficiente en estos lugares puede generar serias afectaciones visuales especialmente a niños y adolescentes, con graves consecuencias en algunos casos por las limitaciones visuales.

a) Iluminación de aulas de clase: El alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero. Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de éstas pueden aplicarse al de escuelas, Figura 420.1.2 a.

Es requisito que el diseño verifique la necesidad de proveer iluminación adicional en el tablero, Figura 420.1.2 b

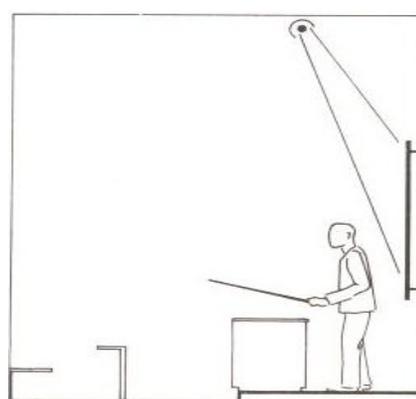
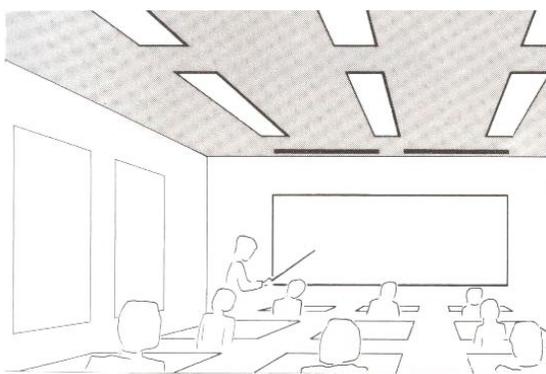


Figura 420.1.2 a. Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas

Figura 420.1.2 b. Alumbrado adicional sobre el tablero.

b) Iluminación de salas de lectura y auditorios. En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- ⇒ Niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura.
- ⇒ Se debe tener especial cuidado en prevenir el deslumbramiento. Ver Figura 420.1.2 c.
- ⇒ Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y dispositivas.
- ⇒ Se debe instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical de 750 luxes.
- ⇒ Se debe contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado y eventualmente controlar el sistema automático de proyección.
- ⇒ En estos recintos se debe contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

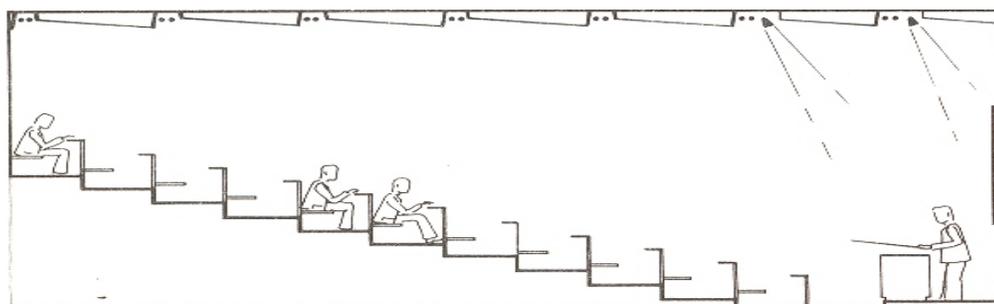


Figura 420.1.2 c. Sala de conferencias iluminada exclusivamente con luz artificial

420.2.3 ALUMBRADO INDUSTRIAL.

El trabajo realizado en la industria cubre una gama de actividades mucho más variada que el de las oficinas y escuelas. Las tareas visuales pueden ser extremadamente pequeñas o muy grandes, oscuras o claras, y abarca formas planas o contorneadas.

Desde el punto de vista de percepción visual, tales tareas se clasifican según su grado de finura. Entre menos crítica sea una tarea menor serán las exigencias de nivel y calidad del alumbrado. A la inversa, cuanto más fino sea el trabajo, mayor debe ser el nivel de iluminancia y la ausencia de deslumbramiento.

El sistema de alumbrado industrial está determinado principalmente por la naturaleza del trabajo a realizar, la forma del espacio que se ilumina y el tipo de estructura del techo.

La mayoría de las aplicaciones industriales utilizan luminarias destinadas a proporcionar una distribución de luz de forma directa o semi-directa.

Las luminarias industriales fluorescentes y HID existen diseños con componentes de iluminación indirecta.

Al diseñar un sistema de iluminación industrial se deben considerar los siguientes factores:

- a. Cuando el alumbrado general no sea suficiente para cumplir los requisitos especiales de una determinada tarea visual, se debe complementar de alguna forma con un alumbrado localizado, ejemplos de esto son:
 - ⇒ Inspección de objetos pequeños o ensamble de partes mecánicas diminutas o de componentes electrónicos. Muchas veces estas tareas pueden simplificarse mediante el uso de un lente de aumento iluminado.
 - ⇒ Verificación de dimensiones. Esto suele hacerse proyectando una imagen muy ampliada del objeto en una pantalla.
 - ⇒ Inspección de partes de una máquina en movimiento. Una bombilla estroboscopia ofrece una solución muy satisfactoria: La frecuencia del destello estroboscópico puede ajustarse de forma que el objeto iluminado parezca estacionario. Esta condición requiere de entrenamiento especial en el puesto de trabajo de forma tal que el operario tenga consciencia del movimiento de la maquina.
 - ⇒ Inspección de ciertos materiales. Objetos fabricados de materiales tales como el vidrio pueden inspeccionarse mejor con luz monocromática. Las bombillas de sodio de baja presión proporcionan este tipo de luz.
- b. Se deben utilizar luminarias con un componente indirecto de luz, normalmente entre el 10 y el 30%, para proporcionar un buen componente de luz en el techo o estructura superior, reduciendo las luminancias entre los campos de acción de las luminarias y el fondo.
- c. La luz hacia arriba (hacia techos) reduce la percepción del deslumbramiento de la luminaria, mitiga el efecto "caverna", efecto de iluminación directa, y crea un ambiente más cómodo y confortable.
- d. La calidad y cantidad de iluminación debe ser la adecuada para los procesos de fabricación implicados, así como los requisitos de seguridad necesarios.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

- e. Se deben usar equipos de iluminación que satisfagan los requisitos de diseño, considerando las características fotométricas, así como los requerimientos mecánicos para cumplir las condiciones de montaje y funcionamiento.
- f. Se debe utilizar equipo seguro, fácil y práctico de mantener. Algunas lámparas como las de halogenuros metálicos pueden ser propensas a los posibles finales de vida con explosión o rotura y sólo deberían utilizarse en luminarias adecuadamente protegidas.
- g. El consumo de energía debe ser el menor posible, por lo que se requiere las fuentes y luminarias de la mayor eficiencia y eficacia posible, haciendo el análisis económico acorde con los requerimientos y características de funcionamiento del sistema de iluminación seleccionadas.
- h. La calidad y cantidad de la iluminación como la seguridad, deben ser debidamente ponderados y abordados en el diseño de la aplicación.
- i. Localización adecuada de las luminarias, las líneas de luminarias se deben instalar perpendiculares a las filas de bancos de trabajo o máquinas (Figura 420.2.3). Esto evita la formación de sombras en la tarea visual y al mismo tiempo reduce la posibilidad de luz reflejada en los ojos de los trabajadores. La disposición alternada de luminarias con difusor y paralelas a las filas de bancos de trabajo dan una mejor impresión de conjunto y produce una mayor sensación de confort. Sin embargo, no siempre se pueden obtener los beneficios de ambas disposiciones al mismo tiempo. Normalmente, las buenas condiciones en el plano de trabajo son más importantes que una impresión de conjunto comfortable.
- j. **Casos especiales de iluminación industrial.** En ciertos procesos de fabricación y en la inspección de algunos artículos la instalación de alumbrado general no satisface las exigencias requeridas. En estos casos se han de encontrar soluciones especiales, de las cuales se dan algunos ejemplos en la Figura 420.2.3. las cuales se aplican a las siguientes situaciones:
- ⇒ Para evitar reflexiones que originan luminancia de velo; la dirección de la luz reflejada no debe coincidir con el ángulo de visión.
 - ⇒ La observación de detalles especulares contra un fondo difuso se facilita si la dirección de la luz reflejada coincide con el ángulo de visión.
 - ⇒ La iluminación rasante hace resaltar irregularidades de la superficie que se examina.
 - ⇒ La luz reflejada desde una fuente de luz de gran superficie facilita la inspección de manchas en una superficie pulimentada.
 - ⇒ La luz difusa de una fuente de gran superficie facilita la composición tipográfica.
 - ⇒ Las irregularidades de un material transparente se descubren mediante la luz difusa que lo atraviesa.
 - ⇒ La iluminación por silueta es muy efectiva en el control de contornos.
 - ⇒ La iluminación direccional es necesaria para poner de relieve la forma y la textura de un objeto.

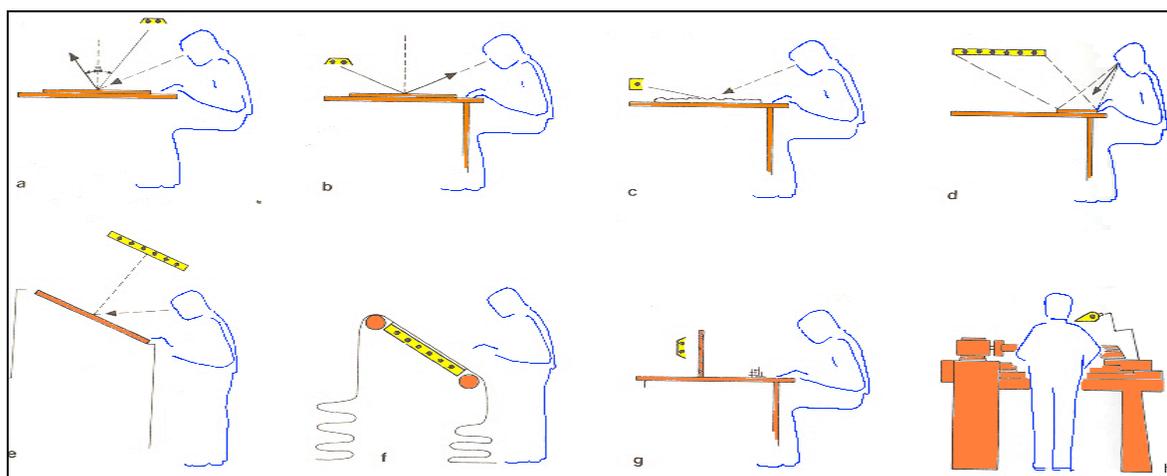


Figura 420.2.3 Ejemplos para colocación de luminarias suplementarias:

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Iluminación de bodegas industriales, las naves industriales de una planta, si son muy grandes, se recomienda utilizar techo en forma de lucernario o en diente de sierra, con el fin de admitir en su interior más luz procedente del exterior. Cualquiera que sea el tipo de trabajo, es necesario añadir luz artificial a la natural ya existente.

