



## CAPÍTULO 5 – ALUMBRADO PÚBLICO

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>5 ALUMBRADO PÚBLICO</b>	<b>6</b>
5.1 OBJETIVO DE LA NORMA	6
5.2 DEFINICIONES	8
5.3 GENERALIDADES	15
5.3.1 Información Básica de Diseño	15
5.3.2 Clases de Iluminación de Acuerdo al Tipo de Vía	16
5.3.2.1 Vías Vehiculares	16
5.3.2.2 Áreas de Tráfico Peatonal y de Ciclistas	18
5.4 LUMINANCIA	20
5.4.1 Uniformidad	21
5.4.2 Incremento de Umbral	21
5.4.3 Relación de Alrededores	22
5.5 LUMINANCIA Y CARACTERÍSTICAS REFLECTIVAS DE LAS CALZADAS	22
5.5.1 Coeficiente de Luminancia	23
5.5.2 Coeficiente de Luminancia Reducido	25
5.5.3 Propiedades Reflectivas y Parámetros Característicos de Calzadas	25
5.5.4 Clasificación de Revestimientos	26
5.6 ILUMINANCIA (E)	32
5.7 CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS	34
5.7.1 Clasificación de la CIE	34
5.7.2 Clasificación de la IES	36
5.8 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	37

 <small>La energía de nuestra gente</small>	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

5.8.1	Altura de Montaje de las Luminarias (H)	38
5.8.2	Disposición de las Luminarias	38
5.8.3	Interdistancia entre Luminarias (S)	40
5.8.4	Casos Especiales de Localización de Luminarias	41
5.8.4.1	Disposición de luminarias en curvas	41
5.8.4.2	Disposición de Luminarias en Cruces en T	42
5.8.4.3	Disposición de Luminarias en Cruces en Y	44
5.8.4.4	Disposición de Luminarias en Cruces en X	45
5.8.4.5	Disposición de Luminarias en Glorietas	46
5.9	MÉTODOS DE CÁLCULO DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA	47
5.9.1	Cálculo de Luminancia	48
5.9.1.1	Método de la CIE	48
5.9.1.2	Método de la IES	51
5.9.2	Cálculo de Iluminancia	52
5.9.2.1	Cálculo de Iluminancia (lx) Empleando el Método del Coeficiente de Utilización (k)	52
5.9.2.2	Cálculo de la Iluminancia Empleando el Método de los 9 Puntos	53
5.10	MATERIALES	58
5.10.1	Postes	58
5.10.2	Conductores	60
5.10.3	Luminarias	60
5.10.3.1	Carcasa	62
5.10.3.2	Portalámparas	63
5.10.3.3	Arrancador	63
5.10.3.4	Condensador	63
5.10.3.5	Balasto	64

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

5.10.3.6	Refractor	65
5.10.3.7	Alambre	65
5.11	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	65
5.11.1	Circuitos y Canalizaciones	65
5.11.2	Cámaras	66
5.11.3	Protección	67
5.11.4	Controles de Iluminación	67
5.11.5	Herrajes y Brazos	67
5.11.6	Bombillas	68
5.11.7	Ductos	68
5.11.8	Transformador para Alumbrado Público	69
5.11.9	Puesta a Tierra	69
5.12	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO	70

## TABLAS

Tabla 5.1	Clases de Iluminación para diferentes tipos de vías	16
Tabla 5.2	Criterios admitidos según el tipo de vía	18
Tabla 5.3	Clases de iluminación para áreas peatonales	19
Tabla 5.4	Iluminancia horizontal en áreas de tráfico peatonal	20
Tabla 5.5	Requisitos mínimos por tipo de iluminación	22
Tabla 5.6	Tipos de revestimientos de calzadas (tomada de la NTC 900)	27
Tabla 5.7	R para superficie R1	28
Tabla 5.8	R para superficie R2	29
Tabla 5.9	R para superficie R3	30
Tabla 5.10	R, para superficie R4	31
Tabla 5.11	Altura de montaje con relación al flujo luminoso	38

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Tabla 5.12 Recomendaciones sobre disposición de luminarias y alturas de montaje	40
Tabla 5.13 Datos leídos en los 9 puntos	55
Tabla 5.14 Valores recomendados por la IES de iluminancia promedio para diferentes vías	57
Tabla 5.15 Características de postes metálicos para AP	59

## FIGURAS

Figura 5.1 Ángulos relacionados con el coeficiente q	24
Figura 5.2 Iluminancia en un punto p de la calzada	33
Figura 5.3 Diferentes posiciones de las luminarias	39
Figura 5.4 Disposición de luminarias en curva	42
Figura 5.5 Cruces en T	43
Figura 5.6 Cruces en Y	44
Figura 5.7 Cruces en X	45
Figura 5.8 Luminarias en glorieta	46
Figura 5.9 Ubicación de los nueve puntos según localización de las luminarias	50
Figura 5.10 Puntos de cálculo en un carril	54

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



## 5 ALUMBRADO PÚBLICO

### 5.1 OBJETIVO DE LA NORMA

Según el Decreto 2424 de 2006 expedido por el Ministerio de Minas y Energía, por el cual se regula la prestación del servicio de alumbrado público, se define “Alumbrado Público”.

DEFINICIÓN DE SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO (AP): “Es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición, y la expansión del sistema de alumbrado público.”

Para la **EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P. (edeq S.A. E.S.P.)**, es fundamental que en su área de influencia, el alumbrado público cumpla con unos requerimientos mínimos para garantizar a los usuarios de las vías y los andenes desplazarse por ellos con seguridad y comodidad.

Las instalaciones de Alumbrado Público, deberán cumplir con el “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público” o aquel que lo reemplace o modifique, o en su defecto con una cualquiera de las siguientes Normas internacionales: CIE 115, CIE 30-2 (TC-42); IES RP-8; IES LM-50; para ello **edeq S.A. E.S.P.** adopta los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Público, con base en los cuales se deberán diseñar, construir y operar todas las obras y componentes relacionadas con alumbrado público.

La presente Norma no aplica a la iluminación de jardines, parques, fachadas de edificaciones y monumentos. Los diseños de urbanizaciones, conjuntos cerrados y edificaciones, contemplarán el diseño del alumbrado público en su entorno; aquellos se harán cumpliendo los criterios fijados en el Reglamento, de acuerdo a la clasificación de las vías; bien sea calculando niveles de iluminación o luminancia pero, siempre, cumpliendo unos mínimos de uniformidad previamente establecidos.

Todo lo relacionado con AP acatará: lo dispuesto en las Leyes 142 y 143 de 1994, las Resoluciones de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), el Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050), el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Armenia o el municipio respectivo y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

Los productos y materiales utilizados en la construcción de las instalaciones eléctricas del alumbrado público y que estén contenidas en la Tabla No.10.2 a. del RETILAP, deberán demostrar su conformidad con él, mediante un certificado de producto.

Las Normas aquí contempladas se aplican a todo el sistema de alumbrado público de edeq S.A y para las diferentes concesiones que operen este servicio, lo mismo que para entidades y/o personas oficiales, públicas o privadas, que requiera la instalación del servicio de alumbrado público.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

## 5.2 DEFINICIONES

**Absorción.** Término general para referirse al proceso mediante el cual el flujo incidente se convierte en otra forma de energía, usualmente calor.

**Absortancia (factor de absorción).** Relación entre el flujo luminoso absorbido por una superficie y el flujo incidente sobre ella.

**Alcance.** El alcance está definido por el ángulo  $\gamma_{\text{máx}}$  que forma el eje del haz con la vertical que va hacia abajo (nadir). El eje del haz está definido por la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos direcciones de 90%  $\square_{\text{máx}}$  en el plano vertical de intensidad máxima. Las luminarias se clasifican de acuerdo al alcance en:

$\gamma_{\text{máx}} < 60^\circ$ : alcance corto

$70^\circ \geq \gamma_{\text{máx}} \geq 60^\circ$ : alcance medio

$\gamma_{\text{máx}} > 70^\circ$ : alcance largo

**Altura de montaje.** Es la distancia vertical medida entre la superficie a iluminar y el centro óptico de la fuente de luz de la luminaria.

**Ángulo de inclinación de la luminaria.** Ángulo formado entre el eje longitudinal de la luminaria y la horizontal.

**Apantallamiento de la luminaria.** Propiedad de una luminaria de eliminar las intensidades luminosas emitidas por la fuente de luz que forma con el eje del aparato (perpendicular al plano de la vía) un ángulo superior a un límite establecido, (ver luminarias *cut-off*, *semi cut-off*, *non cut-off*).

**Arrancador.** Dispositivo para producir pulsos de tensión en asocio con otros elementos que permiten el arranque de las bombillas de sodio.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



**Balasto.** Dispositivo eléctrico utilizado con bombillas de descarga eléctrica, para obtener las condiciones necesarias del circuito (tensión, corriente, forma de onda) para el encendido y operación de las bombillas.

**Bombilla.** Fuente de luz artificial, fabricado con el objeto de producir radiaciones en la zona del espectro visible.

**Brillo.** Sensación visual subjetiva por la que una superficie parece emitir mayor o menor cantidad de luz.

**Candela (cd).** Unidad del Sistema Internacional (SI) de intensidad luminosa. Una candela es igual a un lumen por estereorradián. Una candela se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de una frecuencia de  $540 \times 10^{12}$  Hz y en la cual la intensidad radiante en esa dirección es  $1/683$  W por estereorradián.

Candela por metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Unidad de luminancia.

**CIE.** Comisión Internacional de Iluminación (*Commission Internationale de L'éclairage*). Organismo que agrupa comités nacionales de iluminación de más de 30 países.

**Coeficiente de luminancia (q).** Relación entre la luminancia en un punto determinado y la iluminancia horizontal en ese mismo punto, la cual depende de la posición del observador y de la fuente luminosa respecto al punto.

**Coeficiente de luminancia media ( $Q_0$ ).** Conocido como grado de claridad de una calzada y se define como el promedio del coeficiente de luminancia q sobre un determinado ángulo sólido de incidencia de luz.

**Coeficiente de utilización (CU).** Relación entre el flujo incidente sobre una superficie a iluminar y el flujo total producido por la luminaria. También llamado Factor de Utilización (FU) de la luminaria.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Conjunto eléctrico para una bombilla de descarga. Todos los elementos necesarios para el adecuado funcionamiento de una bombilla de descarga (balasto, condensador o arrancador), dentro de una luminaria.

Conjunto óptico. Elementos necesarios para controlar y dirigir la luz producida por una bombilla, dentro de una luminaria.

Contraste. Relación de luminancia entre el objeto que se observa y la del entorno que lo rodea (fondo).

Curva isolux. Curva que une los puntos que tengan la misma iluminación (nivel de iluminación) horizontal producida por una fuente, localizada a una determinada altura de montaje y un flujo luminoso de 1.000 lm.

Deslumbramiento. Molestia visual o reducción en la percepción de los objetos, debido a una diferencia de luminancia a la que el ojo no se adapta.

Difusor. Elemento que sirve para dirigir o distribuir el flujo luminoso producido por una fuente de luz.

Dispersión. Está definida por la posición de la línea, que corre paralela al eje de la vía y que es tangente en un punto al borde más alejado del 90%  $\square_{\text{máx}}$  en la vía. La posición de esta línea está definida por el ángulo  $\gamma_{90}$  medido entre el punto y la vertical de la luminaria. Las luminarias se clasifican de acuerdo al ángulo de dispersión así:

$\gamma_{90} < 45^\circ$ : dispersión estrecha

$55^\circ \geq \gamma_{90} \geq 45^\circ$ : dispersión media

$\gamma_{90} > 55^\circ$ : dispersión ancha

Disposición alternada, zigzag, o tresbolillo. Distribución de luminarias en forma alternada a lado y lado de la vía, utilizada en AP.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Disposición bilateral opuesta. Distribución de luminarias, utilizadas en AP, en la cual éstas se localizan a ambos lados de la vía, enfrentadas unas con otras.

Disposición central. Distribución de luminarias utilizada en AP, donde estas se localizan en el separador central de la vía y permiten mediante un solo apoyo iluminar las calzadas situadas en ambos costados del separador.

Disposición unilateral. Distribución de luminarias utilizada en AP, donde estas se localizan de un solo lado de la vía.

Distribución de intensidad luminosa. Distribución espacial en todas las direcciones de las intensidades luminosas producidas por una fuente de luz o luminaria.

Eficacia luminosa ( $\eta$ ). Relación entre el flujo total emitido y la potencia total en Vatios absorbida por una fuente de luz, se expresa en (lm/W), puede hacer referencia a una fuente de luz o a una luminaria.

Factor de mantenimiento ( $f_m$ ). Factor utilizado en el cálculo de luminancia e iluminancia y relaciona la luminancia o iluminancia promedio en una superficie de la vía después de un periodo de tiempo de uso y la luminancia o iluminancia sobre la misma superficie para la instalación nueva, bajo las mismas condiciones.

Factor de uniformidad de iluminancia. Medida de la variación de la iluminancia en un plano, expresada mediante alguno de los siguientes valores.

Relación entre la iluminancia mínima y la máxima

Relación entre la iluminancia mínima y la promedio

Factor de uniformidad general de la luminancia ( $U_0$ ). Relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio sobre la superficie de una calzada.

$$U_0 = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \text{ en } \%$$

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Es una medida del comportamiento visual que no puede ser inferior a 0,4 para L comprendido entre el rango de  $1 \text{ cd/m}^2$  a  $3 \text{ cd/m}^2$ , con el fin de que un objeto sea perceptible el 75 % de los casos en un tiempo no mayor a 0.1 s.

