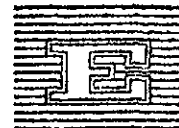


NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO
CCE/SC.5/CRNE/VIII/6
Junio de 1972



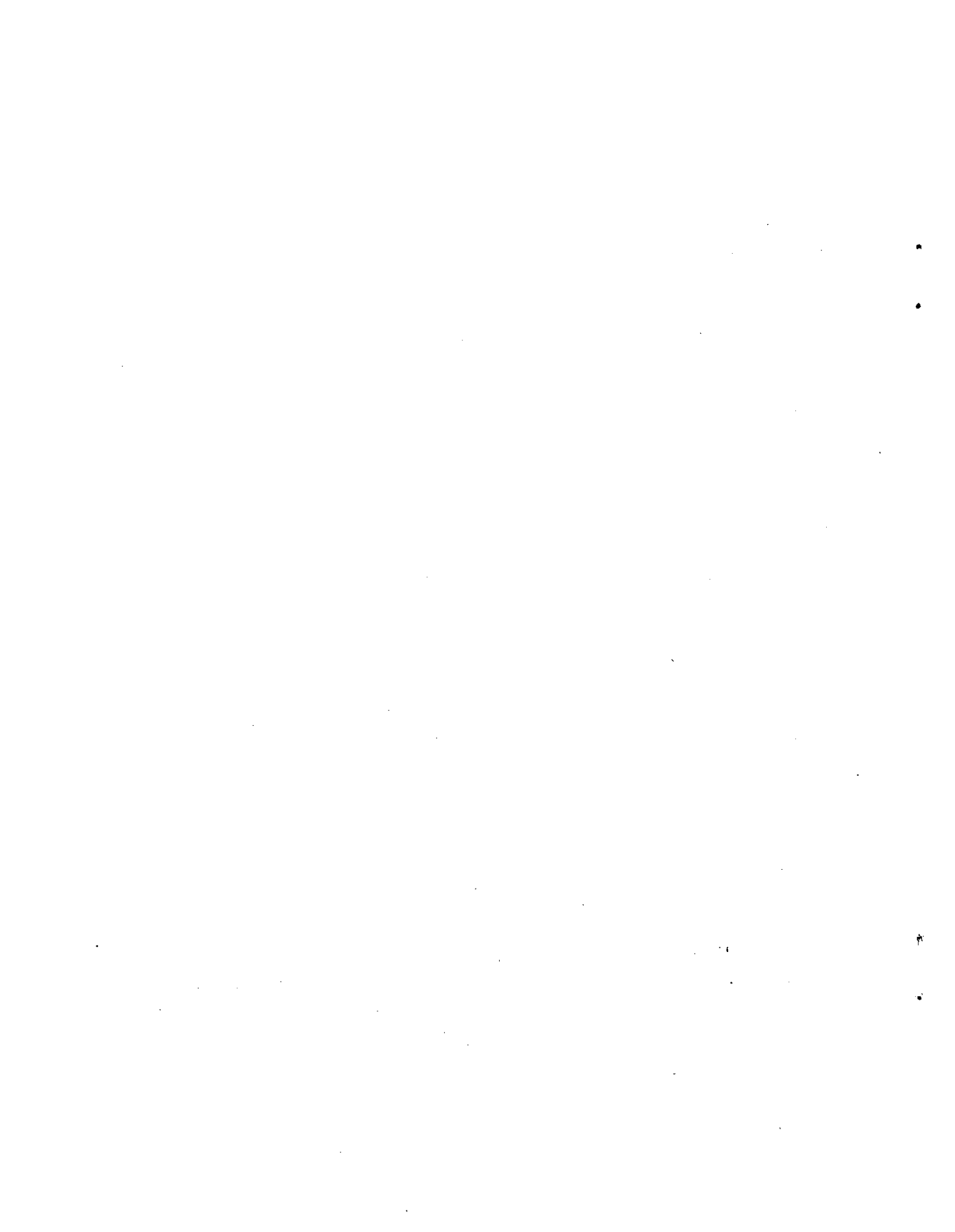
COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA
DEL ISTMO CENTROAMERICANO
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE
ELECTRIFICACION Y RECURSOS HIDRAULICOS
COMITE REGIONAL DE NORMAS ELECTRICAS

Octava Reunión
Guatemala, Guatemala

PROYECTO DE NORMA CRNE-23

CRITERIOS DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES
PARA EL ALUMBRADO PUBLICO

Proyecto elaborado para el Comité Regional de Normas Eléctricas por el señor Armando Rodríguez, experto regional adscrito a la Comisión Económica para América Latina. Este proyecto será examinado por el CRNE, con las observaciones que a su respecto señalen los Comités Nacionales de Normas Eléctricas del Istmo Centroamericano.



INDICE

	<u>Página</u>
Presentación	1
1. Alumbrado público de calzadas	3
2. Principios de visión	3
a) Requisitos para los conductores	3
b) Campo visual del conductor	4
c) Visibilidad	6
d) Deslumbramiento y comodidad visual	6
3. Criterios de calidad	7
a) Nivel de luminancia y/o nivel de iluminación	7
b) Uniformidad de luminancia y/o de iluminación	8
c) Limitación del deslumbramiento	8
d) Guía óptica	8
4. Lámparas y luminarias	8
a) Lámparas	8
b) Luminarias	15
5. Clasificación de superficies	25
6. Clasificación de áreas, calzadas y poblaciones	26
a) Areas	26
b) Calles	27
c) Poblaciones	27
7. Valores recomendados	28
a) Valores de niveles de luminancia e iluminación recomendados	28
b) Niveles de uniformidad	30
c) Limitación del deslumbramiento	30
d) Recomendaciones para gafas ópticas	33
8. Métodos y criterios de diseño	34
a) Cálculo de la luminancia promedio	35
b) Cálculo de la iluminación promedio	37
c) Cálculo de la iluminación en un punto	39