Iluminación de naves de una planta de gran altura. En plantas con más de 7 metros de altura, las fuentes de luz deben colocarse también a gran altura, con el fin de mantener las fuentes de luz fuera del campo de acción de las grúas o maquinaria similar. Para esta aplicación se debe usar luminarias con fotometrías optimizadas para grandes alturas o tipo high bay.

420.2.4 ALUMBRADO DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES.

En los locales destinados a la exposición de objetos (tiendas, almacenes y salas de exposición), la meta principal del alumbrado es la de obtener una presentación atractiva, que concentre la atención en sus mejores ventajas, lo que se puede lograr con altos niveles de luminancia. Como alternativa, pueden utilizarse, para obtener el mismo efecto, bombillas con haz de luz concentrada (spots), con luz de tonalidad blanca o de colores, una iluminación especial con movimiento programado y otros dispositivos semejantes.

Aunque básicamente existe una disposición fija de alumbrado general, éste debe ser complementado con un alumbrado direccional utilizable para cualquier disposición de los objetos expuestos.

El alumbrado direccional se debe utilizar únicamente para dirigir la atención hacia las “ofertas especiales” y similares; con este fin se utiliza la instalación de aparatos de proyección o bombillas con haz de luz concentrada (spots).

La direccionalidad de la luz se describe mediante el concepto de “Modelado”. **El modelado** es la capacidad de la luz para revelar la forma tridimensional de un objeto, y se consigue mediante un equilibrio entre la luz difusa y la luz direccional.

Hay que evitar que la iluminación sea excesivamente direccional por que producirá fuertes sombras, ni excesivamente difusa por que se perderá el efecto modelado, dando lugar a un ambiente muy apagado o monótono.

SECCIÓN 430. CÁLCULOS PARA ILUMINACIÓN INTERIOR.

En los cálculos de iluminación interior se deben tener en cuenta los requisitos de **luminancia, la uniformidad y el índice de deslumbramiento**.

El nivel de luminancia de un local se debe expresar en función de la luminancia promedio en el plano de trabajo. Para la aplicación del presente reglamento se deben cumplir los valores de la Tabla 410.1.

Si no se especifica la altura del plano de trabajo (hm), se deberá tomar un plano imaginario a 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie.

La luminancia promedio se calcula mediante la fórmula:

$$E_{prom} = (\Phi_{tot} * CU * FM) / A$$

Donde:

Φ_{tot} = Flujo luminoso total de las bombillas.

A = Área del plano de trabajo en m²

CU = Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.

FM = Factor de mantenimiento.

430.1 MÉTODO DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN (CU).

El coeficiente de utilización de la instalación también se conoce como factor reducido de utilización y es

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

la relación entre el flujo luminoso que cae en el plano de trabajo y el flujo luminoso suministrado por la luminaria. Este coeficiente representa la cantidad de flujo luminoso efectivamente aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies dentro de un local.

El valor del coeficiente de utilización depende de la distribución fotométrica de la luminaria y de las dimensiones y características de reflectancia del local.

En función de las características de diseño para una luminaria con distancia de montaje h_m se tendrá que parte del flujo luminoso emitido por la fuente es absorbido por la misma o por la luminaria y no contribuye al nivel de la iluminación del local. El resto del flujo de la fuente es dirigido hacia arriba y hacia abajo, es decir, por encima y por debajo de un plano horizontal que pasa por el centro de la fuente, ver Figura 430.1 a.

1. Radiación directa hacia el plano de trabajo (W_p)
2. Dirigido hacia las paredes por debajo de la luminaria.
3. Dirigido hacia las paredes por encima de la luminaria.
4. Dirigido hacia el techo.

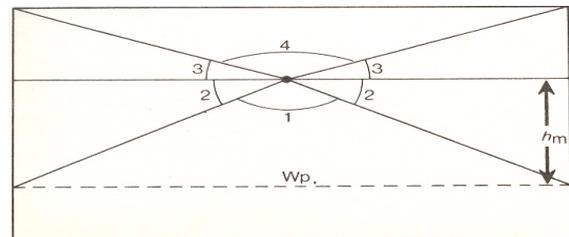
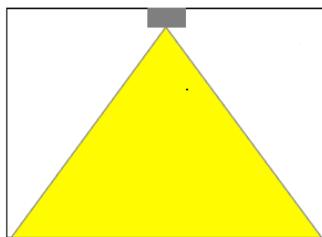


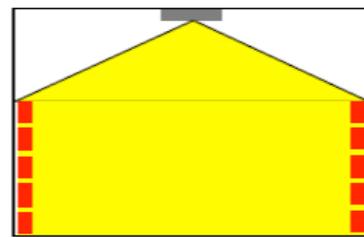
Figura 430.1 a. Distribución del flujo luminoso emitido por las fuentes.

La parte del flujo radiado directamente sobre el plano de trabajo es la que contribuye en mayor cuantía al nivel de iluminancia. Solamente una parte del flujo dirigido hacia el techo y las paredes se convierte en flujo útil en el plano de trabajo, algunas veces después de varias reflexiones.

El coeficiente o factor de utilización (CU) también se puede calcular como el producto de la eficiencia del local (η_R) por la eficiencia de la luminaria (η_L), $CU = \eta_R \eta_L$



Poca absorción de paredes el coeficiente de utilización será alto.



Con gran absorción de paredes: el coeficiente de utilización será bajo

Figura 430 .1 B) Efecto del diseño de la luminaria en del Coeficiente de utilización (CU) para un local dado.

Con el método del factor de utilización se puede determinar la iluminancia media en el plano de trabajo. Para su aplicación se requiere contar con la información del coeficiente de utilización de las luminarias a usar, información que debe ser suministrada por el fabricante en catálogos o fichas técnicas de público conocimiento..

También se requiere conocer las dimensiones geométricas del local a iluminar y las correspondientes al montaje de las luminarias.

El método del factor de utilización puede aplicarse bajo los siguientes supuestos que deben cumplirse, razonablemente, para obtener resultados confiables:

- ⇒ Distribución uniforme de las luminarias
- ⇒ Las superficies del local deben ser difusoras y espectralmente neutras
- ⇒ El flujo incidente sobre cada superficie debe distribuirse uniformemente
- ⇒ El local debe estar libre de obstrucciones de tamaño considerable.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

430.2 MÉTODO DE CAVIDADES ZONALES.

Para un local dado se consideran tres cavidades, las cuales tienen como límites intermedios planos imaginarios situados uno a la altura del plano de trabajo, y otro a la altura de montaje de las luminarias. Las cavidades así delimitadas reciben las denominaciones de cavidad de techo, cavidad del local y cavidad del piso, ver figura 430.2.

El método tiene cuatro pasos básicos:

- Determinar los índices de las cavidades zonales
- Determinar la reflectancia efectiva de las cavidades
- Seleccionar el coeficiente de utilización
- Calcular el nivel promedio de iluminación.

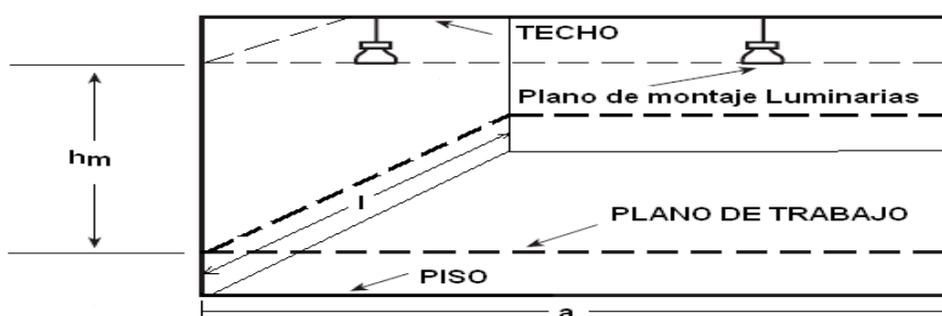


Figura 430.2. Distancias y cavidades para aplicación del método del Coeficiente de local

La iluminancia promedio horizontal - E_{prom} - se calculará entonces para la cavidad del local mediante la siguiente fórmula, aunque por lo general se usa para estimar el número de luminarias a instalar de acuerdo con un nivel de iluminancia requerido:

$$E_{prom} = \frac{N \times n \times \Phi_L \times CU \times FM}{l \times a}$$

Donde:

- N = Número de luminarias en el local.
- n = número de bombillas por luminaria
- Φ_L = flujo luminoso de una Bombilla de la luminaria.
- CU = Coeficiente o Factor de utilización para el plano de trabajo.
- FM = Factor de mantenimiento de la instalación.
- l = longitud del local en metros
- a = ancho del local en metros

Los requisitos sobre la reflectancia (ρ) y el factor de mantenimiento (FM) se dan en los numerales 430.2.2 y 430.5.1, respectivamente.

Las reflexiones de las cavidades de techo y piso son tenidas en cuenta mediante factores de corrección en la aplicación del método.