Factor de uniformidad longitudinal de luminancia ( $U_L$ ). La medida menor de la relación  $L_{\text{mín}}/L_{\text{máx}}$  sobre un eje longitudinal paralelo al eje de la vía que pasa por la posición del observador y situado en el centro de uno de los carriles de circulación.

Factor de utilización de la luminaria. Relación entre el flujo luminoso que llega a la calzada (flujo útil) y el flujo total emitido por la luminaria.

Flujo luminoso ( $\Phi$ ). Cantidad de luz emitida por una fuente de luz en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).

Flujo luminoso nominal. Es el flujo medido a las 100 horas de funcionamiento de la bombilla en condiciones normales de utilización. Se aplica sólo a las bombillas de alta intensidad de descarga.

Flujo útil. Flujo luminoso que incide en la calzada o superficie considerada.

Fotometría. Medida de las cantidades de luz.

Fotómetro. Instrumento utilizado para medir cantidades fotométricas: flujo luminoso, luminancia, intensidad luminosa e iluminancia.

Fuente de luz o fuente luminosa. Dispositivo que emite flujo luminoso.

Iluminancia (E). También conocido como nivel de iluminación, densidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie, relaciona el flujo luminoso incidente con el área de incidencia ( $\Phi/A$ ). Su unidad es el lux.

Índice de control de deslumbramiento (TI). Número que indica el grado de control del deslumbramiento fisiológico.

Índice de deslumbramiento unificado (UGR): Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Iluminación) N° 117.

Índice de rendimiento del color (Ra). Medida del grado de aproximación en la apariencia del color de los colores reproducidos por una fuente de luz en estudio y una fuente de referencia. También llamado “Índice de Reproducción Cromático” (CRI).

Intensidad luminosa de una fuente en una dirección dada (I). Cociente entre el flujo luminoso emitido por una fuente y el ángulo sólido que lo contiene en la dirección considerada. Su unidad es la candela.

Interdistancia entre luminarias. Distancia entre los centros de dos luminarias consecutivas; también conocido como espaciamiento entre luminarias.

Ley de la inversa del cuadrado. La iluminancia en un punto del plano perpendicular a la fuente de luz, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa y directamente proporcional a la intensidad en la dirección del punto:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Ley del coseno. Establece que la iluminancia en un punto de un plano es proporcional al coseno del ángulo de incidencia de la luz (ángulo entre la vertical y la dirección de la luz incidente en ese punto):

$$E = \frac{I}{d^2} \times \cos \gamma$$

Lumen (lm). Unidad de medida de flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Es el flujo luminoso emitido dentro de un ángulo sólido de un estereorradián por una fuente puntual uniforme que tiene una intensidad de una candela.

Luminancia (L). En un punto de una superficie. En una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada, producida por un

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

elemento de la superficie que rodea al punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. Bajo el concepto de intensidad luminosa, la luminancia puede expresarse como:

$$L = \frac{dI}{dA} \times \frac{1}{\cos \varphi}$$

**Luminaria.** Aparato que distribuye, filtra o transforma la luz producida por las bombillas, incluye los elementos necesarios para conectarlas, fijarlas y protegerlas.

**Lux (lx).** Unidad de medida de iluminancia. Iluminación sobre una superficie de un metro cuadrado sobre la que incide un flujo de un lumen uniformemente repartido en la superficie.

**Matriz de intensidades.** Tabla fotométrica que define las intensidades de las diferentes fuentes de luz o luminarias en función de los ángulos  $C$  y  $\gamma$ . Generalmente especificadas en cd por 1.000 lm.

**Protector.** Elemento translúcido de una luminaria cerrada, cuya función es proteger las bombillas y el reflector, del polvo, golpes y agentes atmosféricos externos.

**Proyector.** Luminaria que produce altas intensidades luminosas en un ángulo sólido limitado, utilizando los principios de reflexión y refracción de la luz.

**Reflectancia.** Relación entre el flujo luminoso reflejado y el incidente. Antes llamado “factor de reflexión”.

**Reflector.** Elemento de una luminaria cuya función es reflejar el flujo luminoso de una fuente de luz mediante el fenómeno de reflexión.

**Refractor.** Dispositivo utilizado para cambiar la dirección de luz el flujo luminoso de una fuente de luz mediante el proceso el fenómeno de la refracción.

**Tensión nominal.** Valor de la tensión de alimentación especificado por el fabricante y según la cual se determinan las condiciones de aislamiento y de funcionamiento del dispositivo o equipo.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Temperatura del color correlacionada. Temperatura en grados kelvin, que requiere un radiador universal o cuerpo negro, para producir una cromaticidad similar al de la fuente considerada. También llamada temperatura de color similar.

Temperatura del color de una fuente luminosa (K). Temperatura en grados Kelvin, que requiere el radiador o cuerpo negro para producir una cromaticidad igual a la de la fuente considerada.

Vida media. Promedio de tiempo transcurrido de funcionamiento de un lote de fuentes de luz, antes de que haya dejado de funcionar la mitad de dicho lote.

Vida útil. Tiempo de funcionamiento de las fuentes de luz de descarga, transcurrido hasta que se llega al 70% del flujo nominal de la fuente.

## 5.3 GENERALIDADES

### 5.3.1 Información Básica de Diseño

Para desarrollar un proyecto de alumbrado público es necesario recolectar información que permita fijar criterios y dar soluciones a los problemas que se puedan presentar en el uso de la vía por parte de conductores y peatones.

La información requerida debe contemplar los siguientes aspectos:

- Grado de complejidad y velocidad de circulación de la vía
- Control de tráfico y separación de rutas
- Tipos de vías
- Circulación de peatones
- Configuración de la vía (rectas, curvas, superficie de la calzada, etc.)
- Intercepciones, puentes, glorietas, túneles

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.3.2 Clases de Iluminación de Acuerdo al Tipo de Vía

#### 5.3.2.1 Vías Vehiculares

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público establece 5 clases de iluminación de acuerdo a las características de la vía, de M1 a M5. Para su selección se deben considerar aspectos como: función de la vía, densidad vehicular y de peatones, grado de complejidad, separación y control de tráfico (semaforización y señales viales). Se consideran todos los usuarios de la vía, incluyendo los vehículos motorizados, ciclistas, motociclistas y peatones.

Las tablas y notas a continuación son tomadas del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

**Tabla 5.1 Clases de Iluminación para diferentes tipos de vías**

Descripción de la vía	Clase de iluminación
Vías de alta velocidad con calzadas separadas exentas de cruce a nivel y con accesos completamente controlados: autopistas expresas. Densidad del tráfico y complejidad de la Vía (1) Alto Medio Bajo	M1 M2 M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Control de tráfico (2) y separación (3) de diferentes usuarios de la vía Escaso Suficiente	M1 M2

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Descripción de la vía	Clase de iluminación
<p>Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía</p> <p style="text-align: center;">Escaso Bueno</p>	<p>M2 M3</p>
<p>Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales. Vías que conducen a las propiedades y a las otras vías colectoras</p> <p style="text-align: center;">Escaso Bueno</p>	<p>M4 M5</p>

#### Notas.

- La complejidad de la vía, se refiere a su infraestructura, movimiento de tráfico y alrededores visuales. Se deben considerar los siguientes factores: número de carriles, inclinación, letreros y señales, entrada y salida de rampas, intersecciones y otros sitios que se consideran como áreas conflictivas.
- Control de tráfico, se refiere a la presencia de letreros y señales, así como a la existencia de regulaciones. Los métodos de control son: semaforización, reglas de prioridad, regulaciones de prioridad y señales, avisos y demarcación de la vía.  
Cuando estos elementos no existen o son esporádicos, el control se considera escaso y viceversa
- La separación, puede ser por medio de carriles específicos o por normas que regulan la restricción para uno o varios de los tipos de tráfico. El menor grado se recomienda cuando existe esta separación. Los diferentes tipos de usuarios de la vía son: automóviles, camiones, vehículos lentos, buses, ciclistas, motociclistas y peatones.  
Además, se debe tener en cuenta la geometría de la vía (rectilínea, curva, número de carriles de circulación, reglas de tránsito, superficie de la vía, guías visuales), así como los puntos particulares que se pueden encontrar sobre ella (cruces, puentes, túneles etc.).

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

En principio, todas las vías que respondan de similar manera a los criterios definidos anteriormente, pueden ser iluminadas de manera idéntica. En consecuencia, las vías se pueden agrupar en varios conjuntos que respondan a un mismo tipo de iluminación en función de los fines perseguidos, diferentes para cada uno de ellos pero bien caracterizados para un mismo conjunto.

De acuerdo con lo anterior se adoptan 5 clases de iluminación consignados en la Tabla 5.1; en la Tabla 5.2 se presentan algunos criterios para clasificar la iluminación.

**Tabla 5.2 Criterios admitidos según el tipo de vía**

Clase de iluminación	Velocidad de circulación (V) en km/h		Tránsito de vehículos (T) en vehículos/h	
Vía M1	Muy importante	$V > 90$	Muy importante	$T > 1000$
Vía M2	Importante	$60 < V < 90$	Importante	$500 < T < 1000$
Vía M3	Media	$30 < V < 60$	Media	$250 < T < 500$
Vía M4	Reducida	$V < 30$	Reducida	$100 < T < 250$
Vía M5	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	$T < 100$

### 5.3.2.2 Áreas de Tráfico Peatonal y de Ciclistas

La iluminación de estas áreas debe permitir que se visualicen fácilmente las características del piso, los sardineles y las señales de advertencia o peligro. El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público contempla siete tipos de iluminación para estas áreas de acuerdo a las características de las calzadas. La

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Tabla 5.3 tomada de la NTC 900 (Tabla 3), ilustra las diferentes clases de iluminación.

**Tabla 5.3 Clases de iluminación para áreas peatonales**

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por ciclistas y peatones	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P6
Vías en donde únicamente se requiere guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

De acuerdo con los criterios del diseñador se puede mejorar en una determinada zona el nivel de iluminación, para brindar más seguridad al peatón o ciclista en caso de inseguridad. El nivel de iluminación o iluminancia para las clases de iluminación antes mencionadas, se ilustran en la Tabla 5.4, tomada de la NTC 900, Tabla 4.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

**Tabla 5.4 Iluminancia horizontal en áreas de tráfico peatonal**

CLASE DE ILUMINACIÓN	ILUMINANCIA HORIZONTAL (LUXES) MANTENIDOS SOBRE TODA LA SUPERFICIE USADA	
	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO
P1	20	7.5
P2	10	3.0
P3	7.5	1.5
P4	5.0	1.0
P5	3.0	0.6
P6	1.5	0.2
P7	No aplica	No aplica

#### 5.4 LUMINANCIA

Los revestimientos de las calzadas poseen diferentes comportamientos respecto a los fenómenos de reflexión y difusión dependiendo del material de las mismas y al estado de la calzada. Dos calzadas en materiales diferentes, asfalto y concreto, con la misma iluminación horizontal  $E_h$  promedio en la calzada, no tienen la misma calidad de alumbrado, puesto que ambos materiales tienen características fotométricas diferentes; una misma calzada presenta un comportamiento diferente para superficie seca y superficie húmeda, aunque la iluminación y la distribución del flujo es la misma, esto no sucede con la luminancia.

La Iluminancia horizontal  $E_h$  sobre una superficie sólo es un indicativo del flujo que incide sobre esa superficie y no un indicativo de la calidad de la iluminación, que es el objetivo que se pretende lograr en alumbrado público.

 La energía de nuestra gente	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Para lograr el objetivo de calidad en un proyecto de alumbrado público, los cálculos de la vía a iluminar deben hacerse con base en el control de: la luminancia media, la uniformidad de la calzada ( $U_0$ ,  $U_L$ ), el incremento de umbral ( $TI$ ) y el coeficiente de iluminación de los alrededores o relación de alrededores ( $SR$ ).

La luminancia es una medida de la luz detectada por el órgano visual que procede de los objetos iluminados debido al fenómeno de reflexión que sufren los objetos al incidir la luz sobre ellos. La luminancia se define como la porción de intensidad luminosa reflejada por la calzada por unidad de área en la dirección del observador.

#### 5.4.1 Uniformidad

El coeficiente general de uniformidad de luminancia de la calzada  $U_0$ , es un indicativo que permite controlar la visibilidad mínima en la vía y se define como el cociente entre la luminancia mínima y la luminancia promedio.

La uniformidad longitudinal de la calzada  $U_L$  es un indicativo del confort visual; se calcula sobre varios ejes longitudinales paralelos al eje longitudinal de la calzada y se define como el cociente entre la luminancia mínima y la máxima.

#### 5.4.2 Incremento de Umbral

El incremento de umbral  $TI$ , es la medida de la molestia visual causada por el deslumbramiento producido por las luminarias.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.4.3 Relación de Alrededores

Es una medida de la iluminación en las zonas limítrofes de la vía, para garantizar que objetos, peatones y vehículos localizados en este entorno sean visibles para los conductores.

## 5.5 LUMINANCIA Y CARACTERÍSTICAS REFLECTIVAS DE LAS CALZADAS

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, establece los valores mínimos de luminancia promedio mantenida y criterios de control de: uniformidad, deslumbramiento y coeficiente de iluminación de alrededores, que deben tener las vías de acuerdo a la clase de iluminación. Para el cálculo de luminancia promedio en alumbrado público se debe seguir el procedimiento establecido en la NTC 900.