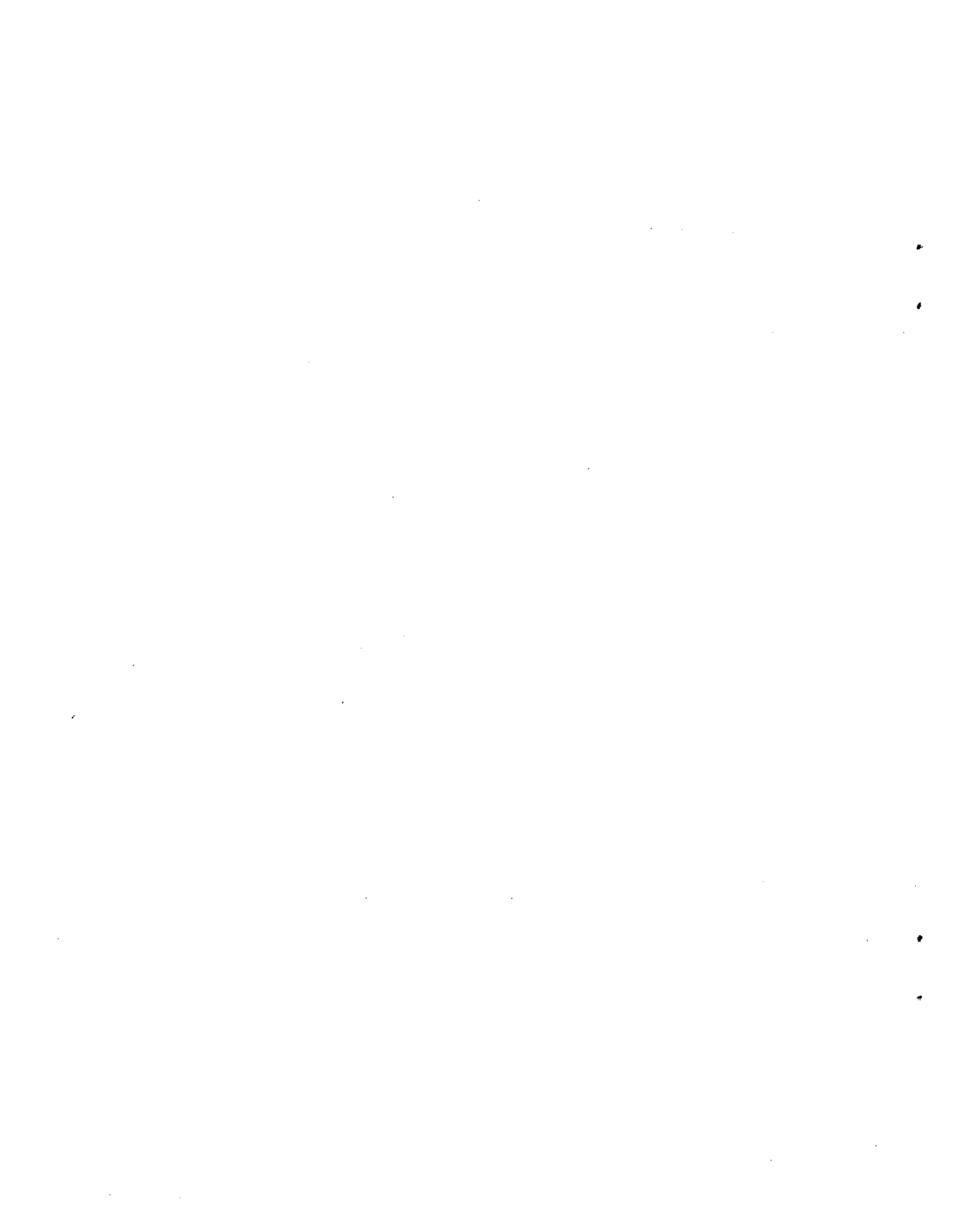
/d) Tipos de

	<u>Página</u>
d) Tipos de arreglo	39
e) Cálculo del índice de deslumbramiento	40
f) Altura de montaje	40
g) Espaciamientos máximos	45
Bibliografía	47

PRESENTACION

Por la importancia que el alumbrado público representa para el desarrollo económico y social de los países del Istmo Centroamericano, los participantes a la séptima reunión del Comité Regional de Normas Eléctricas, celebrada en septiembre de 1971 en la ciudad de Panamá, aprobaron un programa de trabajo en el que figura, entre otros aspectos, la elaboración de normas, criterios de diseño y especificaciones de equipo y materiales para ese tipo de alumbrado.

De acuerdo con lo especificado en dicho programa, se presenta en este documento una propuesta de norma que incluye consideraciones generales sobre los propósitos del alumbrado público, definiciones básicas y criterios de diseño al respecto.



1. Alumbrado público de calzadas

El principal objetivo del alumbrado público de calzadas es permitir a peatones y automovilistas transitar por ellas durante la noche con la mayor seguridad y comodidad posibles, y facultar a los conductores a distinguir y localizar con certeza y a tiempo el alineamiento de la calzada, las señales de tráfico, los posibles obstáculos y otros detalles de importancia y a los peatones a percibir las orillas de las aceras, los vehículos y los obstáculos.

Las obras necesarias para lograr estos propósitos deberán ser realizadas tomando en cuenta la ubicación y la intensidad de tráfico de la vía, pero sin perder de vista los aspectos de estética y economía.

Los beneficios que se derivan de un buen sistema de alumbrado público son numerosos y entre ellos se pueden citar los siguientes:

- a) Reducción considerable de daños a la vida y a la propiedad;
- b) Disminución de la delincuencia;
- c) Incremento de la capacidad de tráfico;
- d) Incentivo a los negocios e industrias en horas nocturnas;
- e) Estímulo al espíritu de la vida comunitaria;
- f) Ahorros por disminución de daños a bienes y pérdidas de horas de trabajo.

2. Principios de visión

a) Requisitos para los conductores

Las calles y caminos deberán ser visibles en todo momento, y se deberán poder percibir claramente sus detalles (bordes del camino y de las aceras, intersecciones de caminos laterales y señales de tráfico). Deberán contar también con una guía visual que indique claramente su alineamiento. Esta guía podrá consistir en el tipo y/o color de las luminarias, así como en su configuración.

Cualquier objeto que pueda consistir un peligro deberá verse y reconocerse con claridad a una distancia suficiente para permitir al conductor maniobrar sin peligro para él o para los demás.

Aun cuando no existan obstáculos, la calzada deberá presentarse de manera tal que el conductor tenga la certeza de que está despejada, lo que

/le proporcionará

le proporcionará comodidad visual y evitará la fatiga nerviosa que puede ser de peligro.

El alumbrado deberá ser uniforme y dar la apariencia de continuidad. Los puntos críticos como curvas, puentes, cruces a desnivel, túneles, etc. se proveerán de alumbrado especial, pero sin alterar la apariencia de continuidad del alumbrado general.

Los rótulos de dirección, retenidas, etc., deberán iluminarse adecuadamente ya sea por medio de la instalación general o por equipos especiales, procurando siempre que no provoquen deslumbramiento.

b) Campo visual del conductor

El campo visual del conductor, en orden decreciente de importancia es:

1) la calzada o pista de rodamiento; 2) las orillas del camino o aceras, incluyendo las señales de tráfico, y 3) el cielo y las luminarias. Cualquier obstrucción en el camino deberá ponerse de manifiesto claramente en el campo visual.

La percepción y la rapidez de percepción están directamente relacionadas con las luminancias y contrastes por lo que deberán conocerse los fenómenos que los producen.

i) Luminancia. La luminancia de la calzada resulta de la distribución de la intensidad luminosa de las luminarias, por la geometría de su instalación, y por las características de reflexión de la superficie.