En este método la uniformidad se asocia con el **criterio de espaciamiento** propio de cada luminaria, el cual se determina en laboratorio junto con la información fotométrica. Tal criterio corresponde con la distancia máxima a respetar en un arreglo cuadrado de luminarias, determinada con base en el comportamiento fotométrico a lo largo de los ejes normales de la luminaria y su diagonal para mantener el nivel de uniformidad. Si este criterio no es suministrado se deberá evaluar la uniformidad mediante el cálculo puntual de niveles de iluminación mediante las curvas isocandela.

430.2.1 ÍNDICES DE LAS CAVIDADES.

Para un espacio rectangular se definen los siguientes índices para cada una de las cavidades en función de sus dimensiones y la altura de montaje de las luminarias:

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

$$\text{Índice de la cavidad de techo} = [5 h_c (l + a)] / (l \times a)$$

$$\text{Índice de la cavidad de local} = [5 h_m (l + a)] / (l \times a)$$

$$\text{Índice de la cavidad de Piso} = 5 h_f (l + a) / (l \times a)$$

Donde:

h_c = Altura de la cavidad del techo

h_m = altura de la cavidad del local

h_f = altura de la cavidad del piso

l = longitud del local

a = ancho de local

430.2.2 REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES ZONALES.

Conocidas las reflectancias de techo, piso y paredes en la tabla siguiente se determinan las reflectancias efectivas para las cavidades de techo (ρ_{cc}) y piso (ρ_{fc}) Mediante el uso de los índices de cavidad de techo y de cavidad de piso. Se determina la reflectancia efectiva (ρ) Nótese que si la luminaria está montada en el techo o el plano de trabajo corresponde con el piso, el índice de cavidad será 0, y por lo tanto la reflectancia corresponderá con la del techo o el piso, respectivamente.

Reflectancia efectiva (ρ) La reflectancia de una superficie se define como la razón entre el flujo luminoso reflejado por la superficie y el flujo que incide sobre ella. Generalmente para las tablas de coeficiente de utilización se utiliza una reflexión de piso del 20% y se parametrizan los correspondientes a techo y paredes.

En un local se tienen tres tipos de reflectancias: del techo, de paredes y del plano de trabajo. Una cuarta reflectancia se da cuando las paredes tienen friso; es por ello que las reflectancias se definen en las tablas por un código de tres o cuatro dígitos, a manera de ejemplo: valores de la forma 7751 representa la reflectancia combinada de techo (0,7), friso (0,7), paredes (0,5) y plano de trabajo (0,1);

751 representa la reflectancia combinada de techo (0,7), paredes (0,5) y plano de trabajo (0,1).

Para maximizar la efectividad de la luz suministrada es conveniente pintar la superficie de las paredes con colores claros, de esta forma se logra una buena reflectancia. Colores claros y brillantes pueden reflejar hasta un 80% de la luz incidente, mientras que colores oscuros pueden llegar a reflejar menos de un 10% de la luz incidente. En la Tabla 430.2.2 a y 430.2.2 b. se muestran valores de reflectancias de techos, pisos y paredes y para algunos colores y texturas.

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50				30			10		
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10
Índice de cavidad																					
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08
1.0	86	80	75	69	74	72	67	67	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04

Tabla 430.2.2 a. Reflectancia efectiva de cavidad de techo y piso para varias combinaciones de reflectancias.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

TONO	COLOR		SUPERFICIES	ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN
Muy claro	Blanco nuevo	88		Cantera clara 18
	Blanco viejo	76		Cemento 27
	Azul verde	76	Maple 43	Concreto 40
	Crema	81	Nogal 16	Mármol blanco 45
	Azul	65	Caoba 12	Vegetación 25
	Miel	76	Pino 48	Asfalto limpio 7
	Gris	83	Madera clara 30-50	Adoquín de roca 17
Claro	Azul verde	72	Madera oscura 10-25	Grava 13
	Crema	79	ACABADOS METÁLICOS	Ladrillo claro 30-50
	Azul	55		Ladrillo oscuro 15-25
	Miel	70		
	Gris	73		
Mediano	Azul verde	54	Blanco polarizado 70-85	
	Amarillo	65	Aluminio pulido 75	
	Miel	63	Aluminio mate 75	
	Gris	61	Aluminio claro 59-79	
Oscuro	Azul	8		
	Amarillo	50		
	Café	10		
	Gris	25		
	Verde	7		
	Negro	3		

Tabla 430.2.2 b. Valores de Reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas

430.2.3 USO DE TABLAS FOTOMÉTRICAS DE COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN –CU–.

El coeficiente de utilización CU se determina con base en las tablas suministradas por los fabricantes, relacionadas con la información fotométrica de cada tipo de luminaria. Las tablas de **CU** están parametrizadas en función del índice de local (k^{34}) y de los índices de reflectancias efectivas para las cavidades de techo (ρ_{cc}) y piso (ρ_{fc}), así como de la reflectancia de las paredes ρ_w .

Luego, una vez determinado el índice de local k y las reflectancias efectivas para las cavidades del techo (ρ_{cc}) y del piso (ρ_{fc}), el factor de utilización o coeficiente de utilización (CU) se obtiene, por extrapolación, de los datos de la tabla de CU correspondiente a cada luminaria.

Normalmente como las tablas de coeficiente de utilización se construyen para una reflectancia efectiva del piso del 20% se deberá efectuar una corrección si el valor es distinto. Para el efecto se aplicará la tabla 430.2.3. Un ejemplo de una tabla de factor de utilización se observa en la Figura 430.2.3.

Reflectancia de piso [%] = 20												
Reflectancia techo	80				70				50			
Reflectancia paredes [%]	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10
Índice de local	Coeficientes de Utilización											
1	0.90	0.86	0.83	0.80	0.88	0.85	0.81	0.78	0.81	0.78	0.75	0.77
2	0.82	0.75	0.69	0.64	0.80	0.73	0.68	0.64	0.70	0.66	0.62	0.67
3	0.74	0.66	0.57	0.52	0.72	0.64	0.58	0.52	0.61	0.56	0.52	0.59
4	0.68	0.58	0.50	0.45	0.66	0.56	0.50	0.44	0.54	0.48	0.43	0.52
5	0.62	0.50	0.42	0.37	0.59	0.49	0.42	0.37	0.48	0.41	0.36	0.46
6	0.57	0.44	0.38	0.32	0.55	0.44	0.37	0.31	0.42	0.36	0.31	0.41
7	0.52	0.40	0.33	0.27	0.50	0.39	0.32	0.27	0.38	0.31	0.26	0.36
8	0.48	0.36	0.28	0.23	0.46	0.35	0.28	0.23	0.34	0.28	0.23	0.33
9	0.44	0.32	0.25	0.20	0.42	0.31	0.25	0.20	0.30	0.24	0.20	0.29

³⁴ También conocido como RCR (Room Cavity Ratio) en el Método de Cavidad Zonal de la IESNA.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

	0.29	0.22	0.18	0.39	0.28	0.22	0.18	0.28	0.21	0.17	0.26	0.21
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Figura 430.2.3 a. Ejemplo de una Tabla de Factores de Utilización, suministrada por el fabricante de la luminaria

Reflectancia efectiva cavidad del techo ρ_{cc} (%)	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Para 10% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)																	
Indice del local																	
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002
Para 30% de reflectancia efectiva de la cavidad del piso (20% : 1,00)																	
Indice del local																	
1	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.989	0.991	0.993
2	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.996
4	0.944	0.958	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.972	0.980	0.986	0.980	0.986	0.991	0.987	0.992	0.996
5	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.975	0.983	0.989	0.981	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.996	0.987	0.993	0.998
8	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.988	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9	0.963	0.978	0.987	0.994	0.965	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.985	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10	0.965	0.980	0.985	0.990	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999

Tabla 430.2.3 b. Factores de Corrección cuando la Reflectancia efectiva de Piso difiere del 20%

430.2.4 LAS CURVAS ISO K.

Otra forma para obtener el coeficiente de utilización (CU) es utilizando las curvas ISO K (isocoficiente de utilización) de la luminaria seleccionada.

El procedimiento para utilizar la curva ISO K es similar al descrito para el uso de las curvas isolux. Se dibuja el área del local que se desea iluminar a la escala en que está la curva ISO K dividido por la altura de montaje respecto al plano de trabajo, para el caso de la curva ISO K de la Figura 430.2.4, la escala es 1 m = 40 mm/hm

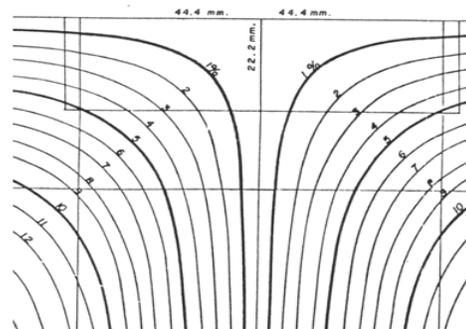


Figura 430.2.4 Curva ISO K de una luminaria simétrica para uso industrial

Las curvas ISO K deben ser obtenidas en un laboratorio fotométrico, utilizando paredes y techos completamente negros, es decir con factores de reflexión de cero %.

430.3 NÚMERO DE LUMINARIAS NECESARIAS PARA PRODUCIR UNA ILUMINANCIA REQUERIDA.

El flujo luminoso total necesario para producir una iluminancia promedio requerida se calcula así:

$$\Phi_{tot} = (E_{prom} \times A) / (CU \times F_M)$$

Donde:

- Φ_{tot} Flujo luminoso total.
- E_{prom} Iluminancia promedio requerida.
- A Área en m²
- CU Coeficiente de utilización.
- F_M Factor de mantenimiento.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

El número de luminarias (N) necesario es por consiguiente:

$$N = (\Phi_{\text{tot}}) / (n \times \Phi_l)$$

Donde:

- Φ_l flujo luminoso de una bombilla.
n número de bombillas por luminaria.