Los requisitos para el tráfico motorizado, para las diferentes clases de iluminación de vías, se dan en la Tabla 5.3 tomada de la Tabla 3.10 del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

Tabla 5.5 Requisitos mínimos por tipo de iluminación

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías	Todas las vías	Todas las vías	Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	$L_{prom}$ (cd/m <sup>2</sup> )	$U_0$ Mínimo	T.I. (%) Máx. inicial	$U_L$ Mínimo	SR Mínimo
M1	2.0	0.4	10	0.5 a 0.7 <sup>(1)</sup>	0.5

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías	Todas las vías	Todas las vías	Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	$L_{prom}$ ( $cd/m^2$ )	$U_0$ Mínimo	T.I. (%) Máx	$U_L$ Mínimo	SR Mínimo
M2	1.5	0.4	10	0.5 a 0.7 <sup>(1)</sup>	0.5
M3	1.0	0.4	10	0.5	0.5
M4	0.75	0.4	15	N.R.	N.R.
M5	0.5	0.4	15	N.R.	N.R.

Notas.

<sup>1</sup>0.7 para vías de alta velocidad con calzadas separadas, exentas de cruce a nivel y con accesos completamente controlados. Autopistas expresas

<sup>2</sup>N.R.: No Requiere

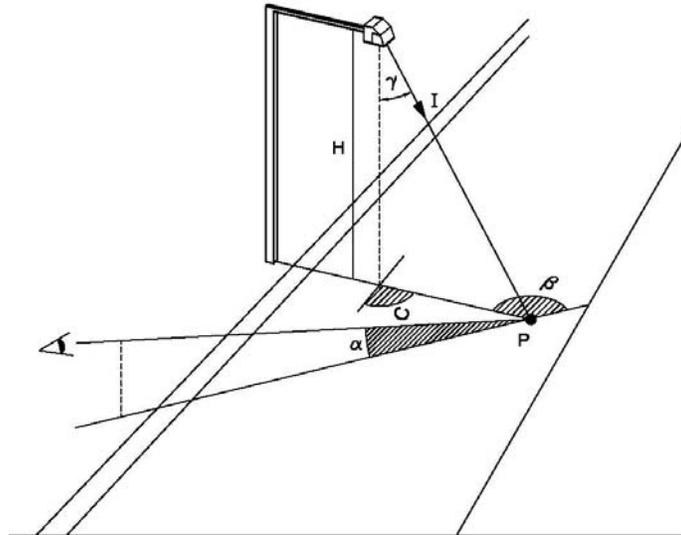
### 5.5.1 Coeficiente de Luminancia

Es la relación entre la luminancia en un determinado punto de la calzada vista por un observador localizado en un punto diferente y la iluminancia horizontal en el punto donde se toma la luminancia:

$$q = \frac{L}{E}$$

Para el mismo observador, si cambia de posición en la misma vía, el valor del coeficiente de luminancia en el mismo punto variará. Se puede concluir que el coeficiente de luminancia es función de la posición del observador, de la localización del punto observado y del ángulo de incidencia de la luz en el punto.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



**Figura 5.1 Ángulos relacionados con el coeficiente q**

Esta relación puede ser expresada mediante tres ángulos ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ ), como se observa en la Figura 5.1, donde:

$\alpha$  = ángulo de observación o de reflexión de la luz en dirección al observador

$\beta$  = ángulo formado entre el plano de incidencia y el plano de observación

$\gamma$  = ángulo de incidencia de la luz

El ángulo  $\alpha$  para un conductor que debe proyectar la vista entre 60 m y 160 m adelante, generalmente está comprendido entre 30' y 1°30', aproximadamente; siendo esta variación tan pequeña, se puede concluir que el coeficiente q es independiente del ángulo  $\alpha$ . Para una determinada calzada el coeficiente de luminancia q es función de los ángulos  $\beta$  y  $\gamma$ .

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.5.2 Coeficiente de Luminancia Reducido

La iluminancia  $E$  de una calzada está dada por la siguiente relación:

$$E = \frac{I}{H^2} \times \cos^3 \gamma$$

Reemplazando este valor en la ecuación de  $q$ , se tiene:

$$L = \frac{I}{H^2} \times q \cos^3 \gamma$$

Se define  $r$ , el coeficiente de luminancia reducido, por:

$$r = q \cos^3 \gamma$$

$$r = q \cos^3 \gamma$$

Con base en lo anterior se pueden elaborar tablas de las características de reflexión de una calzada, en las que cada valor de  $q \times \cos^3 \gamma$ , corresponda a una combinación de los ángulos  $\beta$  y  $\gamma$ . Las tablas así elaboradas se llaman “Tablas R” y son características de cada clase de revestimiento de calzada.

### 5.5.3 Propiedades Reflectivas y Parámetros Característicos de Calzadas

Para determinar las propiedades reflectivas de una superficie seca se evalúan tres parámetros que son:

- Coeficiente promedio de luminancia,  $Q_0$

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



- Factor especular 1,  $S_1$
- Factor especular 2,  $S_2$

El coeficiente promedio de luminancia  $Q_0$ , es conocido como el grado de claridad de la superficie.

El factor especular  $S_1$ , es la relación entre los coeficientes de luminancia reducido, evaluados en dos puntos diferentes.

$$S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)}$$

Donde:

$$r(0,2) \quad \beta = 0 \text{ y } \tan \gamma = 2; \quad r = q \cos^3 \gamma$$

$$r(0,0) \quad \beta = 0 \text{ y } \tan \gamma = 0; \quad r = q \cos^3 \gamma$$

El factor especular  $S_2$ , es la relación entre  $Q_0$  y el coeficiente reducido  $r(0,0)$ .

De acuerdo con los rangos de variación de los parámetros antes mencionados, se establecen las clases de revestimientos o superficies de calzadas.

#### 5.5.4 Clasificación de Revestimientos

Los revestimientos de las calzadas se han dividido en clases. Una clase representa un grupo de superficies que presentan características similares de comportamiento. La CIE ha establecido 4 clases de acabados de superficie de calzada, que han sido adoptadas por la NTC 900, y las cuales son mostrados en la Tabla 5.6.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

**Tabla 5.6 Tipos de revestimientos de calzadas (tomada de la NTC 900)**

Clase	Descripción
R1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficies de asfalto con un mínimo del 15% de materiales abrillantadores o materiales artificiales claros o al menos un 30% de anorsitas muy brillantes</li> <li>- Superficies que contienen gravas que cubren más del 80% de la superficie de la calzada y las gravas constan de gran cantidad de material claro, o de abrillantadores o están compuestas al 100% de anortositas muy brillantes</li> <li>- Superficies de calzada de hormigón de cemento</li> </ul>
R2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficies con textura rugosa que contienen agregados normales</li> <li>- Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen del 10% al 15% de abrillantadores artificiales)</li> <li>- Hormigón bituminoso grueso y rugoso rico en gravas (más del 60%) de tamaños iguales o mayores a 10 mm</li> <li>- Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico en estado nuevo</li> </ul>
R3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hormigón bituminoso (asfalto frío, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10 mm con textura rugosa</li> <li>- Superficies tratadas con textura rugosa pero pulimentada</li> </ul>
R4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asfalto mástico después de varios meses de uso</li> <li>- Superficies con textura bastante suave o pulimentada</li> </ul>

La NTC 900 establece que, a partir de estos 4 tipos de superficies, se deben clasificar las de las calzadas de las diferentes vías; si bien recomienda que los cálculos de luminancia se realicen sobre una superficie tipo R3 (superficie de asfalto normal). Los cálculos siempre se realizan para una superficie seca; hacerlo sobre una superficie húmeda, involucra una cantidad de variables aleatorias que dificultan

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>		
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)		NORMA 
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011

los cálculos y los hacen imprecisos. A continuación se presentan las tablas de coeficientes de luminancia reducidos, en función de los ángulos ( $\beta$  y  $\gamma$ ) para cada clase de superficie.

**Tabla 5.7 R para superficie R1**

TABLA R PARA SUPERFICIE R1																				
$Q_0 = 0.1, S1 = 0.25, S2 = 1.53$																				
$\beta$	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	50	165	180
Tan																				
$\gamma$																				
0.00	55	55	655	655	655	655	655	655	655	55	55	55	55	55	655	655	655	655	655	655
0.25	19	619	619	619	610	610	610	610	610	610	610	610	610	601	601	601	601	601	601	601
0.50	39	39	39	539	539	539	521	521	521	521	521	503	503	503	503	503	503	503	503	503
0.75	431	431	431	431	431	431	431	431	431	431	395	386	371	371	371	371	371	386	395	395
1.00	341	341	341	341	323	323	305	396	387	387	278	269	269	269	269	269	269	278	278	378
1.25	269	269	269	260	251	242	224	207	198	189	189	180	180	180	180	180	189	198	207	224
1.50	224	224	224	215	198	180	171	162	153	148	144	144	139	139	139	144	148	153	162	180
1.75	189	189	189	171	153	139	130	121	117	112	108	103	99	99	103	108	112	121	130	139
2.00	162	162	157	135	117	108	99	94	90	85	85	83	84	84	86	90	94	99	103	111
2.50	121	121	117	95	79	66	60	57	54	52	51	50	51	52	54	58	61	65	69	75
3.00	94	94	86	66	49	41	387	36	34	33	32	31	31	33	35	38	40	43	47	51
3.50	81	80	66	46	33	28	25	23	22	22	21	21	22	22	24	27	29	31	34	38
4.00	71	69	55	32	23	20	18	16	15	14	14	14	15	17	19	20	22	23	25	27
4.50	63	59	43	24	17	14	13	12	12	11	11	11	12	13	14	14	16	17	19	21
5.00	57	52	36	19	14	12	10	9.0	9.0	8.8	8.7	8.7	9.0	10	11	13	14	15	16	16
5.50	51	47	31	15	11	9.0	8.1	7.8	7.7	7.7										
6.00	47	42	25	12	8.5	7.2	6.5	6.3	6.2											
6.50	43	38	22	10	6.7	5.8	5.2	5.0												
7.00	40	34	18	8.1	5.6	4.8	4.4	4.2												
7.50	37	31	15	6.9	4.7	4.0	3.8													
8.00	35	28	14	5.7	4.0	3.6	3.2													
9.00	31	23	10	4.1	3.2	2.8														
9.50	30	22	9.0	3.7	2.8	2.5														
	29	20	8.2	3.2	2.4	2.2														
	28	18	7.3	3.0	2.2	1.9														
	27	16	6.6	2.7	1.9	1.7														
	26	15	6.1	2.4	1.7															
	25	14	5.6	2.2	1.6															

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Tabla 5.8 R para superficie R2

TABLA R PARA SUPERFICIE R2																				
Q <sub>0</sub> = 0.07, S1 = 0.58, S2 = 1.80																				
β Tan γ	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	150	165	180
0.00	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
0.25	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	379	368	357	357	346	346	346	335	335	355
0.50	411	411	411	411	403	403	384	379	370	346	325	303	281	281	271	271	271	260	260	260
0.75	379	379	379	369	357	346	325	303	281	260	238	216	206	206	206	206	206	206	206	206
1.00	335	335	335	325	292	291	260	238	216	195	173	152	152	152	152	152	141	141	141	141
1.25	303	303	292	271	238	206	184	152	130	119	108	100	103	106	108	108	114	114	119	119
1.50	271	271	260	227	179	152	141	119	108	93	80	76	76	80	84	87	89	91	93	95
1.75	249	238	227	195	152	124	106	91	78	67	61	52	54	58	63	67	69	71	73	74
2.00	227	216	195	152	117	95	80	67	61	52	45	40	41	45	49	52	54	56	57	58
2.50	195	190	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	26	28	30	33	35	38	40	41
3.00	160	155	115	67	43	33	26	21	18	17	16	16	17	17	18	21	22	24	26	27
3.50	146	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	18	21
4.00	132	113	67	27	15	12	10	9.4	8.7	8.2	7.9	7.6	7.9	8.7	9.6	11	121	13	15	17
4.50	118	95	50	20	12	8.9	7.4	6.6	6.3	6.1	5.7	5.6	5.8	6.3	7.1	8.4	10	12	13	14
5.00	106	81	38	14	8.2	6.3	5.4	5.0	4.8	4.7	4.5	4.4	4.8	5.2	6.2	7.4	8.5	9.5	10	11
5.50	96	69	29	11	6.3	5.1	4.4	4.1	3.9	3.8										
6.00	87	58	22	8.0	5.0	3.9	3.5	3.4	3.2											
6.50	78	50	17	6.1	3.8	3.1	2.8	2.7												
7.00	71	43	14	4.9	3.1	2.5	2.3	2.2												
7.50	67	38	12	4.1	2.6	2.1	1.9													
8.00	63	33	10	3.4	2.2	1.8	1.7													
8.50	58	28	8.7	2.9	1.9	1.6	1.5													
9.00	55	25	7.4	2.5	1.7	1.4														
9.50	52	23	6.5	2.2	1.5	1.3														
	49	21	5.6	1.9	1.4	1.2														
	47	18	5.0	1.7	1.3	1.2														
	44	16	4.4	1.6	1.2	1.1														
	41	13	3.6	1.4	1.1															
	25	14	5.6	2.2	1.6															

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Tabla 5.9 R para superficie R3

