

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público**CAPÍTULO 2.****REQUISITOS GENERALES PARA UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.****SECCIÓN 200 REQUISITOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.****200.1 RECONOCIMIENTO DEL SITIO Y OBJETOS A ILUMINAR.**

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento.

200.2 REQUERIMIENTOS DE ILUMINACIÓN.

En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación. Igualmente, el proyecto debe considerar el tipo de luz y los aportes de luz de otras fuentes distintas a las que se pretenden instalar y el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de iluminación.

En todo proyecto de iluminación o alumbrado público se debe estructurar un plan de mantenimiento del sistema que garantice atender los requerimientos de iluminación durante la vida útil del proyecto, garantizando los flujos luminosos dentro de los niveles permitidos, lo cual se denominará el flujo luminoso mantenido.

200.3 SELECCIÓN DE LUMINARIAS Y FUENTES LUMINOSAS.

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

Para cumplir estos criterios los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas, luminarias, balastos y en general los productos usados en iluminación deben suministrar la información exigida en los requisitos de productos de la sección 300 y complementada con información de catálogos o fichas técnicas de público conocimiento, tal información debe ser la utilizada por los diseñadores y referenciada en las memorias de cálculo.

El diseñador debe tener en cuenta que las luminarias se diseñan para funcionar con determinados tipos de fuentes lumínicas existentes en el mercado; esto implica que una vez definido el tipo de fuente, el universo de luminarias disponibles se reduce. Lo mismo ocurre con las fuentes si primero se define el tipo de luminaria. De manera que la elección debe hacerse en forma que siempre se use la fuente lumínica con una luminaria diseñada para ella o viceversa.

Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son:

⇒ Su fotometría

⇒ Su uso

⇒ El tipo de fuente de luz o bombilla

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

- ⇒ Las dimensiones y forma de la luminaria
- ⇒ El tipo de montaje o instalación requerido
- ⇒ Su cerramiento o índice de protección IP
- ⇒ El tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico

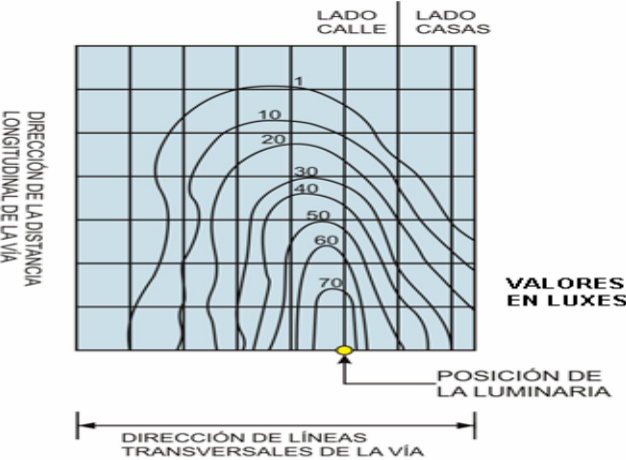
200.3.1 DOCUMENTOS FOTOMÉTRICOS.

Para identificar, clasificar y seleccionar las fuentes y luminarias es necesario conocer sus parámetros mediante los documentos fotométricos que deben suministrar los fabricantes y distribuidores.

a) Matriz de intensidades: Es el principal documento fotométrico de cualquier luminaria y muestra la información de distribución de la intensidad lumínica.

b) Diagrama isolux, Es una representación a escala de los niveles lumínicos que se alcanzarían sobre algún plano horizontal de trabajo en relación con la altura de montaje. Permite realizar cálculos gráficos manuales bastante precisos punto a punto en instalaciones de alumbrado público, instalaciones industriales o en canchas deportivas.

El diagrama Isolux debe cubrir un área comprendida sobre el plano de trabajo horizontal normal de la luminaria en sentido transversal entre -2,5 y +5,0 veces la altura de montaje. En el sentido longitudinal cubre desde 0,0 hasta +7,0 veces la altura de montaje. Lo anterior, asumiendo que la luminaria se encuentra en el punto (0, 0).



El diagrama isolux debe expresar con claridad dos referentes, con el fin de establecer los respectivos factores de corrección: a) La altura de montaje a la que está referido, (permite establecer la escala) y el flujo luminoso de la fuente de luz con la que se realizó.

Para facilitar el cálculo de estos factores de conversión, se debe presentar el diagrama isolux como si la luminaria estuviera a una altura de montaje de 1,0 m y tuviera una bombilla de 1.000 lúmenes.