430.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LUMINARIAS, BALASTOS Y FUENTES.

El diseñador del alumbrado interior debe tener en cuenta todos los parámetros técnicos de las fuentes, luminarias y balastos, los cuales no pueden ser inferiores a los valores establecidos en el presente reglamento, y aplicarlos y especificarlos en el diseño de la iluminación.

430.5 MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN INTERIOR.

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación, se deberá elaborar en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras las siguientes acciones:

- Reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazo.
- La limpieza de luminarias y de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria.

En la Figura 430.5 se muestra un esquema de mantenimiento para una instalación de alumbrado interior

La curva A indica la reducción de la iluminancia si solo actuara la depreciación de la bombilla (DLB).

La curva C la variación real de los niveles de iluminancia como resultado del mantenimiento

Cuando se efectúa limpieza de luminarias únicamente (por ejemplo al final de los años 1 y 2) no se restablece el nivel de iluminancia hasta el nivel dado por la curva A, ya que actúa también la depreciación del local (curva B)

Hay que resaltar, como se puede ver en la Figura 430.5 que con el mantenimiento nunca se restablecen las condiciones iniciales, por cuanto hay factores que son no controlables

Aspectos como la depreciación de la luminaria debido al envejecimiento y a la degradación de sus materiales, que producen un aumento de la opacidad y/o reducción de reflectividad en los materiales del conjunto óptico de la luminaria como consecuencia de la radiación ultravioleta de las fuentes luminosas, no permiten volver a las condiciones iniciales.

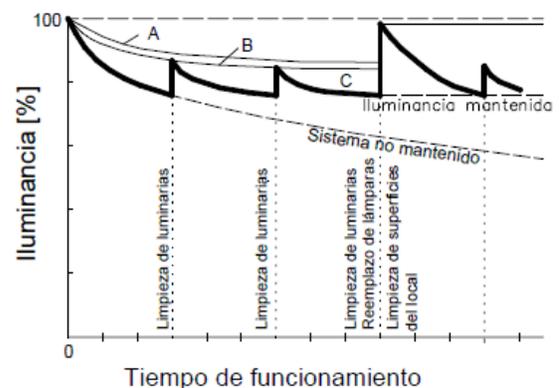


Figura 430.5 Esquema de mantenimiento de una instalación de alumbrado interior

430.5.1 FACTOR DE MANTENIMIENTO.

Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva.

Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento.

El Factor de Mantenimiento (F_M) desde el punto de vista de diseño de iluminación de la instalación, se puede considerar como el sobre dimensionamiento que se debe considerar en los valores iniciales de iluminancia horizontal de la edificación, para poder cumplir con los valores de iluminancia promedio horizontal mínimo mantenidos durante su funcionamiento.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

El factor de mantenimiento está dado por la formula:

$$FM = FE \times DLB \times Fb$$

En donde:

- F_M** Factor de mantenimiento de la instalación
- F_E** Depreciación de la luminaria por ensuciamiento
- DLB** Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla
- F_b** Factor de balasto

Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria (fe). Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies del local, unido a la disminución de flujo luminoso que experimentan las bombillas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas, descienda sensiblemente.

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

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

Con el fin de garantizar una iluminación adecuada, se deben aplicar los siguientes criterios de mantenimiento.

- a. En locales con alto grado de contaminación se debe utilizar luminarias herméticas.
- b. Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas.
- c. La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas pequeñas y de alumbrados indirectos.
- d. Las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras. Si incorporan difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y están envejecidos por el uso, deberán ser sustituidos.
- e. La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, permite mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de un local. Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las bombillas.

Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla (DLB). En el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de iluminación, se debe utilizar la información que el fabricante suministre sobre las características de las posibles bombillas a utilizar y las condiciones inherentes al comportamiento descrito por las mismas.

SECCIÓN 440 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.**440.1 VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN. – VEEI-**

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se evaluará mediante el indicador denominado **Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI** expresado en (W/m²) por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión:

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_{prom}}$$

Donde:

P	Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W]
S	Superficie iluminada [m ²]
E _{prom}	Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

En la Tabla 440.1, se indican los Valores Límite de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) que deben cumplir los recintos interiores de las edificaciones; criterio adaptado de la norma UNE 12464-1 de 2003. Los valores de VEEI se establecen en dos grupos de zonas en función de la importancia que tiene.

Zonas de baja importancia lumínica. Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.

Zonas de alta importancia lumínica o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son relevantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Estos valores incluyen la iluminación general y el alumbrado direccional, pero no las instalaciones de iluminación de vitrinas y zonas de exposición. iluminación, estas son:

Grupo	Actividades de la zona	Límites de VEEI
a Zonas de baja importancia lumínica	Administrativa en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
Zonas deportivas (5)	5	
b Zonas De alta importancia lumínica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
Habitaciones de hoteles, etc.	12	

Tabla 440.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación (VEEI)

NOTAS:

- (1) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recepción, vestíbulos, pasillos, escaleras, espacios de tránsito de personas, aseos públicos, etc.
- (2) Incluye la instalación de iluminación de aulas y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas con monitores de computador, música, laboratorios de idiomas, aulas de dibujo técnico, aulas de prácticas y laboratorios, manualidades, talleres de enseñanza y aulas de arte, aulas de preparación y talleres, aulas comunes de estudio

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

y aulas de reunión, aulas clases nocturnas y educación de adultos, salas de lectura, guarderías, salas de juegos de guarderías y sala de manualidades.

- (3) Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, formada por iluminación general, iluminación de lectura e iluminación para exámenes simples.
- (4) Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escáner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad puedan considerarse como salas especiales.
- (5) Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderías de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento y competición, pero no se incluye las instalaciones de iluminación necesarias para las transmisiones de televisión. Las graderías son asimilables a zonas comunes del grupo 1
- (6) Espacios destinados al tránsito de viajeros como recepción de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas de recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de ventanillas de taquillas, facturación e información, áreas de espera, salas de consigna, etc.
- (7) Incluye la instalación de iluminación general y direccionada. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc. se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.
- (8) Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público como mostrador, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.
- (9) Incluye la instalación de iluminación general y localizada de mostrador, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

Se podrán excluir del cumplimiento de los requisitos de eficiencia energética los siguientes tipos de instalaciones:

- a) En edificaciones y monumentos con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando el cumplimiento de las exigencias de esta Sección pudiese alterar de manera sustancial su carácter o aspecto.
- b) En construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a 1 año.
- c) En instalaciones industriales, talleres y edificaciones agrícolas no residenciales, cuando los valores de eficiencia energética comprometa la seguridad de las personas, no obstante, esto no les exime de utilizar las fuentes de la mayor eficacia lumínica posible.
- d) En aplicaciones donde la energía radiante emitida por fuente luminosas tenga otros fines distintos a la sola iluminación.
- e) Alumbrados de emergencia
- f) Iluminación de escenarios deportivos que requieran transmisión de televisión.
- g) Iluminación decorativa.

En el caso de aplicar alguna de las exclusiones el responsable del proyecto de iluminación deberá aplicar otros criterios de uso racional y eficiente de la energía.

SECCIÓN 450 EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE CONTROL DEL ALUMBRADO.

Las nuevas edificaciones industriales, comerciales o de uso oficial con más de 500 m² de construcción deben disponer de sistemas de control de iluminación, con criterio URE.

Las edificaciones de vivienda deberán atender los lineamientos que sobre el uso racional y eficiente de energía dicten el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Minas y Energía en cumplimiento del Decreto 2501 de 2007.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Entre otras posibles, se podrá usar por lo menos una de las siguientes formas para controlar el nivel de iluminación artificial en un recinto interior:

- ⇒ Encendido/apagado manual,
- ⇒ Atenuación del flujo luminoso de las fuentes.
- ⇒ Encendido/apagado automático;
- ⇒ Pasos inteligentes con control automático y
- ⇒ Atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización automática.

450.1 CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO MANUAL.

Cuando la iluminancia interior de luz día E_i excede la iluminancia de diseño E_d , el usuario de la edificación interior puede apagar la luz artificial. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que en las zonas de trabajo los ocupantes encienden la iluminación artificial si E_i es menor de aproximadamente el 60% de E_d , y que solo lo apagan cuando desocupan el área y no cuando E_i sobrepasa el valor de E_d .

La lámpara o grupo de lámparas que iluminen áreas no mayores a 100 M^2 localizadas en mismo salón, debe contar con por lo menos un sistema de apagado o encendido independiente.

Toda edificación destinada al funcionamiento de entidades públicas de cualquier orden, deben tener por lo menos un sistema de interrupción manual por piso o sector del sistema de iluminación y las luces deben ser apagadas en los horarios que no se desarrollen actividades propias de la función de la entidad. Igualmente debe disponerse de interruptores manuales que permitan separar áreas de trabajo dentro de un mismo salón cuando este supere los 30 m^2 .

450.2 ATENUACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO DE LAS BOMBILLAS O DIMERIZACIÓN MANUAL.

Con atenuación del flujo luminoso de las bombillas o dimerización manual de la iluminación artificial se evitan los cambios bruscos de iluminación inherente a un interruptor encendido/apagado, pero existe la necesidad de ajustar continuamente el nivel de iluminación y por esta razón la dimerización manual está limitada en la práctica a su uso en interiores, con fuentes que lo permitan.

Las lámparas fluorescentes compactas, son susceptibles de intentos de encendidos por pequeñas tensiones residuales que generan parpadeos y comprometer su vida útil, por lo que se debe tener especial atención en el uso de dimers con estas lámparas.

450.3 CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO AUTOMÁTICO.

Se pueden utilizar elementos fotoeléctricos para apagar la iluminación artificial cuando la iluminancia interior de luz día (E_i) exceda la iluminancia de diseño (E_d). Es recomendable que el sistema pueda trabajar de manera que la iluminación artificial sea automáticamente apagada cuando E_i sobrepasara en un 50 o 100% el valor de E_d . Igualmente, es recomendado utilizar el encendido y apagado automático, cuando no se requiera la iluminación, para lo cual los sistemas detectores de presencia son indicados.