TABLA R PARA SUPERFICIE R3																					
$Q_0 = 0.07, S1 = 1.11, S2 = 2.38$																					
$\beta$	Tan	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	150	165	180
0.00		294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
0.25		326	326	321	321	317	312	308	308	303	298	294	280	271	262	158	253	249	244	240	240
0.50		344	344	339	339	326	317	308	298	289	276	262	235	217	204	199	199	199	199	194	194
0.75		357	353	353	339	321	303	285	267	244	222	204	176	158	149	149	149	145	136	136	140
1.00		362	362	352	326	276	249	226	204	181	158	140	118	104	100	100	100	100	100	100	100
1.25		357	357	248	298	244	208	176	154	136	118	104	83	73	70	71	74	77	77	77	78
1.50		353	348	326	267	217	176	145	117	100	86	78	72	60	57	58	60	60	60	61	62
1.75		359	335	303	231	172	127	104	89	79	70	62	51	45	44	45	46	45	45	46	47
2.00		326	321	280	190	136	100	82	71	62	54	48	39	34	34	34	35	36	36	37	38
2.50		289	280	222	127	86	65	54	44	38	34	25	23	22	23	24	24	24	24	24	25
3.00		253	235	163	85	53	38	31	25	23	20	18	15	15	14	15	15	16	16	17	17
3.50		217	194	122	60	35	25	22	19	16	15	13	9.9	9.0	9.0	9.9	11	11	12	12	13
4.00		190	163	90	43	26	20	16	14	12	9.9	9.0	7.4	7.0	7.1	7.5	8.3	8.7	9.0	9.0	9.9
4.50		163	136	73	31	20	15	12	9.9	9.0	8.3	7.7	5.4	4.8	4.9	5.4	6.1	7.0	7.7	8.3	8.5
5.00		145	109	60	24	16	12	9.0	8.2	7.7	6.8	6.1	4.3	3.2	3.3	3.7	4.3	5.2	6.5	6.9	7.1
5.50		127	94	47	18	14	9.9	7.7	6.9	6.1	5.7										
6.00		113	77	36	15	11	9.0	8.0	6.5	5.1											
6.50		104	68	30	11	8.3	6.4	5.1	4.3												
7.00		95	60	24	6.5	6.5	5.2	4.3	3.4												
7.50		87	53	21	7.1	5.3	4.4	3.6													
8.00		83	47	17	6.1	4.4	3.6	3.1													
8.50		78	42	15	5.2	3.7	3.1	2.6													
9.00		73	38	12	4.3	3.2	2.4														
9.50		69	34	9.9	3.8	3.5	2.2														
10.00		65	32	9.0	3.3	2.4	2.0														
10.50		62	29	8.0	3.0	2.1	1.9														
11.00		59	26	7.1	2.6	1.9	1.8														
11.50		56	24	6.3	2.4	1.8															
12.00		53	22	5.6	2.1	1.8															

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Tabla 5.10 R, para superficie R4

TABLA R PARA SUPERFICIE R4																				
Q <sub>0</sub> = 0.08, S1 = 1.55, S2 = 3.04																				
β Tan γ	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	150	165	180
0.00	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264
0.25	297	317	317	317	317	310	304	290	284	277	271	244	231	224	224	218	218	211	211	211
0.50	330	343	343	343	330	310	297	284	277	264	251	218	198	185	178	172	172	165	165	165
0.75	376	383	370	350	330	304	277	251	231	211	198	165	139	132	132	125	125	125	119	119
1.00	396	396	396	330	290	251	218	198	185	165	145	112	86	86	86	86	86	87	87	87
1.25	403	409	370	310	251	211	278	152	132	115	103	77	66	65	65	63	65	66	67	68
1.50	409	396	356	284	218	172	139	115	100	88	79	61	50	50	50	50	52	55	55	55
1.75	409	396	343	351	178	139	108	88	75	66	59	44	37	37	37	38	40	41	42	45
2.00	409	383	317	224	145	106	86	71	59	53	45	33	29	29	29	30	32	33	34	37
2.50	396	356	364	152	100	73	55	45	37	32	28	21	20	20	20	21	22	24	25	26
3.00	370	304	211	95	63	44	30	25	21	17	16	13	12	12	13	13	15	16	17	19
3.50	343	271	165	63	40	26	19	15	13	12	11	9.8	9.1	8.8	8.8	9.4	11	12	13	15
4.00	317	238	132	45	24	16	13	11	9.6	9.0	8.4	7.5	7.4	7.4	7.5	7.9	8.6	9.4	11	12
4.50	297	211	106	33	17	11	9.2	7.9	7.3	6.6	6.3	6.1	6.1	6.2	6.5	6.7	7.1	7.7	8.7	9.6
5.00	277	185	79	24	13	8.3	7.0	6.3	5.7	5.1	5.0	5.0	5.1	5.4	5.5	5.8	6.1	6.3	6.9	7.7
5.50	257	161	59	19	9.9	7.1	5.7	5.0	4.6	4.2										
6.00	244	140	46	13	7.7	5.7	4.8	4.1	3.8											
6.50	231	122	37	11	5.9	5.6	3.7	3.2												
7.00	218	106	32	9.0	5.0	3.8	3.2	2.6												
7.50	205	94	26	7.5	4.4	3.3	2.8													
8.00	193	82	22	6.3	3.7	2.9	2.4													
8.50	194	74	19	5.3	3.2	2.5	2.1													
9.00	174	66	16	4.6	2.8	2.1														
9.50	169	59	13	4.1	2.5	2.0														
10.00	164	53	12	3.7	2.2	1.7														
10.50	158	49	11	3.3	2.1	1.7														
11.00	53	45	9.5	3.0	2.0	1.7														
11.50	149	41	8.4	2.6	1.7															
12.00	145	37	7.7	2.5	1.7															

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

## 5.6 ILUMINANCIA (E)

En alumbrado público no siempre se puede utilizar el método de la luminancia para el cálculo de iluminación de vías; en especial en aquellas que son llamadas áreas críticas como: pasos subterráneos, intersecciones, cruces, etc.; igualmente resulta difícil su aplicación en vías donde las distancias de visión son cortas (menos de 60 m); o cuando la posición de las luminarias no se puede realizar con intervalos regulares, o en vías peatonales y ciclorrutas. En los casos anteriores, al igual que cuando se realiza el cálculo de iluminación en vías peatonales, el método que resulta más práctico aplicar, es el de la iluminancia.

La iluminancia en un punto de una calzada está dada por la ecuación:

$$E = \frac{I_{(C,\gamma)}}{H^2} \times \cos^3 \gamma$$

Donde:

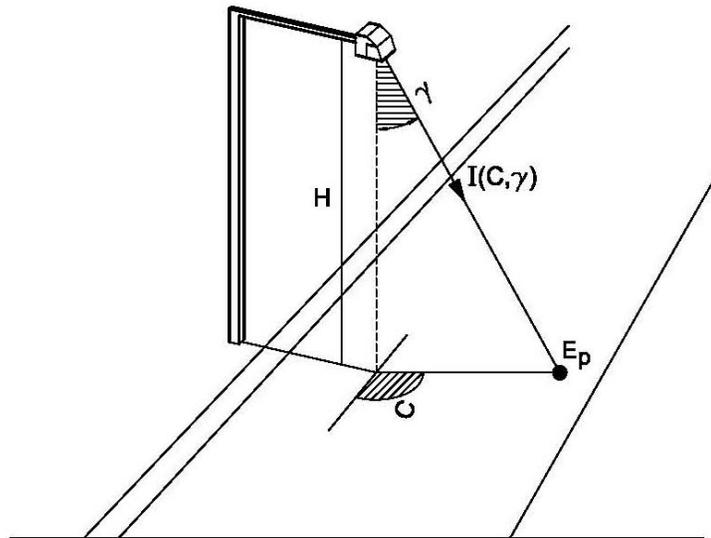
$I_{(C,\gamma)}$  = Intensidad luminosa en la dirección del punto

H = altura de montaje de la luminaria

$\gamma$  = Ángulo de incidencia de la luz

C = ángulo entre el eje longitudinal de la calzada que pasa por el punto p, y el plano del ángulo de incidencia

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



**Figura 5.2 Iluminancia en un punto p de la calzada**

En la Figura 5.2 se puede observar que la iluminación del punto p ( $E_p$ ) está relacionada con la altura de montaje, la intensidad luminosa que es función de los ángulos ( $C$  y  $\gamma$ ) y el ángulo  $\gamma$ .

Si se considera un tramo de vía, cada uno de los puntos de la calzada tiene diferentes valores de iluminancia; para determinar la calidad de la iluminación también, al igual que en luminancia, se determinan unos coeficientes de uniformidad.

Uniformidad media: es el cociente entre la iluminancia mínima y la iluminancia media.

$$U_m = \frac{E_{\min}}{E_{\text{med}}}$$

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Uniformidad general: es el cociente entre la iluminancia mínima y la máxima

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$$

## 5.7 CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS

### 5.7.1 Clasificación de la CIE

Las luminarias utilizadas en alumbrado público se clasificaban de acuerdo a la distribución de la intensidad luminosa en: *cutoff*, *semicutoff* y *noncutoff*; dicha clasificación obedecía a las intensidades luminosas comprendidas entre los ángulos de 80° y 90°. Hoy en día la nueva clasificación se basa en tres características fundamentales de las luminarias, a saber: alcance, dispersión y control de deslumbramiento.

- **Alcance.** Definida mediante el ángulo de elevación del centro del haz  $\gamma_{\max}$  que forma el eje del haz con la vertical que va hacia abajo (nadir). El eje del haz está definido por la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos direcciones de 90%  $I_{\max}$  en el plano vertical de intensidad máxima. Las luminarias se clasifican de acuerdo al alcance en:

$\gamma_{\max} < 60^\circ$ : alcance corto

$70^\circ \geq \gamma_{\max} \geq 60^\circ$ : alcance medio

$\gamma_{\max} > 70^\circ$ : alcance largo

- **Dispersión.** Está definida por la posición de la línea, que corre paralela al eje de la vía y que es tangente en un punto al borde más alejado del 90%  $I_{\max}$  en

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



la vía. La posición de esta línea está definida por el ángulo  $\gamma_{90}$  medido entre el punto y la vertical de la luminaria. Las luminarias se clasifican de acuerdo al ángulo de dispersión así:

$\gamma_{90} < 45^\circ$ : dispersión estrecha

$55^\circ \geq \gamma_{90} \geq 45^\circ$ : dispersión media

$\gamma_{90} > 55^\circ$ : dispersión ancha

El alcance y la dispersión de una luminaria, se pueden calcular gráficamente a partir del diagrama isocandela, dado por el fabricante u obtenido en laboratorios de pruebas y ensayos.

- **Control del deslumbramiento.** Determina la capacidad que posee una luminaria para controlar el deslumbramiento; se basa en el índice específico de la luminaria (SLI), y los grados de control son:

Control limitado  $SLI < 2$

Control moderado  $SLI \quad 2 \leq SLI \leq 4$

Control intenso  $SLI > 4$

El SLI se halla empleando la siguiente ecuación:

$$SLI = 13.84 - 3.31 \log(I_{80}) + 1.3 \left( \log\left(\frac{I_{80}}{I_{88}}\right) \right)^{0.5} - 0.08 \log\left(\frac{I_{80}}{I_{88}}\right) + 1.29 \log(F) + CD$$

Donde:

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

$I_{80}/I_{88}$  Relación de intensidades luminosas para  $\gamma$  de  $80^\circ$  y  $88^\circ$  en el plano  $C = 0^\circ$

F Superficie aparente iluminada, vista desde el plano  $C = 0^\circ$   $\gamma$   $70^\circ$ , en  $m^2$

C Factor de corrección del color

### 5.7.2 Clasificación de la IES

Las luminarias utilizadas en alumbrado público se establecen clasificaciones de acuerdo con propiedades tales como: apantallamiento, distribución lateral y control de deslumbramiento.

De acuerdo a la propiedad que tiene la luminaria de apantallar las intensidades luminosas en un determinado ángulo. Los grupos de clasificación son los siguientes:

- Tipo A (totalmente *cutoff*)

Para luminarias cuya intensidad luminosa en un ángulo igual o mayor a  $90^\circ$  (medido a partir del nadir), es cero y además la intensidad para ángulos iguales o mayores a  $80^\circ$ ,  $cd/1000\text{ lm}$ , no debe ser mayor a 100 (10%); esto aplica a todos los ángulos laterales medidos alrededor de la luminaria.

- Tipo B (*cutoff*)

Cuando las  $cd/1000\text{ lm}$  no exceden de 25 (2.5%) para ángulos iguales o mayores a  $90^\circ$  (medidos a partir del nadir) y para ángulos mayores o iguales a  $80^\circ$  el valor no puede ser mayor a 100 (10%); esto aplica a todos los ángulos laterales medidos alrededor de la luminaria.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



- Tipo C (semicutoff)  
Cuando las  $cd/1000\text{ lm}$  no exceden de 50 (5%) para ángulos iguales o mayores a  $90^\circ$  (medidos a partir del nadir) y para ángulos mayores o iguales a  $80^\circ$  el valor no puede ser mayor a 200 (20%); esto aplica a todos los ángulos laterales medidos alrededor de la luminaria.
- Tipo D (*noncutoff*)  
No existe ninguna limitación respecto a la intensidad luminosa.

De acuerdo con la distribución lateral, la IES clasifica las luminarias en tipo I, II, III, IV y V. El tipo I se utiliza en vías angostas en donde el ancho de la vía es menor que la altura de montaje de la luminaria; el tipo II es recomendada para vías en las cuales la relación ancho de vía a altura de montaje está dada por:  $(1.0 < W/H_m < 1.5)$ . El tipo III, se recomienda cuando la relación entre el ancho de la vía y la altura de montaje está dentro del intervalo  $(1.25 < W/H_m < 1.75)$ ; el tipo IV para vías aún más anchas, y la tipo V para zonas verdes y senderos.