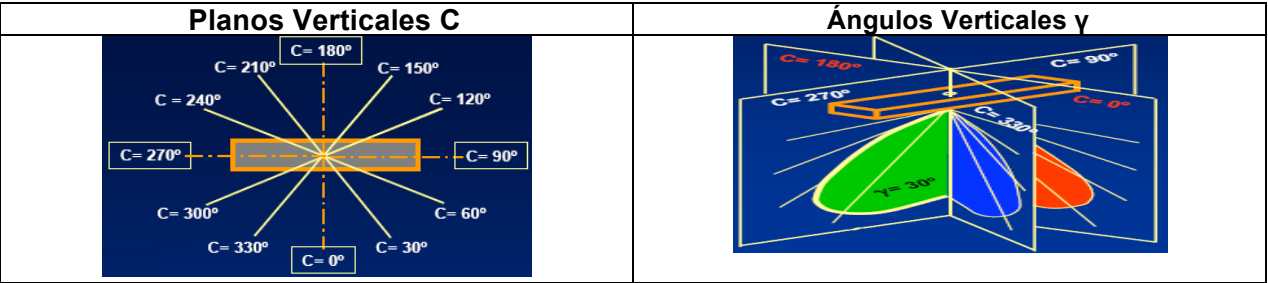
Las diferentes curvas del diagrama se deben expresar en luxes. La curva de mínimo valor isolux en el diagrama, debe permitir el cálculo de niveles de iluminancia hasta de 1 lux, cuando la luminaria esté ubicada en la altura de montaje recomendada por el fabricante y tenga la bombilla igualmente recomendada para su uso. El factor de corrección por la altura de montaje se establece en términos de $(h_o/h_m)^2$ donde h_m corresponde a la altura de montaje del proyecto en tanto que h_o corresponde a la altura a la cual se obtuvo la curva isolux presente.

El factor de corrección por los lúmenes de la bombilla, es directamente proporcional y se expresa como (ϕ_1/ϕ_o) , donde ϕ_1 son los lúmenes del proyecto actual y ϕ_o los lúmenes con los cuales se representa la curva isolux.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

c) Diagrama polar de intensidad luminosa: Corresponde a uno o varios planos **C** específicos en un diagrama isocandela. En el modelo **CIE**, los planos utilizados para conformar diagramas polares son: el que queda justo al frente y atrás de la luminaria (planos **C=90°** y **270°** respectivamente) y el que contiene el valor de la máxima intensidad. Su principal utilización debe ser para establecer la clasificación de las luminarias con relación al control que tengan sobre las componentes de la luminaria que contribuyen a efectos deslumbrantes sobre los usuarios.

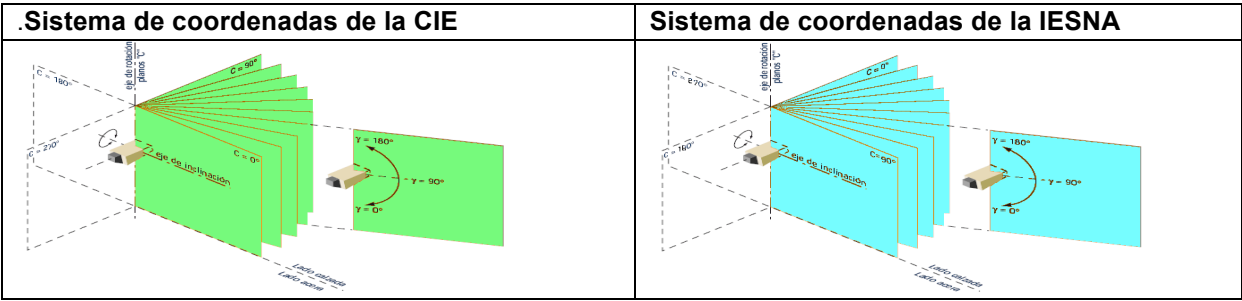
Como en los sistemas de iluminación se usan varios sistemas de coordenadas, para la aplicación adecuada de los documentos fotométricos se debe tener precisión con cual de ellos se trabaja. Considerando que los más aplicados son los adoptados por la COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE -CIE- y por la ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA – IESNA-, se hacen algunas precisiones sobre estos dos sistemas de coordenadas, en especial sus posiciones de referencia.



En la versión **CIE**, denominadas coordenadas esféricas del tipo (**C - γ CIE**), el ángulo **C** inicia en el sentido longitudinal de la vía (ángulo **C=0°**), desde la derecha (visto en planta y desde arriba) y avanza en sentido contrario al uso horario. Así, la porción simétrica de una luminaria para alumbrado público cubre los ángulos desde **C= -90°** hasta **C= +90°**. Cada uno de estos ángulos distingue un PLANO. Así que en adelante, no se hará referencia al ángulo **C** sino al Plano **C**.

En cada plano **C** se pueden distinguir los ángulos verticales denominados **γ** (Gamma). La denominación de estos ángulos comienzan en **0°** el cual se halla ubicado en la vertical en dirección hacia abajo (**γ=0°** ó Nadir) y avanzan en forma ascendente hasta la horizontal (**γ =90°**). En algunas ocasiones puede incluir ángulos verticales hasta **180°** (en dirección vertical hacia arriba ó Cenit), para algunas luminarias decorativas.

En el modelo de coordenadas definido por la **IESNA**, el ángulo horizontal del diagrama isocandela inicia justo al frente de la luminaria (ángulo **C=0°**) y avanza en sentido al uso horario, visto en planta, desde arriba. Igual que en el modelo anterior, cada ángulo **C** define un PLANO. Así que en adelante, no se hará referencia al ángulo **C** sino al Plano **C**.