450.4 PASOS ESCALONADOS CON CONTROL AUTOMÁTICO.

Los abruptos cambios indeseados de la iluminación de encendido/apagado de control automático pueden hacerse menos severos, si no se encienden o apagan todas las luminarias a la vez, sino de una manera gradual o escalonada. Para este tipo de control se requieren luminarias con balastos multitensión y/o sistemas de cableado adecuados.

Dichas instalaciones requieren de un diseño calificado del sistema de control con el objetivo de cumplir los requerimientos técnicos y mantener el confort de los usuarios

450.5 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICOS DE NIVELES DE ILUMINACIÓN.

El mejor sistema de control será el que de una manera continua mantenga un equilibrio entre la cantidad de luz natural y el nivel de iluminación artificial, de tal forma que la iluminancia de diseño se mantenga constante. Un Sistema Automático de Control de Iluminación (SACI) puede ser definido como un

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

dispositivo de control del alumbrado artificial, que tiene la finalidad de funciones de encendido, apagado y/o atenuación (control del flujo luminoso), de acuerdo con un patrón preestablecido, orientado al ahorro energético y en función de una o más de las siguientes variables:

- ⇒ Nivel de iluminancia por la luz artificial o natural
- ⇒ Ocupación de los locales
- ⇒ Horario de ocupación de los locales

Un sistema de control automático de iluminación puede estar conformado por los siguientes dispositivos:

a) Salida a atenuadores del flujo luminoso de las bombillas o Dimmers. Es un sistema donde la señal de control determina la proporción de atenuación del flujo luminoso de las bombillas, disminuyéndoles su potencia.

Los dispositivos atenuadores de buena calidad generalmente no producen distorsiones en la forma de corriente de alimentación de la bombilla y pueden aumentar su eficacia. Los equipos de mala calidad no sólo empeoran la eficacia luminosa con la atenuación, sino que pueden afectar la vida de las bombillas.

No todas las bombillas son aptas para la regulación de su flujo luminoso sin que experimenten algún tipo de inconvenientes. Existe en el mercado una gran cantidad de lámparas que no soportan atenuación y son afectadas en su vida útil por cambios de tensión de alimentación y hacen intentos de encendidos con pequeñas tensiones residuales, produciendo un parpadeo molesto y una acelerada pérdida de vida útil, por lo que se debe tener especial atención cuando se usen Dimers con ese tipo de lámparas.

Desarrollos electrónicos recientes permiten hacer funcionar tubos fluorescentes en regímenes de baja potencia, a valores tan bajos como del 1 %, sin parpadeos. La regulación del flujo luminoso de las bombillas permite el máximo aprovechamiento de las continuas variaciones de la luz natural sin causar molestias para el usuario, quien no percibe ningún cambio en la iluminación. Además, permite ahorrar la energía del exceso de iluminación que puede estar originado, por ejemplo, por sobredimensionado inicial de la instalación para lograr un buen *factor de mantenimiento*.

b) Salida a Sensores: La finalidad de un sensor de un sistema de control es evaluar las condiciones de los ambientes (cantidad de luz natural, presencia o ausencia de ocupantes, etc.) para generar la señal de control. Los tipos más conocidos son: Sensor ocupacional, sensor fotoeléctrico y sensor de tiempo (reloj).

Sensor Ocupacional o detectores de presencia: El sensor ocupacional es un dispositivo que detecta la presencia de personas en los locales para realizar el control. Son apropiados para este fin los dispositivos similares a los utilizados en sistemas de seguridad (alarmas antirrobo), los que están basados principalmente en dos tipos de tecnología: de infrarroja y de ultrasonido.

El control de la Iluminación (encender, apagar y regular la iluminación) en la vivienda se realiza tradicionalmente a través de interruptores y reguladores de iluminación de pared. Con el control de la iluminación integrado en un sistema de domótica se puede conseguir un importante ahorro energético y gran aumento del confort.

En las Unidades Inmobiliarias Cerradas se debe disponer de sistemas de sensores ocupacionales para el encendido del alumbrado de corredores y pasillos de áreas comunes.

SECCIÓN 460 LA DOMÓTICA Y LA INMÓTICA EN LA ILUMINACIÓN.

La domótica se define como la incorporación al equipamiento de edificios la tecnología que permite gestionar de forma energéticamente eficiente, segura, remota y confortable para el usuario los distintos tipos de aparatos e instalaciones domésticas tradicionales como iluminación, electrodomésticos, aire acondicionado, seguridad, etc. Domótica es un término que se utiliza para denominar la parte de la tecnología que integra el control y la supervisión de los elementos existentes en un espacio habitable, posibilitando una comunicación entre todos ellos.

El término **domótica** se aplica a servicios en vivienda y el término **inmótica** se aplica a edificaciones comerciales, corporativas, hoteleras, empresariales y similares.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

La domótica en el campo de la gestión de energía se encarga de hacer un uso más efectivo de la energía eléctrica mediante dispositivos temporizadores, sensores y elementos programables que permiten el uso racional de energía y en la parte de iluminación, conecta o desconecta el servicio zonificado con detectores de presencia o en función de la luz natural.

La domótica no solo es automatización, ya que se necesita integrar los sistemas de control, las comunicaciones y la gestión integral del recinto o edificio dentro de un mismo grupo para que pueda ser llamado recinto domótico.

Integrar el control de la iluminación (encender, apagar y regular la iluminación) con un sistema de domótica aumenta el confort y ahorra energía en una edificación, ya sea esta una vivienda o un edificio de oficinas.

Forman parte de la domótica una serie de equipos, capaces de controlar parámetros de corrientes y tensiones típicas que pueden ser enviadas a una interfase de administración de la edificación, tales como Controladores Lógicos Programables (PLC). La finalidad de estos sistemas es el control de todos los subsistemas, incluidos los de iluminación, luz de emergencia, señalización de vías de escape, alarmas de seguridad, etc.

El cambio del estado de una iluminación cuando existe participación de la luz natural, normalmente muy rápida, requiere de un control frecuente y para ello son aptos los conceptos domótica e inmótica. Los principales métodos para cambiar el estado de la iluminación mediante la domótica son:

- a. **Control por Presencia** – El control de presencia (mediante detectores de presencia) puede encender o apagar la iluminación. de una persona en una habitación, enciende la iluminación, y cuando no la detecta, la apaga.
- b. **Medir la Luz** – Medir la luz en la estancia (incluyendo la luz natural aportado por el exterior y la luz que llega de otras estancias) puede regular la iluminación para garantizar una cantidad de luz establecido con el sistema de domótica.
- c. **La Actividad/Escenas** – Según la actividad de los usuarios la iluminación se puede adaptar de forma automática (activándose una Escena). La iluminación que forma parte de de una Escena se programa para que tome un determinado nivel de iluminación, mientras que otras áreas toman otros valores
- d. **Programación Horaria** – Con la programación horaria se puede programar el control del apagado, encendido y regulación de la iluminación con la domótica según la hora del día, y el día de la semana. Por ejemplo la luz del pasillo puede estar apagada durante el día, pero encenderse automáticamente a 25% por la noche (variándose el horario según la época del año) y la luz del baño se programa para que solo se enciende al 50% al encenderse por la noche. Otra función puede ser que la luz del dormitorio se enciende de forma graduada por la mañana, los días laborables, para despertar lentamente al usuario.
- e. **Simulación de Presencia** – La simulación de presencia tiene como objetivo hace parecer que la casa esta habitada aunque esté vacía. La iluminación puede se utilizada (con o sin otros elementos integrados en el control del sistema de domótica) para la simulación de presencia en la vivienda, encendiendo y apagando la iluminación ciertas horas del día, de forma programada, aleatoria, o de unas rutinas aprendidas por el sistema de domótica.
- f. **Otros Eventos** – Otros eventos en la casa, detectadas por el sistema de domótica, pueden activar la iluminación. Por ejemplo, sí el alarma de seguridad detecta intrusión en el jardín por la noche, automáticamente se puede encender toda la iluminación del exterior y la iluminación de los pasillos de la casa.

SECCIÓN 470 ALUMBRADO DE EMERGENCIA.**470.1 ASPECTOS GENERALES.**

En el diseño de los sistemas de alumbrado de emergencia se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) **Alumbrado de emergencia permanente.** Alimentado por sistema de energía separado y automantenido, el suministro de energía en este tipo de alumbrado es completamente independiente de

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

la red eléctrica (excepto cuando se cargan las baterías) y está formado por baterías recargables por la red principal y de funcionamiento seguro. Cada luminaria tiene su propia batería que, en situación normal, está conectada de una manera "flotante" con la red eléctrica. En caso de una falla en la red eléctrica, las baterías entran automáticamente en acción y deberá tener una autonomía no menor a 1 hora. Si se restablece el servicio normal, las baterías vuelven a recargarse. Este sistema es el más fiable: cada bombilla sigue funcionando incluso durante un incendio o aunque se desintegren los cables de distribución.

b) Alumbrado de emergencia no permanente. Este tipo de alumbrado opera con una planta generadora para emergencia o un centro de baterías que automáticamente entran en acción durante una falla de suministro normal de energía. La desventaja del sistema provisto de planta de emergencia es que necesita mantenimiento periódico. Otro inconveniente es que depende de la red de alumbrado existente para la distribución de energía de emergencia y, por consiguiente, ésta puede ser fácilmente interrumpida en caso de incendio, daño en la infraestructura del edificio, etc.

c) Alumbrado de escape: alumbrado suficiente para poder evacuar un edificio, con rapidez y seguridad, durante una emergencia. La iluminancia proporcionada por el alumbrado en cualquier punto del piso de una salida de emergencia no debe ser menor de 1,0 lux. Este alumbrado se debe instalar en la intersección de corredores, en los cambios de dirección y nivel de las escaleras, en puertas y salidas

d) Alumbrado de seguridad: Es el alumbrado que se requiere para asegurar a las personas que desarrollan actividades potencialmente peligrosas (ejemplo operación de una sierra circular) no deberá ser menor del 5% de los valores normales de iluminación.