## 5.8 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Se dan, a continuación, unas recomendaciones que facilitan y agilizan el proceso de diseño de instalaciones de alumbrado de vías públicas. Seguir esta serie de recomendaciones no garantiza que el diseño ofrezca las condiciones de calidad de la iluminación que se requieren, pero es un buen punto de partida.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.8.1 Altura de Montaje de las Luminarias (H)

La altura de montaje de las luminarias está determinada por las características fotométricas de la bombilla, y la luminaria, la facilidad de mantenimiento, los requerimientos luminosos de la calzada, las características geométricas de la vía y el presupuesto disponible. De acuerdo al flujo luminoso emitido por la bombilla se tienen establecidas unas alturas recomendables de montaje

**Tabla 5.11 Altura de montaje con relación al flujo luminoso**

Flujo luminoso Lm	Altura de montaje m
3 000 a 9 000	6.5 a 7.5
9 000 a 19 000	7.5 a 9.0
> 19 000	≥ 9

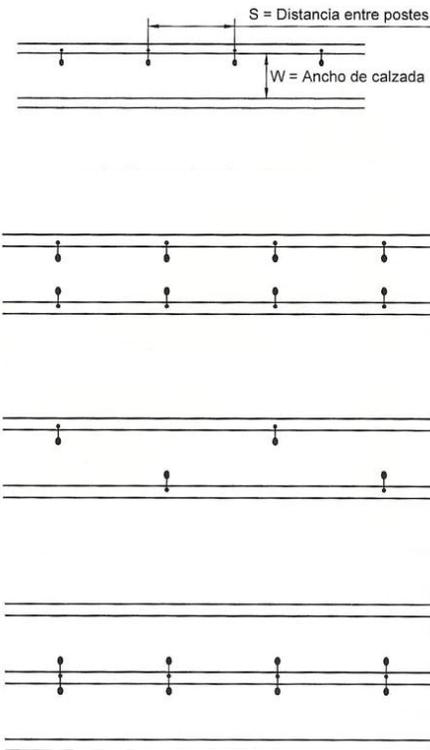
### 5.8.2 Disposición de las Luminarias

Para la ubicación de luminarias sobre la vía se presentan las siguientes alternativas, dependiendo del ancho de la calzada (W):

- Disposición unilateral. Recomendada para vías cuyo ancho de calzada es menor que la altura de montaje de las luminarias
- Disposición bilateral opuesta ó bilateral pareada. Recomendada cuando la altura de montaje es menor al ancho de la calzada (vías de cuatro carriles)
- Disposición bilateral alternada o tresbolillo. Recomendada cuando la altura de montaje es menor al ancho de la calzada (vías de tres carriles)

 La energía de nuestra gente	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

- Disposición central. Recomendada en vías con separador central y alturas de montaje mayores al ancho de la calzada
- Disposición doble central. Recomendada en vías con dos separadores centrales, en donde la altura de montaje es mayor al ancho de la vía



**Figura 5.3 Diferentes posiciones de las luminarias**

También se puede optar por disposiciones que sean combinaciones de las anteriores de acuerdo a las condiciones de la vía, pero ello queda a criterio del diseñador.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.8.3 Interdistancia entre Luminarias (S)

La interdistancia se define como la distancia medida a lo largo del eje longitudinal de la vía que hay entre dos luminarias consecutivas. Esta interdistancia (s), está relacionada con la altura de montaje (H): a mayor altura, menor debe ser la interdistancia; la relación S/H es un indicativo de la uniformidad de la iluminación: a menor relación, mayor uniformidad.

Los anteriores tres aspectos: disposición de luminarias, altura de montaje e interdistancias, han sido combinados con el ancho de la calzada para establecer una serie de recomendaciones en el momento de iniciar un diseño.

**Tabla 5.12 Recomendaciones sobre disposición de luminarias y alturas de montaje**

Clase de iluminación	Altura m	Relación S/H	Disposición de las luminarias	
			Características de la vía	Disposición
M1	12 a 14	3.5 a 4	Dos carriles de circulación Tres carriles de circulación Cuatro carriles de circulación	Unilateral Bilateral alternada Bilateral opuesta
M2	10 a 12	3.5 a 4	Dos carriles de circulación Tres carriles de circulación Cuatro carriles de circulación	Unilateral Bilateral alternada Bilateral opuesta
M3	8.5 a 10	3.5 a 4	$W \leq H$ $H < w \leq 1.5 H$ $W > 1.5 H$	Unilateral Bilateral alternada Bilateral opuesta
M4	7 a 9	3.5 a 4	Unilateral	
M5	6	3.5 a 4	Es criterio del diseñador	

#### Observaciones:

- La iluminación M4 corresponde a vías secundarias en las que generalmente hay dos carriles de circulación con ancho de calzada 7 m ó menos

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

- La iluminación M5 corresponde a vías dentro de los barrios e interiores de condominios, en ellas la altura y disposición de las luminarias es a criterio del diseñador, dependiendo de la arborización, jardines y otros factores

### 5.8.4 Casos Especiales de Localización de Luminarias

Se ha considerado anteriormente el caso de vías rectas, de gran longitud y sin discontinuidades pero, es corriente encontrar curvas en las vías, intersecciones viales, glorietas, y cruces de vías de diferente importancia. En casos como los anteriores, se dan a continuación algunas recomendaciones que pueden ser evaluadas por el diseñador o el proyectista de la vía de acuerdo a las condiciones del flujo automotor, importancia de las vías, etc. El conductor debe percibir a los peatones por contraste, por eso es necesario que al final de pasos críticos (cruce de peatones), se localice una luminaria.

#### 5.8.4.1 Disposición de luminarias en curvas

Las luminarias se ubican por el lado exterior de la curva, disminuyendo la interdistancia entre ellas a medida que el radio de la curva disminuya. Se debe tener especial cuidado en localizar una luminaria donde las prolongaciones del eje de circulación intercepten el lado exterior de la curva, a partir de estas luminarias así localizadas, se ubican las demás. Ver Figura 5.4.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

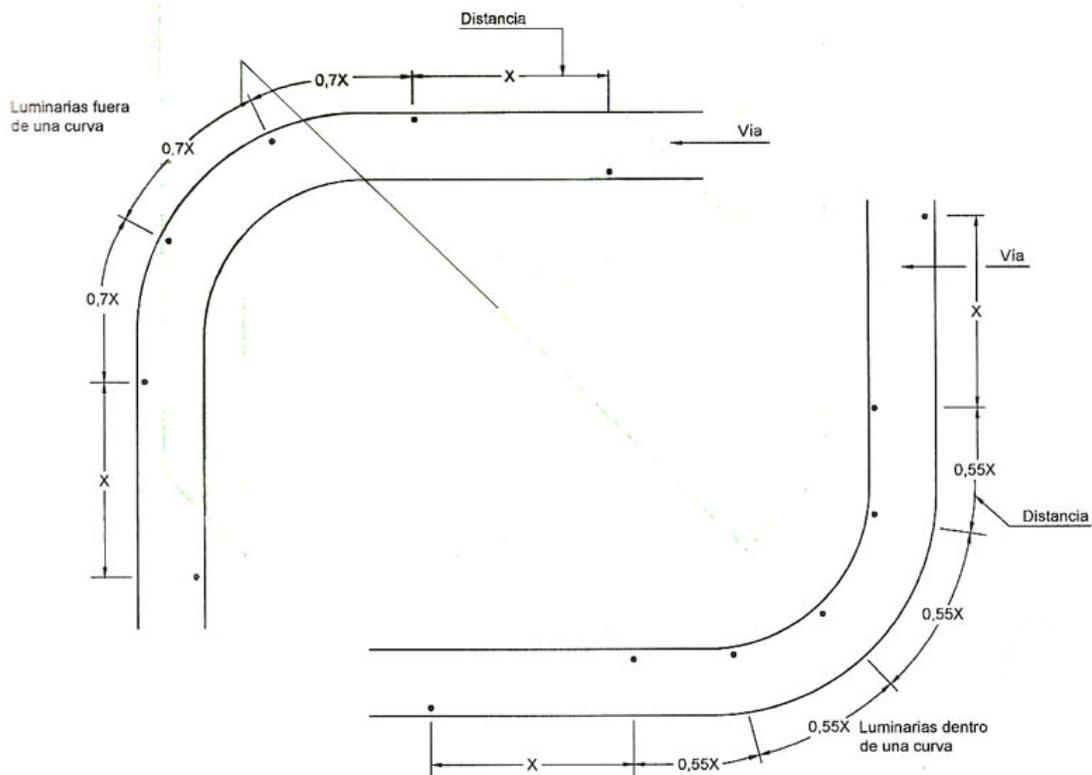


Figura 5.4 Disposición de luminarias en curva

#### 5.8.4.2 Disposición de Luminarias en Cruces en T

En cruces de igual importancia, se ubica una luminaria A en el eje derecho del carril 1-1', otra luminaria A' se localiza del mismo lado de la luminaria A, de manera que el conductor que gira según la trayectoria Ta, encuentre delante de él una luminaria a la entrada del carril 1-1'. Ver Figura 5.5.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

La luminaria B está ubicada de manera que el conductor que gira según la trayectoria  $T_b$  encuentre delante de él una luminaria en el momento de cruzar la vía, esta luminaria se ubica 10 m delante de la esquina y su ubicación determina la ubicación de las luminarias de la vía 3. La luminaria C se ubica de manera que un conductor que circule en el sentido del carril 2-2', según trayectoria  $T_c$ , encuentre una luminaria delante de él en el momento de cruzar la vía 3. Esta luminaria se sitúa 10 m delante de la esquina del cruce, en el lado opuesta de la luminaria A, y su localización determina la disposición de las luminarias de ese sector de la vía.

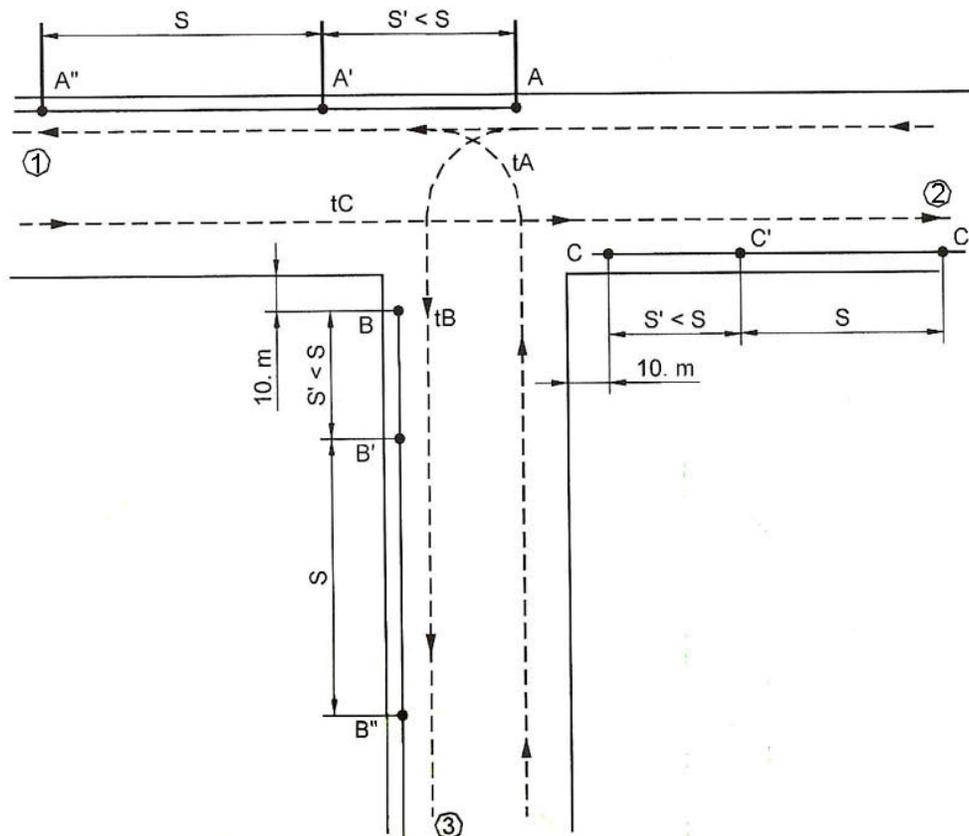


Figura 5.5 Cruces en T

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.8.4.3 Disposición de Luminarias en Cruces en Y

Para la ubicación de las luminarias se procede de la misma manera que en el caso anterior, quedando justificada la ubicación de las luminarias, A, B y C.

Cuando se crucen vías de diferente importancia, se debe reforzar la iluminación del acceso a la vía más importante, para orientar al conductor que viene por la vía más importante y desea continuar por ella. Ver Figura 5.6.