Con respecto al ángulo vertical, denominado **γ** (Gamma), avanza desde la vertical en dirección hacia abajo (**γ =0°** ó Nadir) hasta la horizontal (**γ =90°**), aunque en algunas ocasiones puede incluir ángulos verticales hasta **180°**, es decir en dirección vertical hacia arriba (ó Cenit), para algunas luminarias decorativas. El ángulo **γ** (Gamma) se comporta de manera similar en ambos sistemas de coordenadas.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Este tipo de coordenadas esféricas se denomina Coordenadas (C - γ IESNA), y es el sistema de coordenadas que se utiliza generalmente para definir la fotometría las luminarias de alumbrado público.

Para hacer una transformación de coordenadas entre sistemas, se utiliza una fórmula que da la relación entre planos C_{CIE} y planos C_{IES} . Esta fórmula es:

$$C_{CIE} = 90^\circ - C_{IES}$$

Para los documentos relacionados con proyectores, se debe utilizar el sistema de coordenadas rectangulares, provenientes del sistema internacional de medidas y patrones.

d) Curvas de coeficientes de utilización. Expresan el porcentaje del flujo luminoso emitido por una luminaria y que cae sobre una superficie determinada. En alumbrado público corresponderá a la superficie de la calzada y en alumbrado interior a la superficie del plano de trabajo o aquella que sea objeto del proyecto de iluminación. Conociendo los requerimientos de iluminación del lugar y la curva del coeficiente de utilización se puede determinar el tipo de luminaria que se requiere.

200.3.2 FLUJO LUMINOSO PARA DISEÑO.

Para el diseño de iluminación y alumbrado público los cálculos se deben hacer tomando el valor de flujo luminoso nominal de las fuentes. El diseñador deberá considerar los factores y características de mantenimiento del flujo luminoso, a lo largo de la vida de la fuente.

200.3.3 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE LA FUENTE LUMÍNICA.

Uno de los factores a tener en cuenta en todo proyecto de iluminación es la vida útil de la fuente, por lo que el fabricante debe suministrar la información sobre el particular.

a) Curvas de Depreciación Luminosa de las Fuentes. El flujo luminoso de las fuentes luminosas decrece en función del tiempo de operación por desgaste de sus componentes. La curva característica de depreciación bajo condiciones de operación nominales varia dependiendo de la sensibilidad de la misma al número de ciclos de encendido y apagado.

Los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas deberán disponer en catálogo o en otro medio de fácil acceso y consulta la información correspondiente a las curvas de depreciación de las fuentes. En el mismo sentido deben informarse las condiciones eléctricas de alimentación y encendido para la operación normal de la bombilla, tales como el rango de tensión de operación nominal de la bombilla.

b) Curva de Mortalidad ó de Vida Promedio de las fuentes luminosas. El fabricante deberá informar sobre la duración de cada tipo de fuente luminosa, publicando la curva de mortalidad correspondiente, o indicando el índice de bombillas sobrevivientes. En este tipo de curva debe determinarse el porcentaje de fuentes que siguen en operación después de un periodo o número de horas de servicio. Con base en esta curva se puede calcular la probabilidad de falla en cada uno de los periodos (años, meses) de funcionamiento de una instalación de alumbrado y hacer los estimativos de reposición de bombillas por mantenimiento.

Las bombillas incandescentes se consideran con vida hasta cuando éstas dejan de encender. En el caso de las bombillas de descarga en gas, la vida útil de la bombilla se considera hasta cuando su flujo luminoso llega al 70% del flujo inicial.

El flujo inicial es el flujo medido en la bombilla a las 100 horas de encendida, operando con un balasto de referencia.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

C) Vida Económica de las fuentes y Análisis Económico de luminarias. La vida económica de una fuente luminosa, es el período expresado en horas después del cual la relación entre el costo de reposición y el costo de los lúmenes-hora que sigue produciendo, no es económicamente favorable. La vida económica depende por consiguiente de la curva característica de depreciación, del costo de las bombillas de reemplazo, del costo de la mano de obra para el cambio y del costo de la energía consumida.

Para efectos del presente reglamento se precisa que las fuentes luminosas son usadas como parte de una luminaria y por lo tanto en el análisis económico se debe considerar el punto luminoso en su totalidad. Es decir, se debe incluir por una parte el efecto del conjunto óptico (fotometría) y por otra el efecto del conjunto eléctrico (eficiencia energética).

Los análisis económicos con fines comparativos o de evaluación deberán tener como referencia los niveles de iluminación mantenidos durante el periodo de análisis, debiendo ser tales niveles iguales o superiores a los valores mínimos establecidos en el presente reglamento. Cada instalación en particular tendrá una vida económica, dependiendo de los resultados de las variables incluidas en el análisis económico.

200.3.4 CARACTERÍSTICAS DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA Y DE TEMPERATURA DE COLOR.

Para la clasificación de las bombillas en función de su Índice de Reproducción Cromática (Ra o CRI), se deben aplicar los valores la Tabla 200.3.4 a. adaptada de la publicación CIE 29.2 de 1986 “Guía de iluminación interior. Segunda edición”.