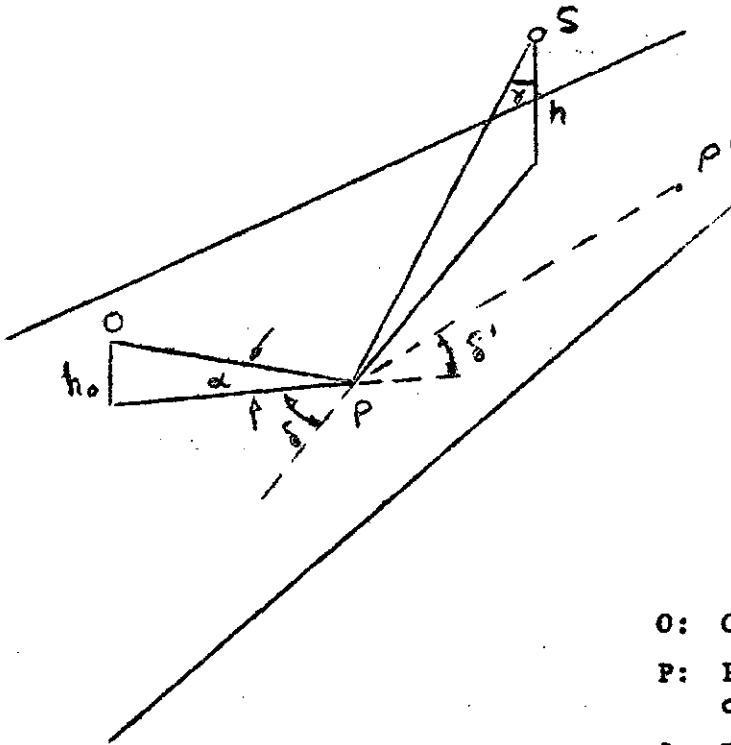
Luminancia es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada, por unidad de área proyectada de la superficie en esa dirección. Una superficie que emite o refleja luz en una dirección determinada a razón de una candela (cd) por metro cuadrado tiene una luminancia de 1 cd/m^2 .

ii) Luminancia en un punto de la superficie de la calzada. La luminancia (L) de un punto (P) visto desde "O" es proporcional a la iluminación y a la reflectancia:

$$L = q \times E$$

Donde:

- L = Luminancia
- q = Factor de luminancia
- E = Iluminación



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

- O: Observador
- P: Punto de la superficie bajo observación
- S: Fuente luminosa
- h_o: Altura del ojo del observador
- h: Altura de montaje de la fuente
- \$\alpha\$: Ángulo de observación
- \$\gamma\$: Ángulo de elevación de la fuente
- \$\delta, \delta'\$: Ángulos de orientación

iii) Luminancia promedio de la superficie de la calzada. La luminancia promedio de una superficie se define como:

$$\bar{L} = \frac{\int L dA}{\int dA}$$

iv) Luminancia de contornos del camino. La luminancia de los contornos del camino depende de su naturaleza y de la distribución de la intensidad luminosa de las luminarias. Normalmente no se calcula, pero si interviene en la evaluación del deslumbramiento y en la estimación de los contrastes presentados por los objetos vistos contra los contornos del camino.

v) Luminancia de luminarias. La luminancia de las luminarias depende de la distribución de la intensidad luminosa en su área proyectada. En orden de magnitud, es mucho mayor que las luminancias de la calzada y puede producir deslumbramiento, que reduce la capacidad visual del ojo, o malestar que conduce a la fatiga.

c) Visibilidad

El fenómeno de visibilidad está directamente relacionado con el de contraste. Es muy importante, por lo tanto, presentar siempre los siguientes contrastes al conductor:

- 1) Entre la calzada y todos los objetos que indican sus linderos;
- 2) Entre cualquier obstáculo que pueda presentarse y el fondo contra el cual aparece.

En vista de que las características de un obstáculo pueden variar considerablemente, cualquier factor que tienda a incrementar el contraste, deberá ser aprovechado. Para esto, las luminancias de las superficies de fondo serán pues lo suficientemente altas y uniformes y se procurará mantener el "deslumbramiento molesto" en los límites recomendables.

d) Deslumbramiento y comodidad visual

El deslumbramiento en el alumbrado público es causado por las luminarias. Hay dos tipos de deslumbramiento; el deslumbramiento de incapacidad que disminuye la capacidad visual del ojo y, por consiguiente, la

/visibilidad

visibilidad de los objetos, y el deslumbramiento molesto que disminuye la comodidad visual y que puede conducir a la irritabilidad y a la fatiga pero que no afecta la habilidad para distinguir los objetos.

Existen además otros factores que producen deslumbramiento, como las superficies con factores altos de reflexión, escaparates excesivamente brillantes, señales de caminos, y otros similares.

El deslumbramiento depende principalmente de la iluminación que producen las luminarias sobre los ojos del observador. Por esta razón, se han establecido límites en la intensidad luminosa emitida por las luminarias en direcciones cercanas a la horizontal. (Véase el cuadro 3.) Además, para una luminancia de una intensidad dada:

- 1) El deslumbramiento disminuye conforme el área proyectada de la luminaria aumenta en la dirección del observador;
- 2) El deslumbramiento disminuye conforme aumenta el brillo del fondo contr el cual se vea las luminarias. Este fondo comprende todo el campo visual del conductor.

Si varias luminarias se presentan en el campo visual, el deslumbramiento es acumulativo.

3. Criterios de calidad

De las consideraciones anteriores se puede deducir que cuatro son los factores que constituyen el criterio fundamental para la calidad de un alumbrado público:

- a) El nivel de luminancia (brillo) o el nivel de iluminación
- b) La uniformidad de luminancia o de iluminación
- c) La limitación del deslumbramiento
- d) La guía óptica

a) Nivel de luminancia y/o nivel de iluminación

El nivel de luminancia deberá proporcionar una visibilidad que garantice a conductores y peatones un máximo de seguridad y comodidad visual. El nivel de iluminación adquiere importancia en áreas netamente residenciales.

/b) Uniformidad

b) Uniformidad de luminancia y/o de iluminación

La uniformidad de luminancia es necesaria para proporcionar comodidad visual a los conductores. La uniformidad de iluminación se requiere principalmente en calles de zonas residenciales y por lo general se permiten valores menores para la relación de la iluminación mínima a la promedio que para la uniformidad de luminancia.

c) Limitación del deslumbramiento

El deslumbramiento debido a las luminarias deberá limitarse a valores aceptables para la comodidad visual del conductor. Básicamente estas limitaciones se obtendrán utilizando el tipo de luminaria adecuado (cut-off, semi-cut-off, non-cut-off), pero se recomienda el uso de las relaciones propuestas en Public Lighting.^{1/}

d) Guía óptica

La localización de las luminarias proporcionará una guía óptica especialmente en calles o carreteras largas y en puntos críticos como intersecciones, desvíos y otros.

4. Lámparas y luminarias

a) Lámparas

En esta norma se considerarán únicamente las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, tipo que más se usa en el Istmo Centroamericano, y las de vapor de sodio, por existir actualmente una fuerte tendencia para su uso.

^{1/} J. B. de Boer, M. Cohn, A. B. de Graaff, B. Knudsen y D. A. Schrender, Public Lighting, Philips Technical Library.

Las características que determinarán la selección de una lámpara para una determinada instalación serán:

- 1) El flujo luminoso (lúmenes)
- 2) La economía (costo inicial, costo de mantenimiento, lúmenes/vatio y vida útil)
- 3) La luminancia de la lámpara y su área emisora
- 4) El color de la luz emitida.

i) Identificación para las lámparas de vapor de mercurio. Las lámparas de vapor de mercurio se identificarán de acuerdo al método recomendado por ANSI (C 78,380 - 1957), el cual consiste en una combinación de letras y números con el siguiente orden y significado:

H, identifica a las lámparas de mercurio;

Número, indica todas las características eléctricas de la lámpara. Las lámparas con un mismo número serán eléctricamente intercambiables;

Dos letras. Estas letras representarán todas las características físicas de la lámpara, tales como tamaño de bulbo, forma, material, etc. Las lámparas con las mismas letras serán físicamente intercambiables.