e) Alumbrado de respaldo: Es el alumbrado que se requiere para poder continuar las actividades de importancia vital durante una emergencia, por ejemplo en salas de cirugía.

f) Autonomía de las luces de emergencia. Las luces de emergencia deben tener una autonomía no menor a una (1) hora.:

470.2 INSTALACIONES QUE REQUIEREN DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA.

Requieren de alumbrado de emergencia las siguientes instalaciones:

a) Los edificios de más de 5 pisos o edificios que en cualquier hora de la noche concentren más de 100 personas: deben disponer de al menos un sistema de alumbrado de emergencia, que en caso de falla del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evitar las situaciones de pánico y permitir la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

b) Todo recinto cuya ocupación sea mayor a 100 personas: aplica a recintos con ocupación en horas de la noche o que el recinto y su vía de evacuación a lugar seguro carezca de iluminación natural.

c) Recorridos de las rutas de evacuación, desde los orígenes de la evacuación hasta el espacio exterior seguro, siempre que estos sean cerrados con muy bajos aportes de iluminación natural o se requieran en horas de la noche.

d) Parqueaderos cerrados o cubiertos cuya superficie construida exceda de 100 m², incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.

e) Zonas de baños en edificios de uso público.

f) Lugares en los que se ubican tableros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado.

g) Instalaciones que por reglamentaciones especiales requiera de alumbrado de emergencia. Ver norma NFPA75.

470.3 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN DEL ALUMBRADO DE EMERGENCIA.

La instalación del alumbrado de emergencia deben cumplir los siguientes requisitos:

a. Ser fija y estar provista de fuente propia de energía

b. Debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse una falla de la alimentación en la

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

instalación de alumbrado normal en las zonas cubiertas por el alumbrado de emergencia. Se considera como falla de alimentación el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal.

- c. El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación no debe demorar más de 15 segundos en estar disponibles.
- d. La instalación cumplirá las condiciones de servicio continuo durante 1, hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar la falla:
- e. En las vías de evacuación cuyo ancho no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.
- f. En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 luxes, como mínimo.
- g. Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que contemple, tanto la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias, como al envejecimiento de las bombillas.
- h. Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las bombillas debe ser 40.
- i. A los circuitos de alumbrado de emergencia no deben conectarse otros artefactos ni bombillas que no sean los específicos del sistema de emergencia. Sección 700-15 de la Norma NTC 2050.
- j. Los sistemas de alumbrado de emergencia deben estar diseñados e instalados de modo que la falla de un elemento de los mismos, como una bombilla fundida, no deje a oscuras los espacios que requieran alumbrado de emergencia.
- k. Cuando el alumbrado normal artificial consista únicamente en bombillas de descarga de alta intensidad, como vapor de mercurio o sodio de alta presión o de halogenuros metálicos, el sistema de alumbrado de emergencia debe estar destinado para que funcione hasta que se restablezca totalmente el alumbrado artificial normal.
- l. Las baterías que se utilicen como fuentes de alimentación para sistemas de emergencia deben tener una capacidad nominal de corriente adecuada para alimentar y mantener durante 1 hora como mínimo, la carga total conectada, sin que la tensión aplicada a la carga caiga por debajo del 87,5% de la tensión nominal. La instalación debe contar con un medio de carga automática de las baterías. No se deben utilizar baterías tipo automotriz.

470.4 LOCALIZACIÓN DE LAS LUMINARIAS DE EMERGENCIA.

Con el fin de proporcionar una iluminación adecuada las luminarias deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) Se deben situar por lo menos a 2 metros por encima del nivel del suelo
- b) Se debe disponer de una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad. Como mínimo se dispondrán en los siguientes puntos:

⇒En las puertas existentes en los recorridos de evacuación;

⇒En las escaleras, de modo que cada tramo de escaleras reciba iluminación directa;

⇒En cualquier otro cambio de nivel;

⇒En los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos;

470.5 SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN.

Los medios de evacuación deben cumplir con los requisitos siguientes en cuanto a señalización e

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

iluminación se refiere:

- a) Toda salida o vía de escape debe ser claramente visible y estar completamente señalizada de tal manera que todos los ocupantes de la edificación, puedan encontrar sin problema la dirección de salida y en tal forma que la vía conduzca, de manera inequívoca a sitio seguro.
- b) Cualquier salida o pasadizo que no sea parte de una vía de escape, pero que por su carácter pueda tomarse como tal, debe estar dispuesta y señalizada de tal manera que se minimicen los riesgos de confusión y el peligro resultante para las personas que busquen escapar del fuego o de otra emergencia, así como para evitar que se llegue a espacios ciegos.
- c) Todos los medios de evacuación deben estar provistos de iluminación artificial y de emergencia
- d) El idioma usado en las señales deberá ser el castellano.

470.5.1 ILUMINACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN.

La iluminación de los medios de evacuación debe cumplir las siguientes disposiciones:

- a) La iluminación de los medios de evacuación debe ser continua durante todo el tiempo en que por las condiciones de ocupación, se requiera que las vías de escape estén disponibles para ser utilizadas.
- b) Los medios de evacuación deben iluminarse en todos los puntos, incluyendo ángulos e intersecciones de corredores y pasillos, escaleras, descansos y puertas de salida, con una iluminancia no menor de 10 luxes, medidos en el piso.
- c) En auditorios, teatros y salas de conciertos, la iluminación puede reducirse a 2 luxes durante la función.
- d) Toda Iluminación debe disponerse en forma tal que si se presenta una falla en alguna unidad de iluminación, esta no deje en oscuridad el área servida.
- e) La iluminación tiene que suministrarse por medio de una fuente que asegure razonable confiabilidad, tal como se exige, para el servicio eléctrico público.

SECCIÓN 480 ILUMINACIÓN DE AMBIENTES E INSTALACIONES ESPECIALES.

Los equipos y las instalaciones de alumbrado en áreas o ambientes especiales, y equipos especiales, deben cumplir las condiciones, de acuerdo con la clasificación de su lugar de instalación, conforme a las Secciones 500 a 505 y demás que les aplique, del Código Eléctrico Colombiano, Norma NTC 2050 la cual hace parte integral del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE-, cuyo objeto principal es la seguridad, por tal razón dichos equipos e instalaciones deben certificarse bajo los parámetro de dicho reglamento y no de RETILAP.

SECCIÓN 490 PROCEDIMIENTOS PARA LAS MEDICIONES FOTOMÉTRICAS EN ILUMINACIÓN INTERIOR.**490.1 MEDICIÓN DE ILUMINANCIA GENERAL EN UN ESPACIO CERRADO**

Para mediciones de precisión, el espacio debe ser dividido en cuadrados y la iluminancia se mide en el centro de cada cuadrado y a la altura del plano de trabajo. Para la verificación de diseños se deberán usar las mismas mallas y alturas de cálculo empleadas.

La iluminancia promedio del área total se puede obtener al promediar todas las mediciones.

Para tomar las lecturas el sensor del luxómetro se debe colocar en el plano de trabajo, si no se especifica este parámetro, se considera un plano imaginario de trabajo de 0,75 m, sobre el nivel del suelo para trabajar sentados y de 0,85 m para trabajos de pie. Esto se puede lograr por medio de un soporte portátil sobre el cual se coloca el sensor.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

La luz día se puede excluir de las lecturas, ya sea tomándolas en la noche o mediante persianas, superficies opacas que no permiten la penetración de la luz día.

El área se debe dividir en pequeños cuadrados, tomando lecturas en cada cuadrado y calculando la media aritmética. Una cuadrícula de 0,6 metros es apropiada para muchos espacios.

Para locales irregulares o una iluminación no uniforme, como corredores bajo iluminaciones de emergencia, se recomienda consultar el Capítulo 9 del Handbook IESNA.

a) **Medición de iluminancia promedio, en áreas regulares con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas.** Ver Figura 490.1 a.

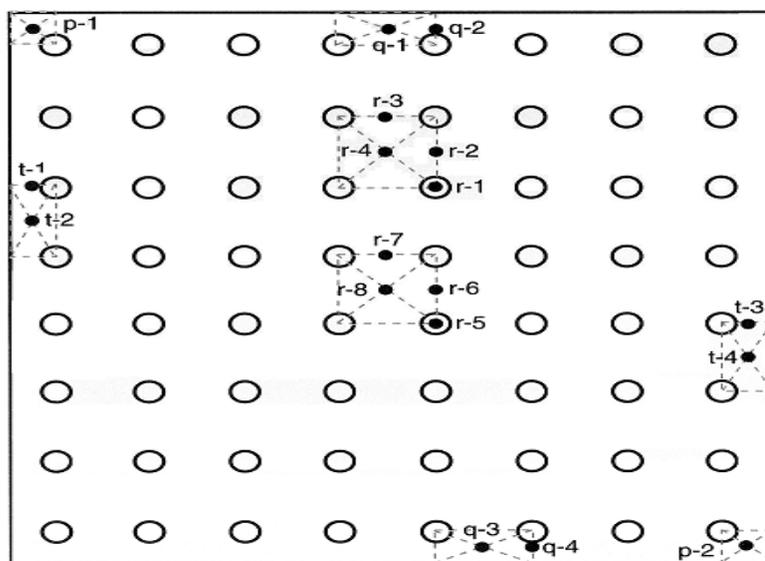


Figura 490.1 a. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias espaciadas simétricamente en dos o más filas

$$E_{prom} = \frac{R(N - 1)(M - 1) + Q(N - 1) + T(M - 1) + P}{NM}$$

Donde:

- E_{prom}** Iluminancia promedio
- N** Número de luminarias por fila.
- M** Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r-1, r-2, r-3 y r-4 para una cuadrícula típica interior. Se repite a los puntos r-5, r-6, r-7 y r-8 para una cuadrícula típica central, promedie las 8 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos q-1, q-2, q-3, y q-4, en dos cuadrículas típicas de cada lado del salón. El promedio de estas cuatro lecturas es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se toman lecturas en los puntos t-1, t-2, t-3, y t-4 en dos cuadrículas típicas de cada final del salón, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas, se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom}.

b) **Áreas regulares luminaria simple con localización simétrica.** Ver figura 490.1 b.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

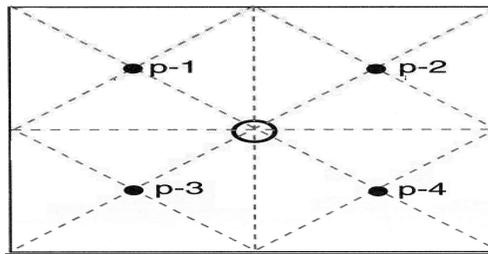


Figura 490.1 b. Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria

Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, p-3, y p-4, en todas las cuatro cuadrículas, se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio del área en la Figura 490.1 c.

c) Áreas regulares con luminarias individuales en una sola fila. Ver Figura 490-1.c).