Clase	Índice de reproducción de color (CRI ó Ra) %
1A	>90
1B	80 a 89
2A	70 a 79
2B	60 a 69
3	40 a 59
4	< 20

Tabla 200.3.4 a. Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su Índice de reproducción del Color

Los desarrollos tecnológicos actuales y los estándares en fuentes de iluminación permiten determinar fácilmente las características de reproducción cromática y temperatura de color, la tabla 200.3.4 b. da una orientación al respecto.

Índice de reproducción cromática (Ra) o (CRI) %	Clase	Cálido < 3.300 K	Neutro 3.300 – 5.000K	Frío >5.000 K	Criterio de aplicación
≥ 90	1 A	Halógenas	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Principalmente donde la apreciación del color sea un parámetro crítico
		Fluorescente lineal y compacta	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Halogenuros metálicos y cerámicos			
80 - 89	1 B	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	Fluorescente lineal y compacta	En áreas donde la apreciación correcta del color no es una consideración primaria pero donde es esencial una buena reproducción de colores
		Halogenuros metálicos y cerámicos	Halogenuros metálicos y cerámicos		
		Sodio Blanco			
70 - 79	2 A	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	Halogenuros metálicos	En áreas donde la calidad de apreciación correcta del color es de poca importancia
< 70	2 B, 3 y 4	Mercurio	Mercurio		
		Sodio			

Tabla 200.3.4 b. Tipos de fuentes luminosas en función de sus características de temperatura de color e índice de reproducción cromática

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

El índice de reproducción cromática y la temperatura de color de la fuente luminosa pueden incidir en las condiciones psicológicas y la percepción estética cuando se realiza una tarea, tales factores pueden acentuarse en función del nivel de iluminación. Por lo anterior, en la selección de las de las fuentes luminosas los anteriores son factores de importancia a considerar en adición a las preferencias personales, la presencia o ausencia de luz natural y el clima exterior.

En la escogencia de la fuente luminosa como criterio de selección del índice de reproducción de color (Ra) se recomienda tener en cuenta la Norma Europea UNE EN 12464-1 de 2003 *"Iluminación. Iluminación de los Lugares de Trabajo. Parte 1: Lugares de Trabajo en Interiores"*, que en su Tabla 5.1 indica el Índice de Reproducción Cromática (Ra), admisible para tareas o actividades.

SECCIÓN 210 GENERALIDADES DEL DISEÑO DE ILUMINACIÓN.

La luz es un componente esencial en cualquier ambiente, hace posible la visión del entorno y además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas.

El diseño de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de esas interacciones y además, conocer y manejar los métodos y la tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda, competencia, creatividad e intuición para utilizarlas.

El diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. Esto implica tener en cuenta diversas disciplinas y áreas del conocimiento. La solución a una demanda específica de iluminación debe ser resuelta en un marco interdisciplinario, atendiendo los diversos aspectos interrelacionados y la integración de enfoques, metodologías, técnicas y resultados.

210.1 ILUMINACIÓN EFICIENTE.

La iluminación puede ser proporcionada mediante luz natural, luz artificial, en lo posible se debe buscar una combinación de ellas que conlleven al uso racional y eficiente de la energía. En los proyectos de iluminación se deben aprovechar los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que se tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles.

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de ambientes agradables, empleando los recursos tecnológicos más apropiados y evaluando todos los costos que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación se llegue al menor valor.

Los sistemas de iluminación objeto del presente reglamento, deben ser eficientes y por tanto deben contemplar el uso racional y eficiente de energía, entre otros requisitos deben observarse los siguientes:

- a) Usar al máximo posible la luz natural.
- b) En todo diseño se deben buscar obtener las mejores condiciones de iluminación usando fuentes luminosas de la mayor eficacia disponible, conjuntos eléctricos de alta eficiencia y luminarias con la fotometría más favorable en términos de factor de utilización.
- c) En los proyectos nuevos o remodelaciones de sistemas de iluminación de avenidas, grandes áreas o parques deportivos, donde se tienen altos consumos de energía, se debe considerar la posibilidad

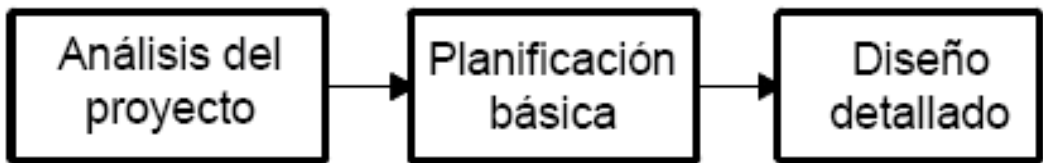
Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

de reducir los consumos en las horas de baja circulación de personas o vehículos, mediante la instalación de tecnologías o prácticas apropiadas de control.

- d) En zonas donde se instale alumbrado con bombillas que no permitan cambios de tensión como método de reducción de potencia, se deben prever los circuitos eléctricos necesarios o los fotocontroles temporizados, para controlar el encendido de las bombillas.

210.2 PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN.

Un diseño de iluminación debe seguir el siguiente procedimiento:



210.2.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO.