Además, a la designación anterior, el fabricante podrá agregar la potencia nominal, el color, etc.

ii) Lámparas recomendadas. Las lámparas recomendadas para alumbrado público serán:

Vatios de la lámpara	Designación de la lámpara <u>a/</u>	Designación del bulbo <u>a/</u>	Tipo de lámpara	Designación de la base
100 W	H 38 HT	BT-25	Clara	Rosca Mogul
100 W	H 38 JA	BT-25	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul
175 W	H 39 KC	BT-28	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul
250 W	H 37 KC	BT-28	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul
400 W	H 33 GL	BT-28	Fluorescente mercurial	Rosca Mogul

a/ Referencia ENSI

En el cuadro 1 se indican las principales características de estas lámparas.

/Cuadro 1

Cuadro 1

CARACTERISTICAS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA PRESION

Potencia nominal de la lámpara (vatios)	Unidad	100	100	175	250	400
Desig. de la lámpara		H38HT	H38JA	H39KC	H37KC	H33GL
Tipo de lámpara		Clara	F.M.	F.M.	F.M.	
Desig. de la base (rosca)		Mogul	F.M.	F.M.	F.M.	H33GL
Desig. del bulbo		BT-25	F.M.	BT-28	F.M.	BT-37
Diámetro nominal	mm	79	F.M.	89	F.M.	117
Longitud máxima total	mm	191	F.M.	211	F.M.	302
Longitud del arco	mm	28.5 \pm 6.3	F.M.	50.8 \pm 9.5	57 \pm 9.5	70 \pm 12.7
Posición de encendido		Cualquiera	F.M.	50.8 \pm 9.5	57 \pm 9.5	70 \pm 12.7
Temp. máxima del bulbo	°C	400	F.M.	50.8 \pm 9.5	57 \pm 9.5	70 \pm 12.7
Temp. máxima de la base	°C	210	F.M.	50.8 \pm 9.5	57 \pm 9.5	70 \pm 12.7
Características de operación^{a/}						
Volt. nominal - V.B.A. ^{b/}	V	130	F.M.	50.8 \pm 9.5	57 \pm 9.5	135
Mínimo - V.B.A.	V	115	F.M.	50.8 \pm 9.5	57 \pm 9.5	120
Máximo - V.B.A.	V	145	F.M.	50.8 \pm 9.5	57 \pm 9.5	150
Corriente nominal - V.B.A.	A	0.85	F.M.	1.5	2.1	3.2
Volt. nominal - horizontal	V	130	F.M.	128	129	130
Mínimo - horizontal	V	115	F.M.	113	114	115
Máximo - horizontal	V	145	F.M.	143	144	145
Corriente nominal-horizantal	A	0.8	F.M.	1.55	2.15	3.4
Requisitos de encendido						
Voltaje mínimo a 10°C ^{c/}	V	200	F.M.	1.55	190	3.4
Corriente mínima a 25°C ^{d/}	A	0.85	F.M.	1.5	2.1	3.1
Corriente de diseño ^{d/}	A	1.3	F.M.	2.2	3.1	5.0
Corriente máxima ^{d/}	A	1.8	F.M.	3.0	4.2	6.5
Tiempo de calentamiento ^{e/}	Minut.	15	F.M.	3.0	4.2	6.5
Voltaje máx. entre terminales	Vpico	1 100	F.M.	3.0	4.2	2 150

- a/ Estos valores están basados en una temperatura ambiente de 25°C, operando la lámpara con su respectivo Balastro Patrón. (Véase más adelante el inciso iv)-12.)
- b/ V.B.A., posición vertical base arriba.
- c/ Los voltajes mínimos de encendido asegurarán una confiabilidad del 98 por ciento de probabilidades de encendido a 50°F a 0 horas de operación de la lámpara.
- d/ Estos valores de corriente de encendido serán medidos cuando la lámpara opere al voltaje alimentador nominal del circuito y a una temperatura ambiente de 25°C, 5 a 15 segundos después de haberse energizado el circuito.
- e/ El tiempo de calentamiento será el requerido por la lámpara para alcanzar el 95 por ciento del valor mínimo nominal de operación, operando a la mínima corriente de encendido a una temperatura ambiente de 32°F, en posición "vertical base arriba" y aire ambiente calmado.

/iii) Balastros

iii) Balastos para lámparas de vapor de mercurio. Las siguientes especificaciones se aplicarán a balastos integrales, diseñados para operar en un sistema de 60 hertz, de tensión nominal de 600 voltios o menos y en paralelo con el circuito alimentador.

1) Voltajes alimentadores. Los voltajes alimentadores preferidos serán: 120, 208 y 240 voltios.

2) Variaciones en los voltajes alimentadores. Los balastos deberán ser capaces de suministrar las características especificadas en los incisos v), vi) y viii), con variaciones del voltaje alimentador de ± 5 por ciento de su voltaje nominal.

3) Carga. La carga nominal del balastro será especificada en vatios y estará de acuerdo con la potencia de la lámpara para la que está designada a operar.

4) Temperatura ambiente de la lámpara. Los balastos estarán diseñados para encender lámparas a temperaturas ambiente de -17.8°C (0°F).

5) Voltaje de arranque. Los balastos proporcionarán el voltaje de arranque estipulado para la lámpara en su norma respectiva, en la gama de voltajes para la que los balastos están destinados a operar.

6) Corriente de arranque. Los balastos proporcionarán la corriente de arranque de acuerdo con los requisitos de la norma aplicable a la lámpara, en la gama de voltajes para la que los balastos están destinados a operar.

7) Potencia de operación de la lámpara. Los balastos entregarán a una Lámpara Patrón, en su posición de operación especificada (vertical base arriba u horizontal), una potencia no mayor ni menor del 7.5 por ciento de la potencia entregada a la misma lámpara en la misma posición por un Balastro Patrón. Tanto el balastro bajo prueba como el Patrón serán operados a su voltaje y frecuencia nominal.

8) Regulación. En toda la gama del voltaje alimentador a la que el balastro está destinado a operar, éste entregará a una lámpara Patrón, operando a su posición especificada, no menos del 88 por ciento ni más del 112 por ciento de la potencia entregada por el balastro a la misma Lámpara Patrón cuando éste opera a su voltaje nominal.

/9) Corriente

9) Corriente de operación de la lámpara. Con el voltaje alimentador nominal aplicado a un balastro, la corriente entregada a una Lámpara Patrón, operando a su posición especificada, no excederá del 110 por ciento de la corriente entregada por un Balastro Patrón a la misma lámpara en la misma posición.

10) Temperatura de balastros. Devanados y carcasa. El aumento de temperatura de un balastro no excederá de los valores del cuadro 2, cuando opere a su voltaje alimentador y frecuencia nominal alimentando la Lámpara Patrón apropiada, después de haberse estabilizado la temperatura.

Cuadro 2

LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA DE BALASTROS

Clase de aislamiento	Aumento de temperatura (grados centígrados)
A (105°C)	70
B (130°C)	95
F (155°C)	115
H (180°C)	135

Los aumentos de temperatura se basan en una temperatura ambiente de 25°C. Para temperaturas ambiente mayores de 25°C, los aumentos permisibles serán disminuidos en la misma cantidad en que la temperatura ambiente excede los 25°C normales.

Se recomienda utilizar preferentemente balastros con aislamiento clase H.