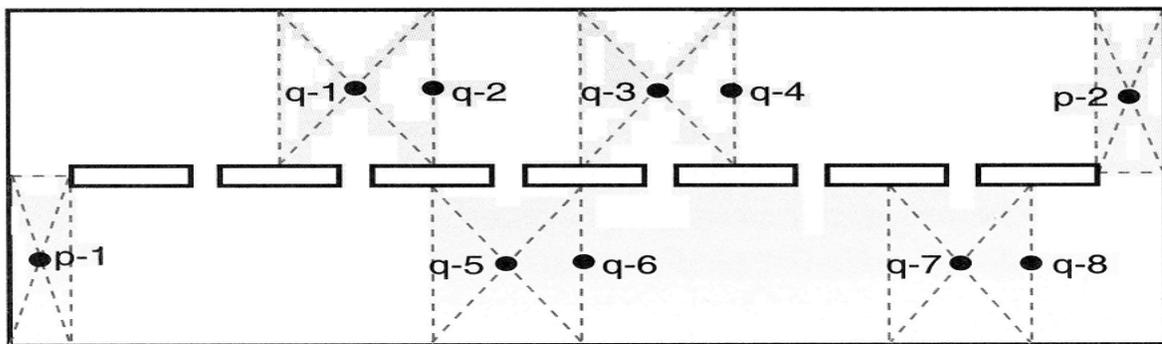


Figura 490.1 c. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con luminarias individuales en una sola fila

$$E_{prom} = \frac{Q(N-1) + P}{N}$$

Donde:

E_{prom} Iluminancia promedio; N Número de luminarias.

1. Se toman lecturas en los puntos q-1, hasta q-8, en cuatro cuadrículas típicas, localizadas dos en cada lado del área. Se promedian las 8 lecturas. Este es el valor de Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos p-1, y p-2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

d) Áreas regulares con luminarias de dos o más filas. Ver Figura 490.1 d.

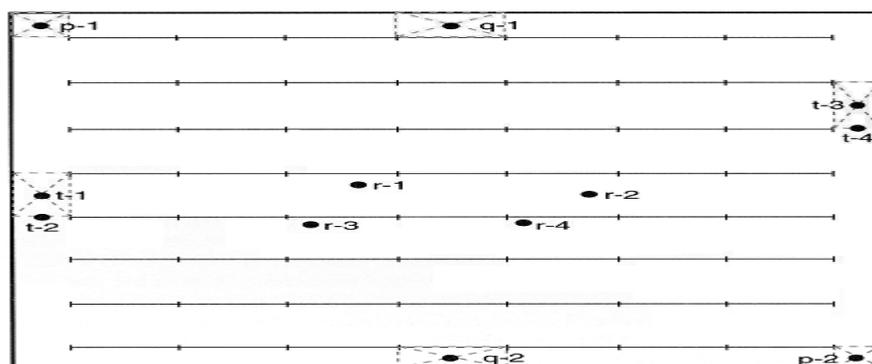


Figura 490.1 d. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con dos o más filas de luminarias

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

$$E_{prom} = \frac{RN(M-1) + QN + T(M-1) + P}{M(N+1)}$$

Donde:

E_{prom} Iluminancia promedio; N Número de luminarias por fila y M Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r-1, r-2, r-3 y r-4 localizados en el centro del área y se promedian las 4 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos q-1, y q-2, localizadas en la mitad de cada lado del salón y entre la fila de luminarias más externa y la pared. El promedio de estas dos lecturas es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se toman lecturas en los puntos t-1, t-2, t-3, y t-4 en cada final del salón. Se promedian las cuatro lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, en dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las dos lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

e) Áreas regulares con fila continua de luminarias individuales. Ver Figura 490.1 e.

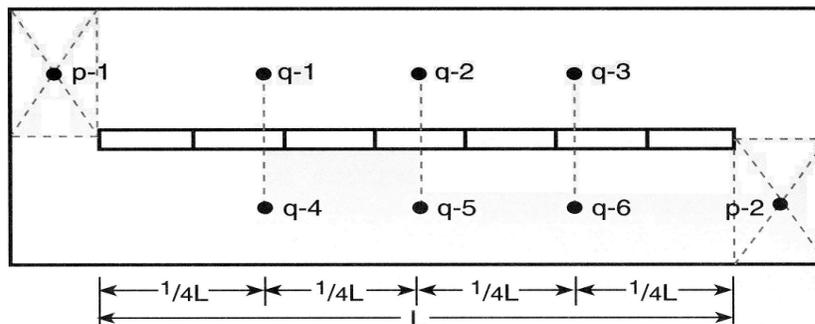


Figura 490.1 e. Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con una fila continua de luminarias

$$E_{prom} = \frac{QN + P}{N + 1}$$

Donde

E_{prom} Iluminancia promedio; N Número de luminarias.

1. Se toman lecturas en los puntos q-1, hasta q-6. Se promedian las 6 lecturas. Este es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos p-1, y p-2, para dos cuadrículas típicas de las esquinas. Se promedian las 2 lecturas. Este es el valor P de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

f) Áreas regulares con cielorraso luminoso con luminarias con rejillas. Ver Figura 490.1 f.

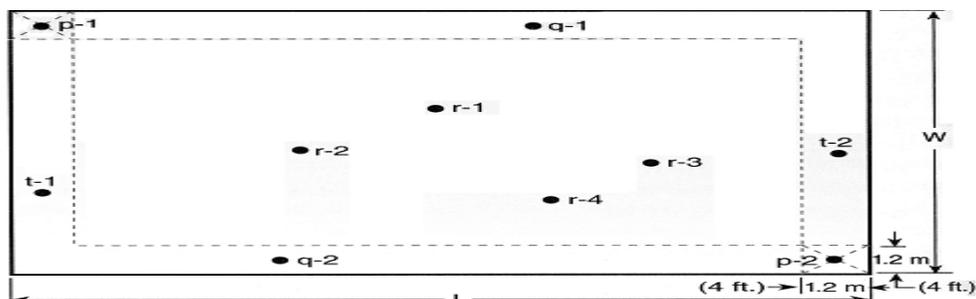


Figura 490.1 f) Puntos de medición de iluminancia en la cuadrícula de un local con cielorraso luminoso con luminarias con rejillas

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

$$E_{prom} = \frac{R(L - 8)(W - 8) + 8Q(L - 8) + 8T(W - 8) + 64P}{WL}$$

Donde:

E_{prom} Iluminancia promedio, W Número de luminarias por fila y L Número de filas.

1. Se toman lecturas en los puntos r-1, r-2, r-3 y r-4 localizados aleatoriamente en el centro del área. Se promedian las 4 lecturas. Este es el valor R de la ecuación de la iluminancia promedio.
2. Se toman lecturas en los puntos q-1, y q-2, localizados a 0,6 m de las paredes más largas, a una longitud aleatoria del salón. Se promedian estas dos lecturas. Es el valor Q de la ecuación de la iluminancia promedio.
3. Se toman lecturas en los puntos t-1, t-2, t-3, y t-4 localizados a 0,6 m de las paredes cortas. Se promedian las dos lecturas. Este es el valor T de la ecuación de la iluminancia promedio.
4. Se toman lecturas en los puntos p-1, p-2, localizados diagonalmente en esquinas opuestas. Se promedian las dos lecturas. Este es el P de la ecuación de la iluminancia promedio.
5. Se determina la iluminancia promedio en el área utilizando la ecuación de E_{prom} .

La medición de iluminancia general (promedio) de un salón puede ser necesaria por cualquiera de las siguientes razones:

- ⇒ Para verificar el valor calculado de una instalación nueva.
- ⇒ Para determinar si hay acuerdo con una especificación o práctica recomendada.
- ⇒ Para revelar la necesidad de mantenimiento, modificación o reemplazo.
- ⇒ Para verificar las condiciones de contrato de brillo en un puesto de trabajo
- ⇒ Por comparación con el objeto de lograr una solución que sea recomendable desde los puntos de vista de calidad de luz y economía.

A menos que se especifique de otra forma, las mediciones sobre el plano horizontal deben realizarse a la altura de diseño o si no existe el diseño a una altura de 0,75 m sobre el piso.

Es muy importante registrar una descripción detallada del área de la medición, junto con todos los otros factores que pueden afectar los resultados, tales como:

- ⇒ Tipo de bombilla y su tiempo de utilización;
- ⇒ Tipo de luminaria y balasto;
- ⇒ Medida de la tensión de alimentación
- ⇒ Reflectancias de la superficie interior;
- ⇒ Estado de mantenimiento, último día de limpieza;
- ⇒ Instrumento de medición usado en la medición

Antes de tomar las lecturas, la fotocelda del luxómetro debe ser previamente expuesta hasta que las lecturas se estabilicen – que usualmente requiere de 5 a 15 minutos. Se debe tener cuidado de que ninguna sombra se ubique sobre la fotocelda cuando se realizan las lecturas. Una vez estabilizado el equipo, la lectura a tomar para el análisis es el valor promedio indicado en la pantalla. Normalmente los equipos actuales suministran los valores Máximo – Mínimo y Promedio siendo este valor promedio el que se utiliza para establecer las condiciones de trabajo.