En esta etapa se debe recopilar y analizar la información que permita determinar las demandas visuales en función de los alcances, interés y limitaciones del trabajo o tareas a realizar. La identificación clara y precisa de estas variables es fundamental para el éxito de cualquier proyecto.

a) Demandas visuales. Son una consecuencia de la realización de actividades y para determinarlas se debe evaluar la dificultad de las tareas en función de sus características y condiciones de realización incluso en condiciones difíciles y tiempos prolongados.

b) Demandas emocionales. Surgen por la influencia que la luz ejerce sobre el estado de ánimo, motivación, sensación de bienestar y seguridad de las personas.

c) Demandas estéticas. Se refieren a la posibilidad de crear ambientación visual, destacar la arquitectura, ornamentación, obras de arte, etc. Para esto hay que considerar las características físicas y arquitectónicas del ambiente así como del mobiliario y del entorno, la importancia y significado del espacio, etc.

d) Demandas de seguridad. Se determina por una parte, en función de los dispositivos de iluminación para circulación de las personas en condiciones normales y de emergencia; y por otra como las características de las fuentes luminosas.

e) Condiciones del espacio, están relacionadas con las características físicas tanto de las áreas a iluminar como su entorno.

f) Intereses En el diseño de iluminación se deben conocer los intereses de los posibles usuarios y diseñadores de interiores o mobiliario, por lo que se debe aprovechar la oportunidad de conocer e integrar sus opiniones, necesidades y preferencias respecto de las condiciones de iluminación

g) Variables económicas y energéticas, El análisis debe, no solo tener en cuenta los costos de instalación inicial sino también los de funcionamiento durante la vida útil del proyecto.

h) Restricciones. En el diseño se deben tener en cuenta las restricciones normativas o reglamentarias, por razones de seguridad, disposición de la infraestructura y ocupación del espacio, aspectos tales como la existencia de elementos estructurales, arquitectónicos, mobiliario, canalizaciones o equipos de otros servicios son restricciones que se deben tener en cuenta en el sistema de iluminación.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público**210.2.2 PLANIFICACIÓN BÁSICA.**

A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, se debe establecer un perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las distintas demandas del lugar. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño sin llegar a precisar todavía aspectos específicos. Por lo que en esta etapa se deberá contar con un documento de diseño básico. En este punto se debe definir el sistema de alumbrado, características de las fuentes luminosas recomendadas, uso de alumbrado natural y la estrategia para su integración con la iluminación artificial.

La mayoría de los datos necesarios para el análisis del proyecto se obtienen de la documentación técnica pero, en proyectos que lo ameriten se debe realizar un levantamiento visual y eventualmente fotométrico, eléctrico y fotográfico en la obra, para verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de especificar en planos.

210.2.3 DISEÑO DETALLADO.

El diseño detallado es obligatorio para, alumbrado público, iluminación industrial, iluminación comercial con espacios de mayores a 500 m² y en general en los lugares donde se tengan más de 10 puestos de trabajo, iluminación de salones donde se imparta enseñanza, o lugares con alta concentración de personas en una mismo salón (50 o mas), durante periodos mayores a dos horas.

En función del perfil definido en la fase de diseño básico, se deben resolver los aspectos específicos del proyecto, tales como:

- a) La selección de las luminarias
- b) El diseño geométrico y sistemas de montaje
- c) Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos
- d) La instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera.
- e) Análisis económico y presupuesto del proyecto

En esta etapa el diseñador debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica:

- ⇒ Planos de montaje y distribución de luminarias
- ⇒ Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos
- ⇒ Cálculos eléctricos
- ⇒ Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía
- ⇒ El esquema y programa de mantenimiento.
- ⇒ Las especificaciones de los equipos recomendados.

En lo posible el diseño debe considerar varias alternativas de iluminación.

“El diseñador del sistema de iluminación deberá considerar varias alternativas de diseño, recomendando aquella o aquellas que durante la vida útil del proyecto tengan el menor valor presente neto, incluyendo entre otros los costos de energía y de mantenimiento.”¹¹

210.2.4 USO DE SOFTWARE PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

El software empleado en el cálculo y diseño de sistemas de iluminación debe cumplir con los siguientes requisitos:

¹¹ Adicionado por la Resolución 181568 de septiembre 1 de 2010.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