11) Nivel básico al impulso. Los balastros destinados a luminarias para alumbrado público estarán diseñados para un Nivel Básico al Impulso mínimo de 7.5 y 10 kV para balastros de voltajes alimentadores nominales máximos de 250 y 600 voltios, respectivamente.

12) Características de Balastos Patrón. Las características de los Balastos Patrón están dadas a 60 Hz, 25°C y 7.5 ± 0.5 por ciento de factor de potencia.

Potencia	Tipo de lámpara	Posición de la lámpara	Voltaje alimentador nominal (voltios)	Corriente (amperios)	Impedancia (Ohmios)	Referencia
100	H38	VBA	220	0.85	170	ANSI
		Hor.	220	0.88	168	C78.1300 -1968
175	H39	VBA	220	1.50	99.5	ANSI
		Hor.	220	1.55	97.5	C78.1308 -1968
250	H37	VBA	220	2.1	70.8	ANSI
		Hor.	220	2.15	69.3	C78.1301 -1968
400	H33	VBA	220	3.2	44.8	ANSI
		Hor.	220	3.4	44.2	C78.1305 -1968

VBA, vertical base arriba.

13) Principales tipos de balastos para lámparas de vapor de mercurio. Para los balastos que más se usan para instalaciones de alumbrado público, se establecerán los siguientes valores de regulación.

Balastro tipo	Variación en el voltaje alimentador	Variación en la potencia de la lámpara
	(porcientos)	
Reactor serie	± 5	± 12
Autotransformador autorregulado	± 10	± 5
Potencia constante	± 13	± 2

iv) Dispositivos de control

1) Requisitos mecánicos. El enchufe usado en el dispositivo será del tipo de clavija de vuelta de 125 V - 15 A, 250 V - 10 A, 3 polos, 3 hilos, conforme a las dimensiones indicadas en la publicación NEMA No. SH 16 - 1962.

Se dispondrá de un medio de sellado como parte integral de la unidad de control.

Las dimensiones y configuración del receptáculo, las dimensiones de su cavidad y las de la base de montaje del control estarán de acuerdo con las indicadas en la publicación NEMA SH 16 - 1962.

2) Requisitos eléctricos. Las fotoceldas serán para 120 voltios, 60 c.p.s. y operarán a tensiones eléctricas comprendidas entre 105 y 130 voltios.

3) Medio ambiente. La temperatura ambiente normal será de $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y el dispositivo operará dentro de una gama de temperaturas de -10°C a 50°C .

Cuando el dispositivo de control esté montado apropiadamente en la cabeza de la luminaria, el conjunto deberá ser a prueba de agua, polvo, insectos y otras impurezas del aire, y soportar durante 48 horas una humedad relativa de 96 por ciento a 50°C , operando con su carga nominal o bien desenergizado.

4) Requisitos de protección. La rigidez dieléctrica entre las partes conductoras y las partes metálicas de la carcasa estará capacitada para soportar una prueba de tensión eléctrica de 2.5 kV a 60 c.p.s. por un minuto en seco.

5) Carga nominal. Los dispositivos de control para lámparas mercuriales deberán soportar una carga nominal de 1 200 VA.

6) Requisitos de operación. El dispositivo cerrará el circuito de encendido dentro de los límites de + 100 por ciento y -50 por ciento del nivel de iluminación calibrado a voltaje, frecuencia y temperatura ambiente nominal:

a) Dentro de una gama de voltaje desde 105 hasta 130 voltios a frecuencia nominal, y a $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

/b) A

b) A frecuencia y voltaje nominal en una gama de temperatura desde -10°C hasta 50°C .

La relación del nivel de iluminación de apagado al nivel de iluminación de encendido no excederá de 5.

El dispositivo no deberá causar radio interferencia cuando opere.

7) Niveles de iluminación para operación. El dispositivo de control podrá calibrarse en su nivel de iluminación de encendido desde 5.4 Luxes (0.5 f.c.) a 32.3 Luxes (3 f.c.).

8) Tiempo de retardo. El dispositivo tendrá un tiempo mínimo de retardo de 20 segundos y máximo de 120 segundos.

9) Pararrayos. El control dispondrá de un pararrayos (o derivador de sobretensiones eléctricas) para la protección del dispositivo contra sobrevoltajes.

10) Componentes. Se aceptarán únicamente componentes de alta calidad. El elemento sensitivo será de sulfuro de cadmio u otro dispositivo de estado sólido de características similares.

b) Luminarias

En la selección de una luminaria se deberán considerar los siguientes puntos:

- 1) La naturaleza y potencia de la fuente luminosa
- 2) La naturaleza del sistema óptico y la distribución de la luz que proporcione
- 3) El sistema protector
- 4) La utilización del flujo luminoso
- 5) La resistencia al calor
- 6) La resistencia a las condiciones atmosféricas
- 7) Las facilidades de instalación y mantenimiento
- 8) La cantidad de auxiliares
- 9) Las dimensiones y peso de la unidad completa

La influencia de esos factores varían de acuerdo con las circunstancias locales y el diseñador deberá considerarlos según su importancia relativa. La distribución de la intensidad luminosa de la luminaria, sin

/embargo,

embargo, influye directamente en la calidad de un alumbrado. Con base en la dirección de la máxima intensidad luminosa y las intensidades máximas permisibles a determinados ángulos de la vertical, la Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) ha clasificado las luminarias en tres tipos: cut-off, semi-cut-off y non-cut-off. En el cuadro 3 se señalan los valores característicos de esos tres tipos de distribución.

1) Tipos de luminarias

1) Luminaria cut-off. Es una luminaria cuya distribución de intensidad está estrictamente limitada, en direcciones con ángulos iguales o mayores de 80° de la vertical hacia abajo, a los valores indicados en el cuadro 3.

2) Luminaria semi-cut-off. Es una luminaria cuya distribución de intensidad está estrictamente limitada, en direcciones con ángulos iguales o mayores de 80° de la vertical hacia abajo, a los valores indicados en el cuadro 3.

3) Luminaria non-cut-off. Es una luminaria cuya distribución de intensidad, en direcciones iguales o mayores de 80° con la vertical hacia abajo no es reducida, y la intensidad en la horizontal está limitada a 1 000 candelas.

Cuadro 3

CLASIFICACION DE LUMINARIAS

Tipo de luminaria	Dirección de la intensidad máxima	Valores máximos permisibles de intensidad a	
		90°	80°
Cut-off	0 - 65°	10 cd/1 000 lm	30 cd/1 000 lm
Semi-cut-off	0 - 75°	50 cd/1 000 lm	100 cd/1 000 lm
Non-cut-off		1 000 cd	-

ii) Requisitos de construcción. Los requisitos de construcción que una luminaria debe satisfacer, se pueden resumir en los siguientes:

- a) Materiales apropiados y construcción robusta
- b) Buen enfriamiento
- c) Facilidad de montaje y mantenimiento
- d) Diseño estético

1) Carcasa. La carcasa de la luminaria deberá ser de aluminio fundido a presión, sin porosidades, de espesor uniforme, de superficies a prueba de corrosión y oxidación. Deberá tener un accesorio de sujeción ajustable para brazos de 1 1/4" y 2" y en su interior se deberá instalar el balastro y demás accesorios eléctricos, y dispondrá de un receptáculo para montar un control fotoeléctrico.

2) Reflector. El reflector deberá ser de una sola pieza e independiente de la luminaria, y contar con un alto coeficiente de reflexión, antiempañable; se deberá poder montar y desmontar con facilidad.