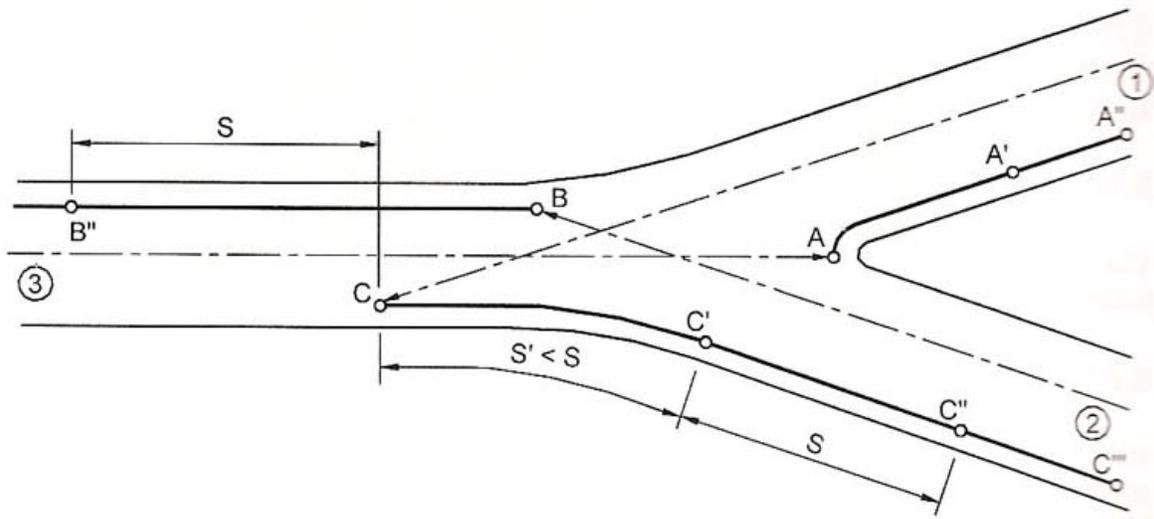


Figura 5.6 Cruces en Y

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

#### 5.8.4.4 Disposición de Luminarias en Cruces en X

Vías de igual importancia. La luminaria A desaparece; sólo subsisten las luminarias B y C que se disponen simétricamente con relación al centro del cruce. Ver Figura 5.7.

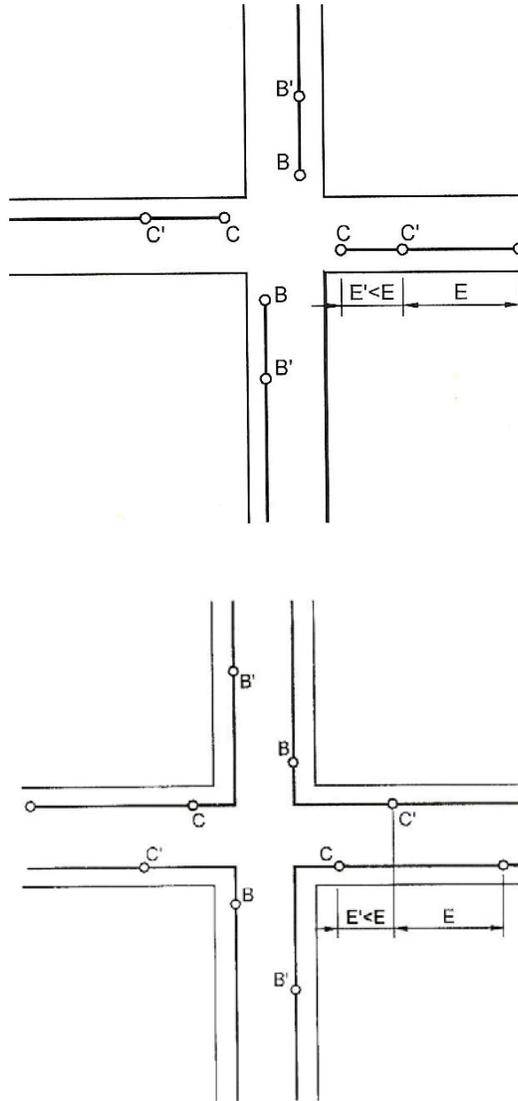


Figura 5.7 Cruces en X

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

Las luminarias deben localizarse de tal manera que la iluminancia sea la requerida en la vía y los andenes dentro del área de intersección; en los cruces peatonales, y en las áreas adyacentes a la vía. Es importante la cantidad de luz incidente sobre la superficie vertical de los objetos, para lograr un adecuado contraste.

#### 5.8.4.5 Disposición de Luminarias en Glorietas

Para las de pequeño diámetro será suficiente colocar una sola luminaria central, de suficiente altura y distribución simétrica de flujo; es recomendable sembrar árboles de pequeña altura alrededor del soporte de la luminaria con el fin de obtener buen contraste. Si el diámetro de la zona verde lo justifica, se colocarán luminarias detrás del borde de esta zona, en frente de cada una de las vías concurrentes. Ver Figura 5.8.

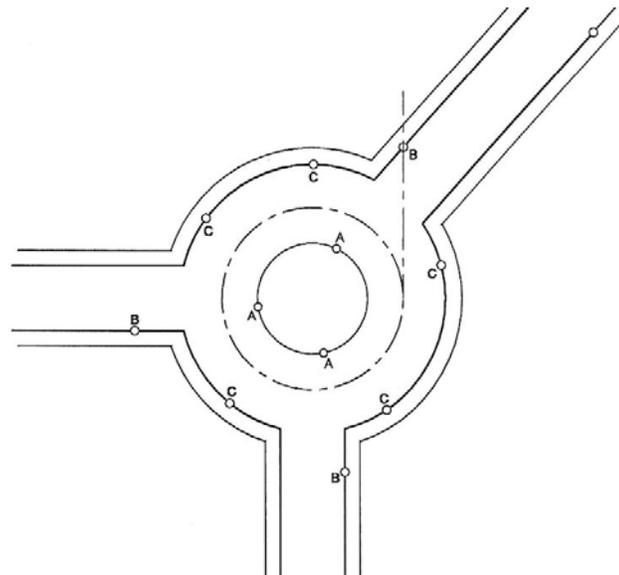


Figura 5.8 Luminarias en glorieta

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Se colocarán una o más luminarias C sobre el lado exterior de la glorieta, con el fin de señalar la curva. Además, se colocarán las luminarias B con el objeto de que el automovilista visualice todas las vías de acceso a la glorieta, y hacer visibles los obstáculos que se puedan presentar cuando se abandona la glorieta y se toma una de las vías salientes.

## 5.9 MÉTODOS DE CÁLCULO DE LUMINANCIA E ILUMINANCIA

Los cálculos de iluminación de alumbrado público deben hacerse con base en luminancia ó iluminancia según requerimientos específicos.

Para realizar los cálculos, los fabricantes, por lo general suministran información utilizando tablas o curvas con datos fotométricos de las luminarias, siendo las mas frecuentes:

- **Matriz de Intensidades**

Es una tabla fotométrica que muestra las intensidades luminosas en cd/1000 lumen, emitidas por una luminaria en todas las direcciones en función de los ángulos  $C$  y  $\gamma$ .

- **Diagrama polar**

Son curvas dibujadas en papel polar que muestran la intensidad luminosa en cd/1000 lumen, emitidas por una luminaria, generalmente sobre sus ejes longitudinal y transversal, como función del ángulo medido desde el nadir.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

- **Curva Isolux**

La curva isolux representa la unión de los puntos del plano que tienen el mismo valor de luminancia respecto a los ejes d/H y w/H, que relacionan la distancia longitudinal (d) a lo largo del eje longitudinal de la vía y la transversal (w) a lo largo del eje transversal de la vía con la altura de montaje (H) de la luminaria.

- **Curva de coeficiente de utilización**

Son curvas que representan el porcentaje de flujo luminoso que efectivamente cae en la calzada, en función de la relación w/H, donde w es el ancho de la calzada y H es la altura de montaje.

### 5.9.1 Cálculo de Luminancia

La luminancia se puede calcular utilizando la metodología de la CIE o la de la IES. Cuando se desee hacer una evaluación en detalle de la calidad de la iluminación de vías de alumbrado público, la luminancia es el método que se debe aplicar. Vías importantes con iluminación clase M1 y M2 deben ser evaluadas con esta metodología; y en general para cualquier vía, éste debe ser el método a utilizar; a no ser que se presenten dificultades en el cálculo.

#### 5.9.1.1 Método de la CIE

Establecido según Norma CIE 140-2000, se aplica a calzadas rectas y secas. La luminancia en un punto de la calzada se determina por la siguiente ecuación:

$$L = \sum I_{(c,v)} \times r \times \Phi \times \frac{fm}{H^2}$$

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

En donde:

$L$  = Luminancia en el punto en  $\text{cd/m}^2$

$\Sigma$  = Contribución de todas las luminarias consideradas en el cálculo

$I_{(C,\gamma)}$  = Intensidad en la dirección del punto en  $\text{cd/lm}$ , dato suministrado por el fabricante de la luminaria, mediante tablas fotométricas de intensidad luminosa

$r$  = coeficiente reducido de luminancia, función de  $(\beta, \gamma)$

$\Phi$  = Flujo luminoso inicial de la fuente de luz en  $\text{lm}$

$f_m$  = Factor de mantenimiento (involucra bombilla y luminaria)

$H$  = altura de montaje de la luminaria, en  $m$

Para los cálculos del coeficiente reducido de luminancia se utilizará la superficie R3, salvo que se especifique lo contrario. A continuación, se presenta el procedimiento de cálculo; éste ha sido tomado de la NTC 900.

- **Área Típica de Cálculo**

Se toma un tramo recto que involucre dos luminarias del mismo lado de la calzada; el observador se debe situar 60 m delante de la primera luminaria: la longitud del área corresponde a la interdistancia ( $S$ ) y el ancho corresponde al de la calzada ( $W$ ).

- **Localización de los Puntos de Cálculo**

A lo ancho de la vía se deben localizar 3 puntos cuya separación es  $W/3$ , situando el primer punto en la mitad de la calzada, y los dos restantes equidistantes de éste, a ambos lados:

$$D = \frac{S}{N}$$

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

D= separación entre los N puntos localizados longitudinalmente

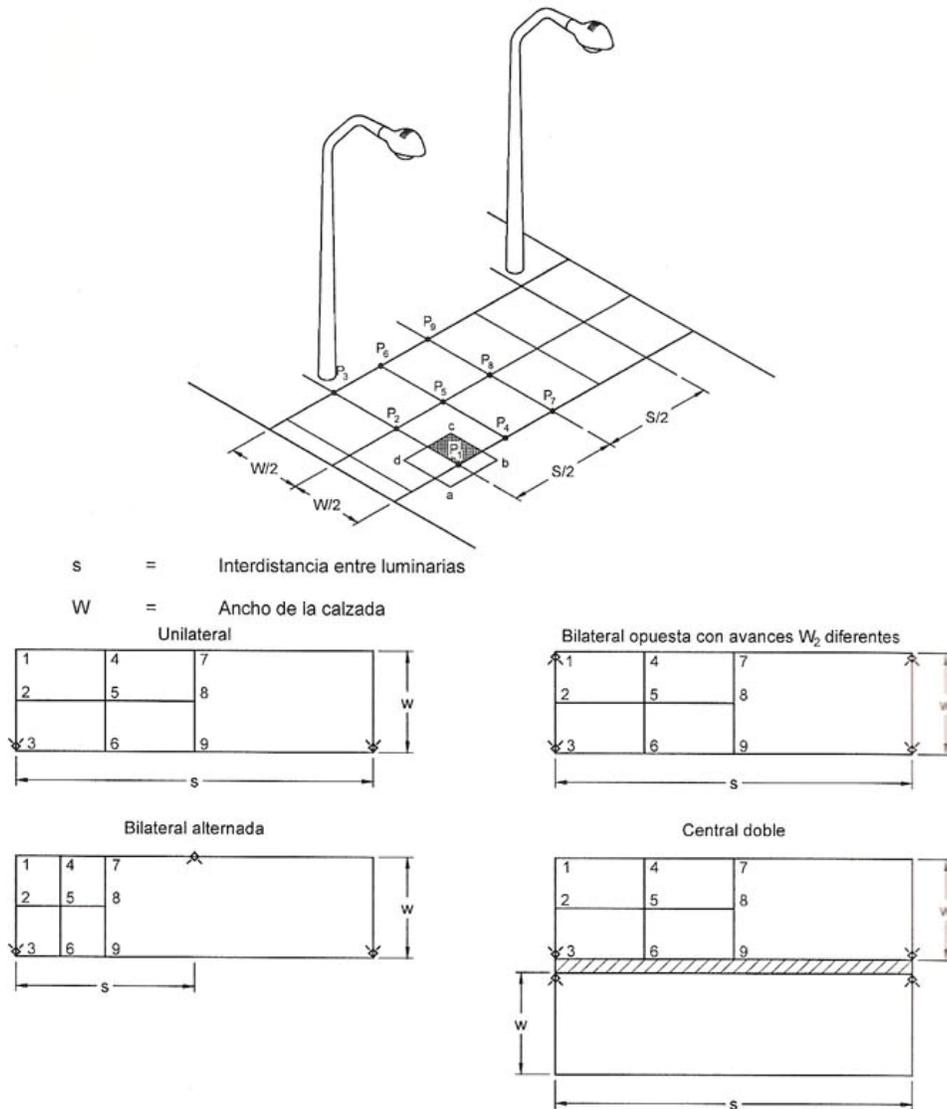


Figura 5.9 Ubicación de los nueve puntos según localización de las luminarias

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



En el sentido longitudinal, para interdistancias iguales o menores a 30 m, se deben situar 10 puntos. Para interdistancias mayores a 30 m, el número de puntos (N), es el entero más pequeño, para que se obtenga D menor ó igual a 3. Ver Figura 5.9

- **Posición del Observador**

El observador se sitúa 60 m delante de la primera línea de puntos transversales del área de cálculo, en el centro de cada carril de circulación y a una altura de 1.5 m sobre el nivel de la vía.