- a. El software debe permitir ingresar la información fotométrica de las fuentes en las coordenadas establecidas en el presente reglamento.
- b. Deberá disponer de rutinas de ingreso para la información del diseño geométrico. De la misma forma deberá permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador.
- c. Las unidades de medida para los datos a ingresar al software y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles.
- d. Las rutinas de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información en cada instante ingresada, tales como: tipo de coordenadas de la fotometría empleada, altura de montaje e inclinación de la luminaria, distancias entre luminarias, posiciones relativas de las luminarias respecto del local, vía o espacio a iluminar, posiciones de las mallas de cálculo y del observador, condiciones ambientales, tipos de superficies e índices de reflexión asociados.
- e. El software debe permitir el uso de las fotometrías reales de las fuentes y no una modelación puntual de las mismas. En el mismo sentido, y con el objeto de disponer de cálculos más exactos y precisos deberá considerar los efectos de reflexiones, las formas y tamaños de los obstáculos.
- f. El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como (CIE, IESNA., NTC, ANSI, etc).
- g. En el caso de usar software para el diseño de alumbrado público, los parámetros de cálculo y los resultados obtenidos deberán cumplir con los requisitos establecidos en el presente reglamento. Para el efecto, parámetros tales como mallas de cálculo, posiciones del observador, factores de mantenimiento con las condiciones ambientales del lugar y el grado de protección de la luminaria usada en la instalación y demás, deberán validarse ante organismo de inspección o laboratorio acreditado para desarrollar actividades de iluminación a nivel nacional o internacional. La diferencia entre los resultados del software a validar y los obtenidos por el software de referencia empleado por el laboratorio u organismo de inspección no podrá ser mayor de 5%, para su aceptación.
- h. El software de diseño interior deberá efectuar los cálculos de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, eficiencia energética. Se podrá usar un software independiente para calcular el Coeficiente de Contribución de Luz Día - CLD a la instalación.
- i. Los datos resultantes del diseño no pueden diferir en más del 5% para el caso de **iluminancia** y del 10% para el caso de **luminancia**, respecto de los valores medidos del sistema de iluminación en funcionamiento.

Aunque el software especializado no requiere de un certificado de conformidad de producto, si se requiere que tenga una validación de sus resultados en por lo menos 3 de sus aplicaciones, mediante pruebas y mediciones realizadas por un organismo de inspección acreditado.

210.3 USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN.

Todos los proyectos de iluminación y alumbrado público deben incorporar y aplicar conceptos de uso racional y eficiente de energía, para conseguir una iluminación eficiente sin desatender las demandas visuales, los conceptos que se deben aplicar son los siguientes:

210.3.1 SECTOR RESIDENCIAL.

- a. Aprovechar al máximo la luz natural.
- b. Usar Colores claros en paredes y techos permite aprovechar al máximo la luz natural y reducir el nivel de iluminación artificial.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

- c. No dejar encendidas fuentes luminosas que no se estén utilizando.
- d. Limpiar periódicamente las bombillas y luminarias permite aumentar la luminosidad sin aumentar la potencia.
- e. Adaptar la iluminación a las necesidades, prefiriendo la iluminación localizada, además de ahorrar energía permite conseguir ambientes más confortables.
- f. Colocar reguladores de intensidad luminosa de tipo electrónico.
- g. Colocar detectores de presencia o interruptores temporizados en zonas comunes (vestíbulos, garajes, etc.), de forma que las fuentes luminosas se apaguen y enciendan automáticamente.

210.3.2 SECTOR COMERCIAL E INDUSTRIAL.

- a. Aprovechar al máximo la luz natural mediante la instalación de foto sensores que regulen la iluminación artificial en función de la cantidad de luz natural, o independizando los circuitos de las lámparas próximas a las ventanas o claraboyas.
- b. Establecer circuitos independientes de iluminación para zonificar la instalación en función de sus usos y diferentes horarios.
- c. Usar sistemas de control centralizado en grandes instalaciones permiten ahorrar energía mediante la adecuada gestión de la energía demandada y consumida, además de efectuar un registro y control sobre los eventos que afectan la calidad del servicio.
- d. Instalar detectores de presencia temporizados en los lugares menos frecuentados (pasillos, servicios, almacenes, etc.).
- e. Instalar controles de iluminación automáticos que apaguen o enciendan las luces en determinados horarios, son una fuente de ahorro importante.
- f. Elegir siempre las fuentes de luz con mayor eficacia energética en función de las necesidades de iluminación.
- g. Emplear balastos que, ahorran energía, alargan la vida de las bombillas y consigan iluminación más agradable y confortable.
- h. Realizar un mantenimiento programado de la instalación, limpiando fuentes de luz y luminarias y reemplazando las bombillas en función de la vida útil indicada por los fabricantes.

210.3.3 ALUMBRADO EXTERIOR Y PÚBLICO.

- a. Utilizar luminarias para alumbrado público con fotometrías que le permitan hacer diseños con la mayor interdistancia y menor altura de montaje.
- b. Instalar luminarias con el más bajo flujo hemisférico superior (FHS) posible.
- c. Usar conjuntos ópticos con el mejor factor de utilización y la mejor eficacia lumínica de la.
- d. Usar equipos para el conjunto eléctrico con bajas pérdidas, dimerizables o que permitan la reducción de potencia.
- e. Elegir correctamente los ángulos de apertura para los proyectores.
- f. Seguir las recomendaciones sobre posiciones de instalación de proyectores.
- g. Usar controles temporizados para proyectores.