3) Refractor. El refractor deberá ser de cristal prismático y templado que absorba los esfuerzos mecánicos debidos a cambios bruscos de temperatura, golpes, etc., resistente al calor y de factor de transmisión elevado. Se aceptarán refractores de plástico del tipo abierto para luminaria de 175 W o menos, siempre que éstos reúnan en grado satisfactorio las características de los refractores de vidrio. El color de los refractores no se deberá alterar con el tiempo.

4) Portalámpara. El portalámpara deberá ser resistente, de porcelana de buena calidad y deberá estar, de preferencia, montado en algún aditamento que permita su colocación en varias posiciones a lo largo de su eje, y en un plano vertical, para que la luminaria produzca diferentes tipos de distribución.

5) Sellos del conjunto. Todas las partes removibles del conjunto como el refractor y el soporte del portalámpara deberán estar selladas con juntas de neopreno y silicón para altas temperaturas que amortigüen golpes y vibraciones y protejan la luminaria contra polvo, humedad, insectos, etc.

6) Portarefractor. El aro portarefractor deberá ser de una sola pieza, de material anticorrosivo y antioxidante y deberá sujetarse a la luminaria por medio de bisagras que eviten su caída accidental.

7) Brazos de suspensión. Serán de acero galvanizado (el galvanizado se hará posteriormente al proceso de formación, perforación y soldadura requerido por el brazo) de 1 1/4" x 4' (horizontal) 1 1/4" x 6' (horizontal) y 2" x 8' (horizontal).

8) Protector. Las luminarias que dispongan de protectores deberán contar con un medio de sujeción para el protector, similar al de los aros portarefractores. Los protectores deberán asentar en forma hermética contra el sello de la carcasa o el del reflector, para evitar la entrada de las impurezas del aire al sistema óptico.

9) Dispositivo de respiración. El conjunto refractor, reflector y socket debe formar un sistema óptico completamente sellado y estará provisto de algún dispositivo de respiración que filtre las impurezas del aire.

10) Brazos y soportes.

Brazo. Los brazos tendrán longitudes nominales de 4', 6', 8' y 10'. La longitud nominal del brazo se medirá horizontalmente de la cara del poste al punto de sujeción de la luminaria. La tolerancia en la longitud nominal será +10" y -6". Los diámetros de los tubos serán de 1 1/4" o 2".

El brazo tendrá en el extremo de unión a la luminaria, un tramo horizontal de 3 3/4" de longitud mínima para tubos de 1 1/4", y de 5 1/8" de longitud mínima para tubos de 2".

Soportes del brazo. Los soportes del brazo estarán diseñados para sujetarse a postes de madera con pernos tipo máquina de 5/8" y pernos golosos de 1/2". Los agujeros para los pernos tipo máquina no serán menores de 11/16" de diámetro y los agujeros para pernos golosos no serán menores de 9/16" de diámetro. Deberán estar diseñados para ocupar la mínima distancia vertical entre sus puntos de fijación sujetos a tensión y compresión. Será preferible que las distancias verticales entre esos puntos no excedan los siguientes valores:

/Longitud

<u>Longitud nominal del brazo (pies)</u>	<u>Espaciamiento vertical entre puntos sujetos a la tensión y compresión del soporte (pulgadas)</u>
4	18
6	20
8	22
10	24

Capacidad de carga del brazo y soporte. El conjunto brazo-soporte estará diseñado para resistir una carga vertical de 100 libras aplicadas a 3" del extremo del brazo sin que la deflexión en ese punto exceda del 5 por ciento de la longitud del brazo, y para soportar una carga vertical de 250 libras aplicada a 3" del extremo del brazo sin que se presenten ruptura o grietas en ninguna parte del conjunto.

El conjunto brazo-soporte estará igualmente diseñado para resistir una carga horizontal de 50 libras aplicada normal al plano vertical del conjunto a una distancia de 3" del extremo del tubo, sin que la deflexión de ese punto exceda del 5 por ciento de la longitud del brazo. Esta prueba se hará con una carga vertical estabilizadora de 20 libras aplicadas a 3" del extremo del brazo.

Protección contra la corrosión. Todas las partes del soporte y brazo serán galvanizadas en caliente después de haber sido formadas, perforadas y soldadas.

ii) Información básica sobre luminarias. Para que el diseñador pueda seleccionar la luminaria óptima para su proyecto, tanto desde el punto de vista térmico como económico, necesitará la siguiente información:

- 1) Designación del fabricante
- 2) Lámpara (características, indicadas por separado)
- 3) Propiedades ópticas:

Sistema óptico

Forma

Material y acabado del reflector

Material y acabado del refractor

/4) Carcasa:

4) Carcasa:

Material
Acabado
Color

5) Protector:

Material
Acabado
Color

6) Accesorios de montaje:

Abrazadera de sujeción al brazo (diámetro en milímetros)
Angulo de ajustes para nivelación

7) Dimensiones y peso:

Longitud (L) en mm
Ancho (W), en mm
Altura (H), en mm
Peso, en kg

8) Propiedades eléctricas

Balastro integral (si) (no) (sus características se indicarán por separado)
Tensión eléctrica nominal, voltios
Corriente de encendido, amperios
Corriente nominal, amperios
Factor de potencia
Con capacitor, microfaradios
Corriente de encendido
Corriente nominal
Corriente ambiente mínima
Voltaje mínimo de encendido a temperatura mínima
Período de calentamiento
Carga nominal (incluyendo balastro), vatios

Nota: Deberán indicarse las bases a las que están referidos los valores de voltaje y las corrientes.

9) Características fotométricas

Tipo de luminaria

Angulo de inclinación

Flujo luminoso (a 100 horas de servicio) lúmenes:

Flujo luminoso de la lámpara
Flujo luminoso de la luminaria
Flujo luminoso hacia arriba
Flujo luminoso hacia abajo

/Eficiencia

Eficiencia de la luminaria**Intensidades luminosas (por 1 000 lm de flujo de la lámpara):**Intensidad 90° , cd/1 000 lmIntensidad a 80° , cd/1 000 lmÁrea emisora, m^2 $I_{80^{\circ}}/I_{88^{\circ}}$ Intensidad a 0° , cd/1 000 lm

Máxima intensidad, cd/1 000 lm

Localización del punto de máxima intensidad

Subdivisión de la distribución de luz**Factor de depreciación, fd**

Adicionalmente el fabricante proporcionará las siguientes curvas:

- a) Curvas de distribución (por 1 000 lúmenes)
- b) Curvas de isocandela (por 1 000 lúmenes)
- c) Curvas isolux (por 1 000 lúmenes)
- d) Curvas isoluminancia (por 1 000 lúmenes) para los tipos de superficie normalizados (véase más adelante la sección 5).
- e) Curva de factor de utilización
- f) Curva de rendimiento de luminancia para los tipos de superficie normalizados. (Véase el cuadro 4.)

1) Factores de depreciación y mantenimiento. El flujo luminoso de una luminaria disminuye con el tiempo debido a la reducción del flujo de la lámpara y a la acumulación de suciedad en el refractor y en el reflector y en la lámpara misma. La influencia de esos factores en los cálculos de iluminación se podrá considerar a través de los factores de depreciación o mantenimiento.