La luminancia media  $L_{av}$  y la uniformidad global de la luminancia  $U_0$  se calculan para todos los puntos de cálculo del área, para cada posición del observador. La uniformidad longitudinal  $U_L$  se calcula uno de los carriles de la vía.

- **Número de Luminarias**

Para el cálculo de la luminancia en cada punto, se consideran todas las luminarias localizadas así: 5 veces la altura de montaje hacia el observador; 12 veces la altura de montaje hacia adelante, y 5 veces la altura de montaje hacia los lados. Para el cálculo de la luminancia en un punto, se deben incluir todas las luminarias que contribuyen significativamente.

### 5.9.1.2 Método de la IES

Para su aplicación se recomienda consultar la NTC 900 o el libro “*IESNA Lighting Handbook*”

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.9.2 Cálculo de Iluminancia

Existen varios métodos para calcular el nivel de iluminación o iluminancia promedio de una calzada:

- El llamado “método del coeficiente de utilización” que permite calcular, en forma rápida, el nivel promedio de iluminación si se conoce la interdistancia entre luminarias. Este método no es adecuado para diseño, ya que no permite tener una idea de la calidad de la iluminación; simplemente debe utilizarse como método de chequeo
- El otro método, llamado de los 9 puntos, es un poco más elaborado, pero permite tener un mayor control de la calidad de la iluminación, ya que con él se puede calcular la uniformidad

#### 5.9.2.1 Cálculo de Iluminancia (Ix) Empleando el Método del Coeficiente de Utilización (k)

Como se mencionó anteriormente, es un método que se debe utilizar exclusivamente para chequeos de iluminación. Permite estimar, en forma inicial, el nivel de iluminación o la separación entre luminarias, de acuerdo a la información disponible. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$E_{\text{promedio}} = \frac{\Phi \times C_u \times f_m}{W \times S}$$

Donde:

$\Phi$ : Flujo luminoso inicial de la bombilla; lm

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



- Cu: Coeficiente de utilización de la luminaria  
 fm: Factor de mantenimiento  
 W: Ancho de la calzada; m  
 S: Interdistancia entre luminarias; m

El coeficiente de utilización debe ser obtenido de las curvas de utilización de la luminaria especificada, equipada con una determinada bombilla, en una posición definida, y con un ángulo de inclinación respecto a la horizontal.

Para luminarias de alumbrado público de distribución asimétrica se definen dos curvas k: la primera,  $k_1$ , para el porcentaje del flujo hacia adelante (lado de la calzada), y la segunda,  $k_2$ , para el flujo hacia atrás (lado del andén o antejardín).

### 5.9.2.2 Cálculo de la Iluminancia Empleando el Método de los 9 Puntos

Esté método permite calcular la iluminancia promedio de una vía y su uniformidad, es el método que debe ser utilizado cuando no se requiera o no se pueda utilizar el método de luminancia.

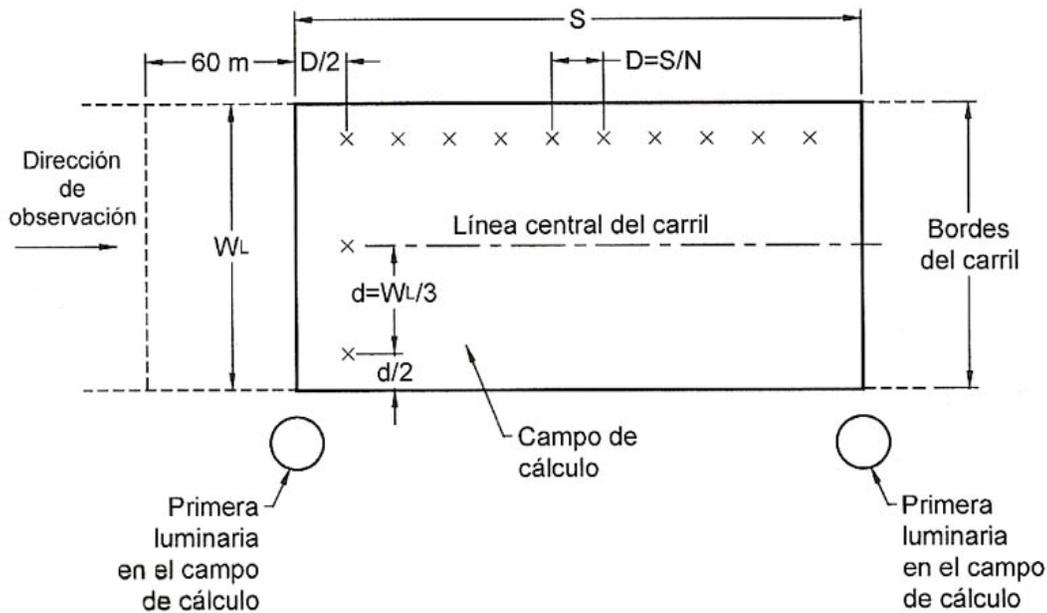
- **Cálculo niveles de iluminación Puntos**

Para su utilización se debe disponer de las curva isolux de la luminaria especificada, equipada con una determinada bombilla, en una posición definida y con un ángulo de inclinación respecto a la horizontal.

Se dibuja la vía en una escala igual a la de la curva isolux, en un tramo longitudinal que comprenda al menos cuatro o cinco luminarias consecutivas,

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

las cuales deben ser ubicadas en el dibujo, a partir de la segunda o tercera luminaria se toma un tramo de vía igual al ancho de la calzada y de longitud igual a la mitad de la interdistancia entre luminarias, se procede entonces a dividir este tramo en cuatro rectángulos iguales y cada uno de los puntos de intersección se enumeran tal como se muestra en la Figura 5.10.



**Figura 5.10 Puntos de cálculo en un carril**

El centro de la curva isolux se localiza sobre la primera luminaria y se lee la contribución de esa luminaria a la iluminancia de cada uno de los 9 puntos, el procedimiento debe continuarse colocando la curva isolux sobre cada una de las luminarias consideradas en todo el tramo longitudinal. Cada uno de los

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

datos leídos en la curva deberá ser anotado, tal como se muestra en la Tabla 5.13.

**Tabla 5.13 Datos leídos en los 9 puntos**

Punto	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>9</sub>
Lecturas	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Suma	EP <sub>1</sub>								

Al final se obtienen una serie de datos para cada punto en particular, cuya suma determinará la iluminancia del punto, los valores obtenidos de la curva son valores leídos y no corresponden a los reales, para obtener los valores reales de iluminancia por punto bastará con multiplicar los valores tomados por:

$$\frac{1}{H^2} \times \frac{\Phi}{1000} \times f_m$$

Donde:

- Φ: Flujo luminoso de la bombilla; lm  
 H: Altura de montaje de la luminaria: m  
 fm: Factor de mantenimiento

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

- **Calculo del Nivel Promedio de Iluminancia**

Cada uno de los puntos en los cuales se calcula la iluminancia, tiene un peso respecto a los demás de acuerdo a su posición. Para calcular el nivel promedio de iluminancia del área considerada, se realiza una ponderación de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E_p = \frac{1}{16} (E_{p1} + E_{p3} + E_{p7} + E_{p9}) + \frac{1}{8} (E_{p2} + E_{p4} + E_{p6} + E_{p8}) + \frac{1}{4} (E_{p5})$$

Donde:

$E_p$ : Iluminancia promedio del área; lx

$E_{p1}$ : Iluminancia total en el punto 1; lx

$E_{p2}$ : Iluminancia total en el punto 2.....

Nota: Los valores anteriores deben ser los reales; si el cálculo se realiza con los valores leídos, el resultado debe ser multiplicado por el factor:

$$\frac{1}{H^2} \times \frac{\Phi}{1000} \times f_m$$

- **Cálculo de la Uniformidad**

Una vez calculados los valores de iluminancia de cada uno de los 9 puntos, se escogen los puntos de máximo y mínimo valor y se relacionan con el valor promedio para obtener dos valores de uniformidad: **uniformidad promedio**, definida como  $E_{mín}/E_p$ , y **uniformidad general**, definida como  $E_{mín}/E_{máx}$ .

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

En caso de que haya dificultades al evaluar la luminancia de una vía, puede hallarse la iluminancia empleando el método de los 9 puntos.

**Tabla 5.14 Valores recomendados por la IES de iluminancia promedio para diferentes vías**

Clasificación de la vía		Clase de revestimiento			Uniformidad de la iluminancia $E_{prom}/E_{min}$
		R1	R2 y R3	R4	
Carretera	Clase A	6	9	8	3/1
	Clase B	4	6	5	3/1
Autopista	Comercial	10	14	13	3/1
	Mixta	8	12	10	3/1
	Residencial	6	9	8	3/1
Avenida	Comercial	12	17	15	3/1
	Mixta	9	13	11	3/1
	Residencial	6	9	8	3/1
Colector	Comercial	8	12	10	4/1
	Mixta	6	5	4	4/1
	Residencial	4	6	5	4/1
Local	Comercial	6	9	8	6/1
	Mixta	5	7	6	6/1
	Residencial	3	4	4	6/1

En la Tabla 5.14 se consignan los valores de iluminancia de acuerdo a los recubrimientos de las vías.

El diseñador no deberá esperar que la calidad de la iluminación obtenida al aplicar la tabla, sea la misma que la obtenida al aplicar el método de la luminancia.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



## 5.10 MATERIALES

Todos los materiales, equipos, dispositivos, herrajes y elementos utilizados en cualquier proyecto de alumbrado público deben ser nuevos al momento de instalarlos y deben cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la presente Norma, las cuales fueron tomadas de las Normas (NTC) o internacionales, relacionadas en el documento; también cumplirán con el capítulo 3 del RETILAP: “Requisitos de Productos para Iluminación y Alumbrado Público”. La certificación de los materiales objeto del RETILAP incluidos en su Tabla 110.2 a., aplicará a todos ellos.

### 5.10.1 Postes

Los postes que sirven de soporte a las redes exclusivas de alumbrado público o compartidas con redes de distribución, ó en los que se instalen luminarias, podrán ser en concreto, los cuales deberán cumplir con la Norma NTC 1329 y las demás disposiciones contenidas en esta Norma.

Cuando se utilicen los postes de la red de distribución para soportar las luminarias de alumbrado público, se deberán utilizar brazos metálicos de hierro galvanizado de las dimensiones definidas en el numeral 5.11.5

Los postes de concreto destinados exclusivamente para alumbrado público deberán tener en su interior un tubo de PVC de ½” con salida a 20 cm de la cima del poste, para alimentar la luminaria, y en la parte inferior a 1.4 m de la base otra salida con campana para conectar el ducto a la cámara. Igualmente se podrán utilizar postes metálicos para soporte de luminarias, fabricados en acero galvanizado, que cumplan

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

con las disposiciones de las Normas ASTM, con altura mínima de 6 m y deben cumplir las recomendaciones de la Tabla 5.15, la cual se toma del Manual Único de Alumbrado Público de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

Para el montaje de luminarias los apoyos a utilizar se relacionan con la clase de iluminación, así:

- Postes de concreto: vías M3, M4 y M5, con altura mínima de 8 m y resistencia de 510 kgf
- Postes metálicos: Vías M1, M2, M3, M4 y M5, en vías M1 y M2 la altura mínima del poste será de 12 m
- Postes de fibra de vidrio: M1, M2, M3, M4 y M5

**Tabla 5.15 Características de postes metálicos para AP**

Altura poste m	Diámetro en la cima mm	Diámetro de la base Mm	Carga de rotura Kgf	Espesor lamina mm	Espesor soporte mm	Lado soporte cm	Distancia entre perforaciones cm	Dímetro de la perforación mm	Base concreto profundidad cm	Base de concreto lado cm
6	101.6	101.6		4	6.3	40	30	22	50	45
8	127	170		3	12	40	30	22	110	45
9	127	190		3	12	40	30	22	110	45
10	127	190		3	12	40	30	22	110	45
12	127	195		3	12	40	30	22	130	45
14	127	250		3	19	50	40	24	130	55
16	140	250		4	19	50	40	24	130	70

Los postes de alumbrado público se deben ubicar a 60 cm del borde del sardinel y, en lo posible, se evitará la colocación de postes en separadores centrales de menos de 1.5 m de ancho.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.10.2 Conductores

Los conductores a utilizar en las redes del alumbrado público podrán ser:

- Conductores de cobre con aislamiento THW o THHN en calibres No.8, No.6, No.4, hasta el No.2 AWG
- Conductores de aluminio con aislamiento THW o THHN en calibres No.8, No.6, No.4, hasta el No.2 AWG
- Conductores de cobre o aluminio de doble aislamiento tipo XLPE 90 °C
- En distribución área se utilizará red abierta o trenzada
- En los circuitos subterráneos con ductería se utilizarán conductores con aislamiento de PVC 600V 75 °C. El uso de los circuitos subterráneos con ductería es obligatorio en el cruce de calzadas en las vías
- Para la alimentación de las luminarias se puede utilizar cable con neutro concéntrico ó alambre de cobre No.14 con aislamiento THW o THHN

### 5.10.3 Luminarias

Todas las luminarias empleadas en A.P. deberán cumplir con todas las disposiciones contempladas en el Reglamento Técnico de Alumbrado Público (RETILAP).