210.3.4 OTRAS MEDIDAS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA PARA APLICACIÓN URE.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

- a. Usar materiales traslúcidos, difusos que dejen pasar poco calor radiante y aplíquelo en áreas grandes para incrementar la contribución de luz natural.
- b. Usar iluminación localizada en puestos de trabajo, mayor que la general.
- c. El diseño de la distribución de la iluminación debe ser flexible, de tal manera que pueda permitir una reacomodación en la organización del trabajo.
- d. Usar fuentes de luz más eficaz y satisfagan los requerimientos de rendimiento de color.
- e. Uso de la luminaria más eficiente, que satisfaga el requerimiento de confort en términos de apantallamiento.
- f. Incrementar las reflectancias de la superficie del salón hasta valores donde no se produzca deslumbramiento, disconfort y distracción.
- g. Control horario de apagado y encendido de sistemas de iluminación, sin comprometer aspectos de seguridad.

SECCIÓN 220 LA ILUMINACIÓN EN EL ANÁLISIS DE RIESGOS.

Todo diseño de un proyecto de iluminación debe resolver los factores de riesgo propios del sistema de iluminación, para lo cual el diseñador deberá hacer una evaluación de tales factores. En el análisis se deben considerar todos los aspectos de la iluminación relacionados con la salud y seguridad de las personas, el medio ambiente y la vida animal y vegetal, en este sentido debe considerarse los requerimientos de iluminación de emergencia, en caso de falla en las instalaciones de alumbrado normal o del suministro de energía.

Una iluminación inadecuada, por exceso o defecto, puede llevar a patologías asociadas como dolores de cabeza, irritación de los ojos, trastornos músculo-esquelético, debido a posiciones constantes y generalmente inadecuadas, asociadas a la utilización rápida y repetitiva de ciertos grupos musculares, que se traducen en cansancio muscular que lleva a malas posturas con alteraciones dolorosas de columna vertebral, principalmente en la región cervical y lumbar.

El cansancio visual por variaciones en la acomodación del ojo puede llevar a la presentación de mareos, originados por el efecto cebra y el efecto parpadeo.

El efecto cebra se produce por la aparición sucesiva de zonas claras y oscuras ante el conductor que puede llegar a sentir una sensación de molestia e incluso mareo debido a una baja uniformidad de las luminancias.

El efecto de parpadeo o flicker se produce por cambios periódicos de los niveles de luminancia en el campo de visión, según unas frecuencias críticas, entre 2,5 y 15 ciclos/segundo, que provocan incomodidad y mareos.

Utilizar fuentes de iluminación con un color de luz no apropiado para la actividad que se desarrolla en sitios con iluminación artificial, puede producir Discromatopsias, que son alteraciones que implican trastornos en la discriminación de colores.

La inadecuada disposición física de los equipos de iluminación puede llevar a que se presenten deslumbramientos perturbadores o molestos, debido a la luz que emiten directamente las fuentes luminosas o reflejadas; por ello el deslumbramiento es un factor importante a considerar en el análisis de riesgos.

Por tales razones la evaluación de las condiciones bajo las cuales se desplazan los peatones y los vehículos en los espacios públicos y las condiciones de los puestos de trabajo, donde se llevan a cabo labores industriales, comerciales, educativas o se realizan actividades recreativas o del hogar, deben

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

considerar los siguientes aspectos, para minimizar el riesgo de inseguridad, accidentalidad y deterioro de la salud visual:

- a) Niveles adecuados de iluminación, dependiendo del lugar, actividad y edad de las personas que van a utilizar dicho alumbrado.
- b) Uniformidad de los niveles de iluminación.
- c) Control del deslumbramiento.
- d) Temperatura de color de las fuentes luminosas y su índice de reproducción del color, dependiendo de la actividad que se desarrolla en el sitio iluminado.
- e) Temperatura asociada a la operación de las fuentes, propiedades de luminarias y sitios de montaje, incluyendo las de ignición de los productos aledaños.
- f) Condiciones de localización para la operación y el mantenimiento.

En el análisis de riesgos se debe considerar el rendimiento visual, que es el término usado para describir la velocidad con la que funciona el ojo, así como la precisión con la cual se puede llevar a cabo una tarea visual. El valor del rendimiento visual para la percepción de un objeto se incrementa hasta cierto nivel al incrementar la iluminancia o la luminancia del local. Otros factores que influyen sobre el rendimiento visual son el tamaño de la tarea visual y su distancia al observador, así como los contrastes de color y luminancia.

En el evento que algunas de las medidas para mitigar o minimizar los riesgos asociados al sistema de iluminación sean de aplicación por parte del usuario, el diseñador debe darle a conocer tales medidas en documento anexo al diseño.

SECCIÓN 230 MEDICIÓN DE VARIABLES FOTOMÉTRICAS.

Los proyectos de iluminación, las fuentes y luminarias se deben medir con los instrumentos adecuados, con las calibraciones y certificaciones acordes con las normas de metrología establecidas en el país. Las cantidades fotométricas que se necesitan medir en trabajos de campo son la iluminancia y la luminancia.

230.1 MEDICIÓN DEL FLUJO LUMINOSO.

Las medidas de flujo luminoso se deben realizar en laboratorios acreditados o reconocidos por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de sensibilidad fotópica de ojo a las radiaciones monocromáticas, incorporado a un casco esférico (Esfera de Ulbricht,) y en cuyo interior se coloca la fuente luminosa a medir.