La medición de iluminancia de un sistema de iluminación artificial se debe realizar en la noche o con ausencia de luz día.

Antes de realizar las mediciones, las bombillas se deben encender y permitir que la cantidad de luz que emiten se estabilice. Si se utilizan bombillas de descarga, se debe permitir al menos que transcurran 20

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

minutos antes de tomar las lecturas. Cuando el montaje es de lámparas fluorescentes totalmente encerradas, el proceso de estabilización puede tomar mayor tiempo.

Si se encuentran instalaciones con lámparas fluorescentes o de descarga nuevas, se debe esperar al menos 100 horas de operación antes de tomar las mediciones. Si el área contiene maquinaria alta o estantes altos, generalmente se obtiene un promedio de iluminancia de baja calidad o de resultados sospechoso. Por consiguiente la iluminancia debe medirse sólo en las zonas o lugares donde es necesario para la actividad que se quiere realizar.

Durante la medición, los valores de incidencia de la luz no deben ser influenciados por la persona que lleva a cabo la medición ni por los objetos que se encuentren en la posición que les corresponde (debido a que generan sombras o reflexiones).

Por lo general, la medición de la iluminancia promedio horizontal se realiza en recintos vacíos o en recintos o zonas libres de muebles cuya altura total sea superior a la del plano de medición.

490.2 MEDICIÓN DE ILUMINANCIA EN PUESTOS DE TRABAJO.

Se deben medir tantos puestos de trabajo como puestos existan, debido a que el nivel de iluminación depende de la posición de cada puesto de trabajo respecto a las luminarias tanto naturales como artificiales así como de los posibles obstáculos que pueden generar sombras sobre ellos. Cuando se complementa el alumbrado general con iluminación localizada, el punto de trabajo debe medirse con el trabajador en su posición de trabajo normal. El instrumento de medición debe estar localizado en la superficie o plano de trabajo o en la porción del área de trabajo donde se realiza la tarea visual crítica (horizontal, vertical, inclinada).

Las lecturas deben ser registradas y mostradas de acuerdo con la Tabla 490-2.a.

Puesto de trabajo	Descripción del puesto de trabajo	Altura sobre el piso (m)	Plano (horizontal, vertical o inclinado)	Iluminancia (luxes)	
				Total (General + suplementaria)	General únicamente
1					
2					
3					
n					

Tabla 490.2 a. Formato de planilla para los datos de iluminancia medidos en puestos de trabajo

Cuando los niveles de iluminancia en los puestos de trabajo, se encuentren por debajo de los rangos exigidos y las condiciones de uniformidad son apropiadas, la situación inicialmente se puede solucionar mejorando la reflexión de luz por las superficies del salón (es más económico el cambio de color de superficies por unas más reflectivas), o en su defecto es necesario determinar las condiciones de mantenimiento, tanto de luminarias como de paredes, techos, pisos y superficies traslucidas, incrementar la iluminación natural y por último, mejorar el nivel de iluminancia, incrementando la emisión de flujo luminoso de las luminarias, cambiando el tipo de bombilla existente por otras que emitan mayor flujo luminoso, para ello es necesario usar los criterios de diseño.

Finalmente los datos obtenidos en las evaluaciones se deben registrar en los siguientes formatos:

- Inspección general del área o puesto de trabajo. Los datos obtenidos en esta evaluación se registran en el Formato 1
- Medición de la iluminancia promedio general de un salón. Los datos obtenidos en esta evaluación se registran en el Formato 2
- Medición de la iluminancia en el puesto de trabajo. Los datos obtenidos en esta evaluación se registran en el Formato 3

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

FORMATO 1
INSPECCIÓN GENERAL DEL ÁREA O PUESTO DE TRABAJO

EMPRESA: _____
FECHA: _____ DIA: _____ NOCHE: _____

1. CONDICIONES DEL ÁREA:DESCRIPCIÓN DEL ÁREA:
_____DIMENSIONES:

LONGITUD: _____ ANCHO: _____ ALTURA: _____

PLANO DEL ÁREA CON DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS:

--

2. DESCRIPCIÓN DE PAREDES, PISOS Y TECHOS

DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE					
	MATERIAL	COLOR	TEXTURA	LIMPIA	MEDIA	SUCIA
Paredes						
Techo						
Piso						
Superficie de trabajo						
Equipo o Máquina						

3. CONDICIONES GENERALES:

Clasificación del equipo			
Luminarias, tipo			
Especificación de las bombillas			
bombillas por luminaria			
Número de luminarias			
Número de filas			
Luminarias por fila			
Altura del montaje			
Espacios entre luminarias			
Condición de las luminarias	Limpio	Medio	Sucio

Descripción de la iluminación local o complementaria.

Estudios realizados anteriormente: Si__ No ____

Resultados obtenidos: _____

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

FORMATO 2

MEDIDAS DE ILUMINANCIA GENERAL

EMPRESA: _____ SECCIÓN: _____

Dimensiones del Salón: Largo: _____ Ancho: _____ Altura: _____

Disposición de las luminarias en el local: _____

(La identificación de los puntos de medición depende del local y la distribución de las luminarias. Consultar el Numeral 490-1 del Capítulo 4 del RETILAP y fórmulas para el cálculo de Eprom)

EQUIPO DE MEDIDA: _____

Tabla de datos

Identificación de los Puntos	DÍA			NOCHE	OBSERVACIONES
	Mañana (AM)	Medio Día (M)	Tarde (PM)		
r-1					
r-2					
r-3					
r-4					
r-5					
r-6					
r-7					
r-8					
q-1					
q-2					
q-3					
q-4					
q-5					
q-6					
q-7					
q-8					
t-1					
t-2					
t-3					
t-4					
p-1					
p-2					
p-3					
p-4					
Eprom					

% UNIFORMIDAD: _____

Responsable _____ Matricula profesional N° _____

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

FORMATO 3

MEDIDAS DE ILUMINANCIA EN LOS PUESTOS DE TRABAJO

EMPRESA: _____ SECCIÓN: _____

FECHA: _____ HORA: _____

OFICIO: _____ EQUIPO MEDICIÓN: _____

Tabla de datos

Lectura puesto de trabajo	Altura sobre el piso	NIVEL DE ILUMINANCIA						
		Plano			General únicamente		General + suplementaria	
		Vertic al	Horiz ontal	Inclin ado	Prom.	Rango recomendado	Prom.	Rango recomendado

Responsable _____ Matrícula profesional N° _____

490.3 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES.

Se debe elaborar y mantener un reporte que contenga la información obtenida en el reconocimiento, los documentos que lo complementen, los datos obtenidos durante la evaluación y al menos la siguiente información:

- Informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo.
- Plano de distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición.
- Resultados de la medición de los niveles de iluminación.
- Comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las tablas del Sección 440 del Capítulo 4 del presente Reglamento Técnico.
- Hora en que se efectuaron las mediciones.
- Programa de mantenimiento.
- Copia del documento que avaló la calibración o verificación del Luxómetro, expedido por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a los criterios Nacionales ó Internacionales sobre Metrología y Normalización;
- Conclusión técnica del estudio.
- Las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación.
- Nombre y firma del responsable del estudio;

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN ALUMBRADO

EMPRESA: _____

Área: _____

OBJETIVOS:

Nivel de iluminancia de diseño: _____ Lux

Coeficiente de uniformidad CU: _____

Otros: _____

APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL:

Iluminancia exterior producida por la luz natural. _____ Lux

Iluminancia interior producida por la luz natural. _____ Lux

Coeficiente de luz diurna (CLD): _____ %

Coeficiente mínimo promedio exigido de luz diurna: _____

(Para los valores mínimos del Coeficiente de Luz Diurna CLD que deben cumplir las edificaciones ver el Tabla 415-1.c) del Capítulo 4 del RETILAP)

TIPO INSTALACIÓN ILUMINACIÓN NATURAL:

Instalación luz día

Techo _____ ventanas _____ ambas _____

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL:

Número de luminarias:

Área de trabajo: Largo: _____ Ancho _____

Altura del plano de trabajo sobre el nivel del piso: _____

Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo: _____

Altura de suspensión de las luminarias desde el techo: _____

Distancia entre centro de luminarias a lo Largo: _____

Distancia entre centro de luminarias a lo Ancho: _____

BOMBILLAS o LÁMPARAS:

Fabricante y referencia: _____

Tipo de bombilla: _____

Potencia de la bombilla: _____ W

Lúmenes iniciales (100 h): _____ lm

Período de reemplazo de las bombillas: _____ horas

Factor de depreciación de lúmenes de las bombillas: _____

LUMINARIA:

Fabricante y referencia. _____

Bombillas por luminaria: _____

Potencia total por luminaria. _____ W

CONTROLES:

Tipo manual (Suiches): _____

Tipo control automático: _____

ESQUEMA

Cálculo inicial de iluminancia promedio: _____ lux

Factor de mantenimiento estimado: _____

Cálculo de iluminancia promedio mínima mantenida: _____ lux

Carga eléctrica instalada en alumbrado: _____ kW.

Factor de potencia: _____

Eficiencia energética de la instalación, W/m² por cada 100 luxes (VEEI) _____.

MANTENIMIENTO:

Período limpieza de ventanas: _____ meses

Período de limpieza de techos: _____ meses

Período limpieza de luminarias: _____ meses

Período de reemplazo de las bombillas: _____ meses

Período de limpieza de manteniendo de techo, paredes y pisos: _____

Diseñador del sistema: _____

Fecha: _____

Responsable _____ Matrícula profesional N° _____