El factor de mantenimiento de la lámpara será expresado, de preferencia, como la relación de los lúmenes promedio a través de la vida de la lámpara a los lúmenes iniciales (100 horas de servicio).

El fabricante podrá proporcionar otros factores de mantenimiento, indicando los valores de referencia.

2) Distribución de luz. Las luminarias serán representadas por su distribución de intensidad luminosa en planos verticales. Las luminarias con distribución simétrica alrededor de un eje vertical serán representadas con una sola curva de distribución; las luminarias con distribución simétrica a dos ejes (como reflectores rectangulares para lámparas tubulares),

/con dos

con dos curvas de distribución, una perpendicular y la otra paralela al eje del camino; las luminarias asimétricas, con tres curvas de distribución, una perpendicular al eje del camino, otra paralela al mismo eje y una en la dirección del punto de mayor intensidad, indicando en ella el ángulo que el plano vertical que la contiene hace con el eje del camino. Las intensidades serán dadas para 1 000 lúmenes.

3) Diagrama de isocandela. El diagrama de isocandelas que incluye la mitad de todos los planos verticales presenta una descripción más completa de la distribución de luz. En él se trazarán curvas de igual intensidad en el hemisferio desarrollado. El diagrama de isocandela podrá también dibujarse sobre la superficie de la calzada. Las curvas para este último estarán basadas en la intensidad máxima para 1 000 lúmenes y serán fracciones de ésta (90, 80, 70, y 60 por ciento de I_{max}).

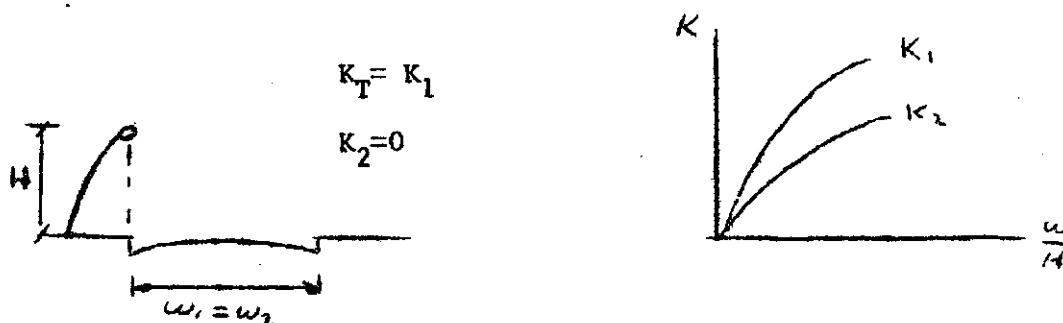
4) Diagrama Isolux. La distribución de iluminación sobre la superficie de una calzada se representará en el diagrama isolux. Los valores de iluminación de las curvas se darán con base en 1 000 lúmenes y la escala estará indicada por la altura de montaje.

5) Curvas de factor de utilización. Estas curvas mostrarán información sobre la proporción de lúmenes arrojada por la luminaria sobre la calzada (lado calle y lado casa). Los factores o coeficientes de utilización de lado calle y lado casa se identificarán por K_1 y K_2 , respectivamente. En el eje de las ordenadas se expresará el valor de K en por ciento o fracción y en el de las abscisas el ancho de la calzada (referido a la vertical de la luminaria).

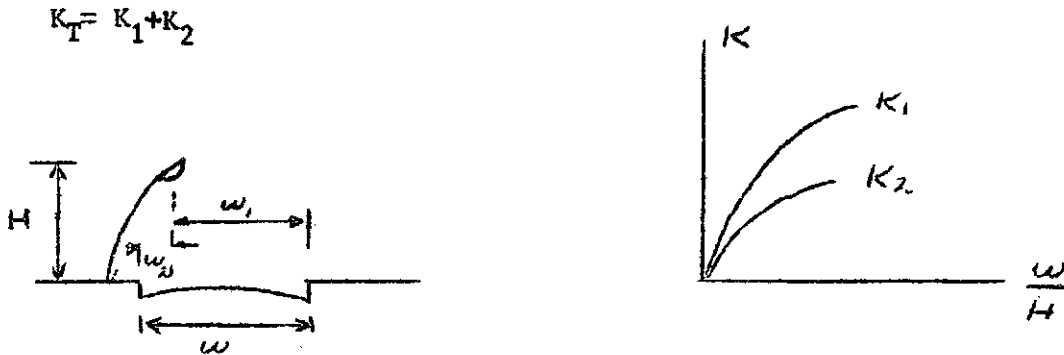
A continuación se presentan algunos ejemplos de la determinación del coeficiente de utilización para diferentes arreglos;

(i) Arreglo unilateral

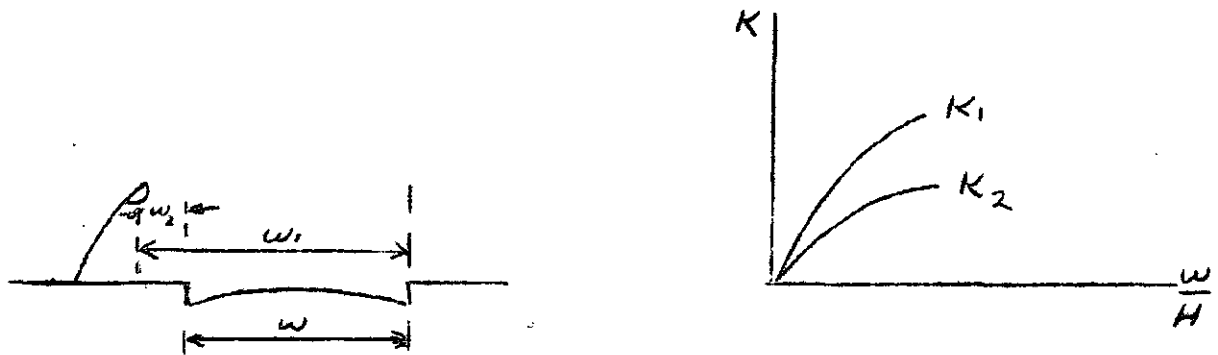
a) La vertical de la luminaria coincide con el borde de la calzada.



b) La luminaria tiene un avance w_2 sobre la calzada

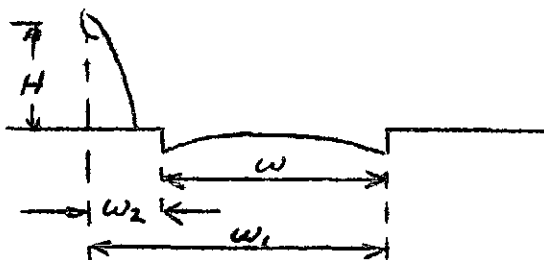


c) La luminaria está sobre la acera a w_2 de la calzada



$K_T = K_1 - K'_1$

d) La luminaria ilumina la calzada con el flujo de atrás y está a w_2 de la calzada.