En consideración a que hay tres tipos de respuesta visual; Fotópica o visión de día (3 cd/m² a mas), Escotópica o visión de noche (0.001 cd/m² o menos), Mesotópica como combinación entre la fotópica y la escotópica (0.001 cd a 3 cd/m²) (Lighting hand book pag 1-6) , investigaciones recientes demuestran la importancia de incluir en los sistemas de iluminación el uso de las fuentes de luz cuyas características de emisión permiten una mejor percepción bajo condiciones de iluminación mesotópica y escotópica.

Los resultados de las investigaciones indican que fuentes luminosas cuyas características fotométricas son evaluadas actualmente mediante estándares fotópicos, presentan mejores características para la percepción del ojo humano en los niveles mesotópicos y escotópicos, así como que adicionalmente las fuentes requieren de menor uso energético para producir similares percepciones. Los efectos positivos que se desprenden de los estudios realizados y su estrecha relación con una posible aplicación URE, hace posible que los diseños de iluminación tiendan a considerar las condiciones de visión mesotópica y

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

Escotópica, propiciando una mayor participación a las fuentes de luz con mayor contenido de azules. No obstante a la fecha no se tiene una norma internacional que valide estos resultados.

Por lo anterior, a manera de investigación se podrán aceptar proyectos diseñados y construidos bajo las condiciones descritas en los párrafos anteriores, siempre que exista una persona responsable del sistema de iluminación y sean monitoreados. En el evento que se expida una norma internacional sobre el asunto, deberá dársele aplicación.

Como el flujo luminoso de las lámparas se mide en las condiciones de sensibilidad fotópica, para los proyectos realizados bajo el criterio de sensibilidad escotópica o mesotópica del ojo, se deben hacerse los ajustes de acuerdo con los estudios en que se soporten, tales como el STRATIO Escotópico – Fotópico, así como normas relacionadas tales como la BSEN 13201-2, ITALIAN STANDARD UNI 124800-2007.

230.2 MEDIDOR DE ILUMINANCIA.

La iluminancia se mide en Luxes con un **luxómetro**, el cual tiene tres características importantes: sensibilidad, corrección de color y corrección coseno.

La **sensibilidad** se refiere al rango de iluminancia que cubre, dependiendo si será usado para medir luz natural, iluminación interior o exterior nocturna. Para una adecuada medición de iluminancia se requiere que el luxómetro tenga certificado de calibración vigente y las siguientes especificaciones técnicas: respuesta espectral $\leq$ al 4% de la curva CIE Standard, error de Coseno $\leq$ al 3% a 30°, pantalla de 3,5 dígitos, precisión de $\pm 5\%$ de lectura $\pm$ un dígito y rango de lectura entre 0.1 y 19.990 luxes.

La **corrección de color** se refiere a que el instrumento tiene un filtro de corrección, para que el instrumento tenga una sensibilidad espectral igual a la del Observador Standard Fotópico de la CIE.

La **corrección coseno** significa que la respuesta del medidor de iluminancia a la luz que incide sobre él desde direcciones diferentes a la normal sigue la ley de coseno.

230.3 MEDIDOR DE LUMINANCIA.

La luminancia media sobre un área específica se mide en Candelas / m². con un luminancímetro, este aparato posee un sistema óptico que enfoca la imagen sobre un detector, mirando a través del sistema óptico el operador puede identificar el área sobre la que está midiendo la luminancia, y usualmente muestra la luminancia promedio sobre esta área.

Las características y requisitos más importantes que debe tener los luminancímetros son su respuesta espectral acorde con la curva de sensibilidad espectral del observador estándar de la CIE, su sensibilidad y la calidad de su sistema óptico; ángulo de aceptación 1/3°, sistema óptico con lentes de 85 mm, sistema SLR factor de destello inferior a 1,5%, receptor de fotocelda de silicio, respuesta espectral de acuerdo con la curva fotópica de la CIE (iluminante A; valor integrado de 400 a 760 nm), unidad de medida cd/m², exactitud de: 0,01 a 9,99 cd/m²: $\pm 2\% \pm 2$ dígitos del valor visualizado; 10,00 cd/m² o más: $\pm 2\% \pm 1$ del valor mostrado (iluminante A medido a temperatura ambiente de 20 a 30° C. Factor de corrección con un ajuste de entrada numérico, rango: 0,001 a 9.999, pantalla externa: de 4 dígitos LCD con indicaciones adicionales, visor: 4 dígitos LCD con retroalimentación LED y certificado de calibración vigente.

230.4 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN.

Para la calibración o verificación de los equipos de medición de iluminación, debe hacerse en una unidad de verificación o laboratorio de prueba debidamente acreditado o reconocido por la autoridad competente.

Continuación Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

La unidad de verificación o laboratorio de prueba debe entregar el certificado de calibración o verificación contra un equipo patrón de acuerdo con la lista de chequeo exigida por la autoridad de metrología competente. La vigencia de los dictámenes emitidos por las unidades de verificación y los reportes de los laboratorios de prueba será las determinadas por la autoridad de metrología competente.