Las luminarias a instalar serán de sodio de alta presión de: 70 W, 150 W, 250 W y 400 W cerradas, y todas deberán ser aptas para utilizarse bajo las siguientes condiciones:

- Humedad relativa del 95%
- Velocidades del viento de 100 km/h
- Temperaturas de – 3 °C a 40 °C

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



- Instalación a la intemperie
- Altura sobre el nivel del mar entre 0 y 3 000 m
- Exposición a lluvia, polvo, contaminación atmosférica alta, insectos y vibración
- La luminaria deberá permitir la evacuación del calor generado dentro de ella, de modo que sus componentes no superen los niveles de temperatura de trabajo

El conjunto óptico de las luminarias debe tener como mínimo un índice de protección IP 65 según la Resolución CREG 070 del 28 de mayo de 1998, numeral 8.2, debe garantizar que las temperaturas no lleguen a los valores críticos en las partes importantes de la bombilla, tales como el punto de unión entre el bulbo y el casquillo y no sobrepasen las temperaturas máximas de funcionamiento de los elementos que conforman la luminaria; y el conjunto eléctrico debe tener un IP  $\geq$  54. Cada uno de los elementos que conforman o que están contenidos dentro de la luminaria debe cumplir con la NTC 2230 última actualización o normas equivalentes. Las características de los diferentes elementos que hacen parte de la luminaria, se especifican a continuación.

Las luminarias de sodio con potencias iguales o superiores a 150 W, requerirán la utilización de fusibles. Estos fusibles deberán instalarse en el interior del conjunto eléctrico de la luminaria, encapsulados dentro del respectivo portafusibles.

Los reflectores utilizados en A.P. deberán presentar un coeficiente de reflexión superior al 90 %, no se permitirán reflectores pintados o esmaltados, ni planos.

Para la verificación de los requisitos de las luminarias se podrán utilizar normas NTC o internacionales tales como:

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



- NTC 900: “Código de Alumbrado Público”
- NTC 3279: “Grado de protección dado por encerramiento de equipo eléctrico (Grado IP)”
- IEC 60529: “Degree of protection by enclosure (IP code)”
- IEC 60598 1-2-3: “Luminaires for road and street lighting particular requirements”
- CIE 31 -1976: “Glare and Uniformity in Road Lighting installations”
- CIE 115 – 1995: “Recommendations for the lighting of road for motor and pedestrian traffic”
- EN 50102: “Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (código IK)”

### 5.10.3.1 Carcasa

Para luminarias de 150 W, 250 W y 400 W de sodio, debe ser enteriza fabricada en aluminio inyectado, es decir, de una sola pieza que proteja al conjunto óptico y eléctrico y estos, a su vez, deben tener puertas de acceso y también deben ser fabricados en aluminio inyectado y separados entre ellos. Los elementos dentro de la carcasa deben ser fijados a la misma de forma que se facilite las labores de mantenimiento y cambio de elementos.

El compartimiento óptico debe poseer un dispositivo de cierre que no requiera herramientas para su apertura, conserve la hermeticidad de la luminaria y evite que se abra en forma accidental. Tendrá orificio de fijación al brazo de tamaño adecuado para albergar tubos hasta de 2” y que permita realizar cambios en la inclinación de la luminaria.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	

### 5.10.3.2 Portalámparas

Deben ser de tipo pesado en porcelana esmaltada, casquillo E27, E40 ó E45, dependiendo del vatiaje de la bombilla , debe cumplir con lo dispuesto en la NTC 2232 y los casquillos cumplir la NTC 1460 y 1470, la rosca fresada debe ser en cobre de 2 mm mínimo de espesor y con baño de níquel plata, contacto central de presión con resorte de acero inoxidable y herrajes de bronce niquelado, los conductores que conecten al portalámparas serán aislados en silicona aptos para soportar temperaturas de 200 °C.

### 5.10.3.3 Arrancador

El arrancador debe poseer certificado de conformidad de producto RETIE, cumplir las Normas NTC 2234, 3200-1 y 3002-2, debe ser diseñado para soportar temperaturas hasta de 90 °C; debe ser capsulado y de material auto extingible; junto con el balasto deben ser ajustados para conformar un sistema completo. El arrancador dispondrá de rotulo legible y durable con la siguiente información: fabricante, potencia, tensiones de las bombillas, frecuencia, identificación de terminales, diagramas de conexiones, tensiones mínima y máxima de operación y cualquier otra información adicional que el fabricante considere útil. No se admiten marquillas en papel o fijadas con pegante.

### 5.10.3.4 Condensador

Deberá soportar una tensión de operación por encima de la del balasto, una temperatura de operación superior a 90 °C, operar correctamente en cualquier posición y garantizar un factor de potencia superior a 0.9. El conjunto eléctrico de la luminaria no podrá contar con más de un condensador y este deberá cumplir con la

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



NTC 2134-1 y NTC 2134-2. Los terminales de los cables deben ser estañados y su aislamiento soportar 105 °C.

El condensador utilizado en alumbrado público debe ser del tipo seco o aislado en aceite (no PCB) y debe tener una tolerancia en el valor de su capacitancia: de 3% para balastos CWA, y hasta 5% para balastos tipo reactor. El cambio del valor de capacitancia con variaciones de temperatura entre 23 °C y 0 °C, debe estar dentro del rango de + 2% a -5% y, para un cambio de temperatura de 23 °C a 90 °C, debe estar dentro de un rango de +2% a -7%.

#### 5.10.3.5 Balasto

Debe poseer certificado de conformidad de producto RETILAP, cumplir las Normas NTC 2117 y 2118, ser del tipo autorregulado (CWA) ó reactor, permitir la conexión a 208 V a 240 V, deberá tener un rotulo de identificación legible y duradero, con la siguiente información: nombre del fabricante, tipo de balasto, potencia, tensión nominal, temperatura máxima de funcionamiento, diagrama de conexión, factor de cresta, condensador requerido, y cualquier información que el fabricante considere puede ser útil.

Los balastos para las bombillas de sodio alta presión deben cumplir con el trapecoide, de acuerdo con los requerimientos establecidos en las normas NTC 2243 o norma internacional equivalente como la IEC 662, de la variación máxima de la potencia de la bombilla para variaciones de la tensión nominal de línea de 5% con balastos tipo reactor o 10% con balastos tipo CWA.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Las pérdidas en los balastos no deberán ser mayores a las establecidas en el RETILAP, las cuales se determinan utilizando procedimientos contemplados en las normas NTC 2118 y 3657.

Los balastos para bombillas de halogenuros metálicos en caso de utilizar este último tipo de bombillas, deberán cumplir igualmente con todos los requerimientos establecidos en el RETILAP.

#### **5.10.3.6 Refractor**

El refractor, deberá ser de vidrio templado de seguridad o policarbonato de alto impacto y con protección ultravioleta, la superficie lisa, a prueba de choques térmicos y mecánicos, con un factor de transmitancia mínimo del 95% y una temperatura mínima de soporte sin afectar la estructura de 240 °C. No se aceptarán refractores prismáticos exteriores, porque dificulta el mantenimiento elevando su factor

#### **5.10.3.7 Alambre**

Debe poseer revestimiento antitérmico de material flexible, con aislamiento de PVC, algodón lacado para 90 °C, 600 V, tipo THW.

### **5.11 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS**

#### **5.11.1 Circuitos y Canalizaciones**

En vías cuya iluminación sea clase M1 ó M2, las redes de alumbrado público serán subterráneas; en vías M3, M4 y M5 las redes podrán ser aéreas o subterráneas. Las redes serán subterráneas, en lo posible, en los casos que se enuncian a

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



continuación; desde luego, acatando siempre lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial de cada Municipio:

- Estratos 4, 5 y 6
- En separadores centrales
- En aquellos sitios donde su ubicación no permita cumplir con las distancias mínimas de seguridad estipuladas por edeq S.A. E.S.P.
- En paseos comerciales y vías peatonales
- En sectores clasificados como de distribución subterránea

Los conductores de las redes aéreas siempre serán aislados.

En zonas residenciales donde la red de alumbrado público es aérea y está soportada en los postes de la red de distribución, es necesario localizar luminarias en cada uno de ellos.

La regulación máxima permitida desde bornes del transformador hasta la última luminaria será de 3.0% y para su cálculo se utilizará el método de la constante K, el cual se ha mencionado previamente en el Capítulo 3: “Redes Subterráneas” de las Normas edeq S.A. E.S.P.

### 5.11.2 Cámaras

Las cámaras o cajas de paso deberán cumplir con lo especificado en la Normas edeq S.A. E.S.P., Capítulo 3.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



El ducto que comunica el poste con la cámara debe ser un tubo conduit metálico galvanizado y su diámetro como mínimo de 12,7 mm ( $\frac{1}{2}$ ").

### 5.11.3 Protección

Todas las luminarias deberán ser protegidas contra cortocircuito mediante fusibles instalados en cada fase, en el punto de conexión, con el fin de aislar la luminaria en caso de falla, de la red de alimentación. El fusible de protección deberá calcularse de acuerdo a la potencia absorbida por la luminaria.

### 5.11.4 Controles de Iluminación

Solo las redes exclusivas para alumbrado público podrán disponer de un control general de encendido y apagado automático.

En las demás redes, la alimentación de las luminarias se hará directamente de la red secundaria y el control de alumbrado deberá hacerse en forma individual mediante foto controles instalados en cada luminaria.

### 5.11.5 Herrajes y Brazos

Todos los herrajes serán galvanizados en caliente, los tubos o brazos de soporte para las luminarias deberán ser:

Luminarias de 400 W:	2"
Luminarias de 250 W:	2"
Luminarias de 70 W y 150 W:	1½"

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Sin embargo, cuando el brazo requiera diseño especial, su diámetro se podrá modificar, de acuerdo con el tipo de luminaria.

### 5.11.6 Bombillas

Las bombillas deberán ser de sodio de alta presión, posición universal y tipo tubular claro, las bombillas utilizadas en Alumbrado Público deberán reponerse cuando la emisión del flujo luminoso haya descendido al setenta por ciento (70%) de su valor inicial. Su vida útil no deberá ser inferior a las 24 000 horas y su eficacia luminosa no será inferior a las especificadas en el RETILAP. Las bombillas de sodio no se deberán utilizar en áreas donde se requiera una buena reproducción del color, en cuyo caso se utilizarán bombillas de halogenuros metálicos.

Para la verificación de los requisitos de las bombillas de sodio de alta presión edeq S.A. E.S.P. adopta las Normas: NTC 2243, IEC 60662 y las ANSI C 78.1350, C 78.1351 y C 78.1352.

### 5.11.7 Ductos

El tendido de ductos se hará lo más recto posible y en caso de cualquier cambio de dirección se deberá construir una cámara de inspección para tal efecto. Los ductos que terminen en las cámaras, deberán estar provistos de adaptadores terminales tipo campana o deberán estar emboquillados para evitar bordes cortantes que puedan dañar el aislamiento de los conductores. Los ductos de reserva de una canalización, o los ductos que van a permanecer libres, deberán taponarse a fin de mantenerlos libres de basura, tierra, o residuos.

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



Se deberá instalar una señal preventiva, consistente en una banda plástica, a lo largo de la brecha, a lo largo de todas las canalizaciones de las redes eléctricas de AP, con el fin de indicar la presencia de los ductos instalados.

Los ductos cumplirán los mismos requisitos que los contemplados en el Capítulo 3: “Redes Subterráneas” de las Normas de edeq S.A. E.S.P.

### 5.11.8 Transformador para Alumbrado Público

Los transformador para uso exclusivo de alumbrado público serán tipo distribución a 13200/240/120 V monofásicos, con capacidades de 15 kVA, 25 kVA y 37.5 kVA.

Para casos especiales donde se requieran otras tensiones ó capacidades diferentes, se deberá consultar con edeq S.A. E.S.P.

Los transformadores cumplirán en un todo con los requerimientos establecidos en el Capítulo 4: “Subestaciones” de las Normas de edeq S.A. E.S.P.

### 5.11.9 Puesta a Tierra

Las puestas a tierra se regirán por lo exigido en el RETIE, Artículos 15 y 35, complementando esos criterios con las demás especificaciones técnicas que edeq S.A. E.S.P. fije en estas Normas; Capítulo 4: “Subestaciones”.

Se debe instalar un conductor de puesta a tierra en toda la instalación de alumbrado público, y toda estructura metálica se debe conectar a este conductor de puesta a

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	



tierra; al igual que el neutro de la instalación, el cual se debe aterrizar en el transformador, en redes subterráneas, en cada cámara, y al final de cada circuito.

## 5.12 PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

Toda instalación eléctrica objeto del RETIE deberá contar con un diseño, efectuado por el profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño debe cubrir los siguientes aspectos, según criterio de edeq S.A. E.S.P.:

- Cálculo de transformadores, en caso de requerirse
- Distancias de seguridad
- Asignación de conductores y cálculos de regulación
- Cálculo y coordinación de protecciones
- Cálculos de ductos (tuberías y/o canalizaciones)
- Cálculo de puestas a tierra del transformador
- Análisis de protección contra rayos
- Cálculo mecánico de estructuras
- Cálculo de iluminación
- Especificaciones de construcción complementarias a los planos incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales
- Diagramas unifilares
- Cámaras: localización, tipos y dimensiones
- Planos eléctricos de construcción

	<b>EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDÍO S.A. E.S.P.</b>			<b>NORMA</b> 
	ALUMBRADO PÚBLICO (CAPÍTULO 5)			
Elaboró: Ingeniería SDL	Revisó: Comité de Normas	Aprobó: Comité de Gerencia	Fecha: Marzo de 2011	