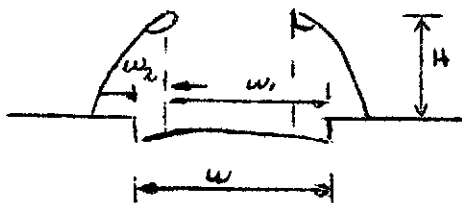
K_2 para w_1/H

K'_2 para w_2/H

$K_T = K_2 - K'_2$

(ii) Arreglo bilateral alterno

a) Las luminarias tienen igual avance



El cálculo de K_T es idéntico que para un arreglo unilateral, el espaciamiento será el de dos luminarias consecutivas estén o no del mismo lado. $K_T = K_1 + K_2$

b) Las luminarias tienen diferente avance. En este caso, se encontrarán por separado los coeficientes de utilización y se promediarán



(iii) Arreglo bilateral opuesto. El cálculo para cada lado se hará en la forma explicada en (i) "arreglo unilateral".

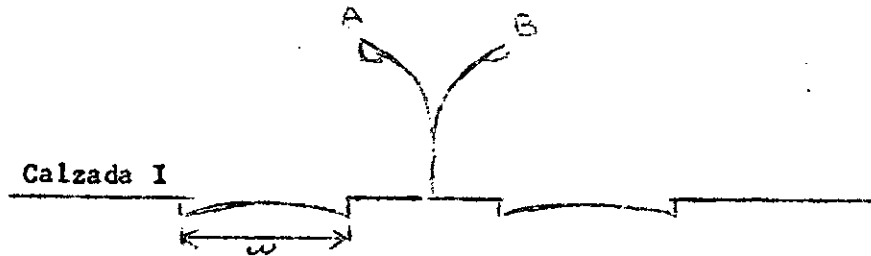
a) Las luminarias tienen el mismo avance. En este caso el K_T será el de cualquiera de los lados. En los cálculos de iluminación se deberá considerar el flujo de las dos lámparas.

b) Las luminarias tienen distinto avance.

En este caso $K_T = \frac{K_{TA} + K_{TB}}{2}$

(iv) Arreglo

(iv) Arreglo central doble. K se calculará según los procedimientos explicados anteriormente.



Para la calzada I:

K_{TA} se calcula conforme a (i)- a, b y c

K_{TB} se calcula conforme a (i) -d y finalmente

$$K_T = \frac{K_{TA} + K_{TB}}{2}$$

6) Diagramas de rendimiento de luminancia. Se recomienda investigar con los proveedores de luminarias las posibilidades de obtener estas curvas para los diferentes tipos de superficie de calzada. (Véase más adelante la sección 5.)

7) Diagramas de isoluminancia. También se recomienda investigar las posibilidades de obtener de los fabricantes estas curvas que son de gran utilidad en el diseño de alumbrado de calzadas.

5. Clasificación de superficies

Para explicar el concepto de luminancia en el diseño de alumbrado público se necesita conocer las características de reflexión de la calle a iluminar. Estas características varían grandemente, dependiendo en particular de la rugosidad, años de uso, materiales utilizados en la pavimentación y el grado de humedad de la superficie.

A fin de facilitar los cálculos, se propone adoptar provisionalmente la clasificación general del cuadro 4, para las características de reflexión de superficies de caminos,^{2/} mientras la experiencia o mediciones posteriores indiquen otros valores.

^{2/} Recomendada en Public Lighting, op. cit.

Cuadro 4

CLASIFICACION GENERAL DE SUPERFICIES DE CALZADAS

Tipo de superficie	q_0	χ	Tipo
Ideal	1	0	I
Asfalto rugoso	0.10	0.25	II
Concreto	0.10	0.30	III
Asfalto medio con minerales oscuros	0.07	0.35	IV
Asfalto fino, alquitrán, arena asfaltada	0.085 0.066	0.55 0.60	V
Adoquines			

6. Clasificación de áreas, calzadas y poblaciones

a) Áreas^{3/}

i) Centro o zona comercial de una población. Es la parte de la ciudad con desarrollo comercial, en donde normalmente existen un gran número de peatones y una gran demanda de espacio para estacionamiento durante los períodos de máximo tráfico, o un volumen alto y sostenido de peatones y una demanda fuerte y continua de estacionamientos públicos durante las horas de oficina. Esta definición se aplica a zonas industriales o comerciales intensamente desarrolladas en forma independiente, ya sea que formen parte del centro de la ciudad o estén fuera de ésta. Para pequeñas poblaciones (clases I y II) el centro se identificará, por lo general, con la zona circundante a la plaza o parque central, donde se encuentran las sedes de las autoridades civiles, militares y religiosas.

ii) Área intermedia. Es la sección del área metropolitana que está fuera del centro, pero generalmente dentro de la zona de influencia del desarrollo comercial e industrial, y que se caracteriza por un tránsito

^{3/} American Standard Association, American Standard Practice for Roadway Lighting, New York, N. Y.

de peatones moderadamente alto durante las horas nocturnas y una demanda de estacionamiento más baja que en el centro.

iii) Area suburbana y rural. Es un sector residencial o una mezcla de residencias y establecimientos comerciales, caracterizada por pocos peatones y una demanda baja de estacionamiento.

b) Calles^{4/}

i) Principal. Es la parte del sistema de calzadas que sirven como red principal, por las que pasa al flujo de tránsito a través de una ciudad.

ii) Colectora o distribuidora. Calles que sirven al tránsito entre arterias principales y calles locales o menores. Son las calzadas por las que fluye el tránsito dentro de zonas residenciales, comerciales e industriales.

iii) Local o menor. Son calzadas usadas básicamente como acceso a propiedades residenciales, comerciales, industriales u otras zonas colindantes. No incluye calzadas con tránsito de paso.

c) Poblaciones

Las poblaciones se dividirán según el número de habitantes como sigue:

Clase I - Poblaciones de menos de 5 000 habitantes

Clase II - Poblaciones de 5 000 a 20 000 habitantes

Clase III - Poblaciones de 20 000 a 80 000 habitantes

Clase IV - Poblaciones de 80 000 a 320 000 habitantes

Clase V - Poblaciones de más de 320 000 habitantes

4/ American Standard Practice for Roadway Lighting, op. cit.

7. Valores recomendados

Para satisfacer los cuatro criterios básicos que definen la calidad de un alumbrado público señalados en la sección 3 de esta norma, se requiere, además de tomar en cuenta los factores económicos y de estética, hacer una evaluación detallada de la siguiente información:

- 1) Tipo del desarrollo colindante con la calzada
- 2) Volumen del tráfico nocturno de vehículos y peatones
- 3) Estadísticas de los accidentes del tráfico nocturno
- 4) Estadísticas sobre delincuencia nocturna y requisitos de seguridad
- 5) Tipo y velocidad de vehículos
- 6) Modalidad de estacionamiento
- 7) Características de la calzada

Ancho de la calzada o sección pavimentada y número de carriles

Características de la superficie del pavimento

Pendientes y curvas

Localización y ancho de cunetas, aceras y sección total y transversal del camino

Tipo y frecuencia de accesos

Ancho y ubicación de camellones y área de estacionamiento

Intersecciones

Reducciones y ensanchamientos, etc.

Puentes y pasos a desnivel

Área de cruce de peatones

- 8) Señales iluminadas adyacentes al camino

a) Valores de niveles de luminancia e iluminación recomendados

Considerando que en la mayoría de los países del Istmo los municipios son los responsables de pagar la energía por alumbrado público, y que su capacidad financiera está en proporción a su problema, se han propuesto distintos niveles de luminancia e iluminación para las cinco clases de población.

/Los niveles

Los niveles promedio de luminancia e iluminación del cuadro 5 corresponden a valores medios de servicio, por lo que se obtendrán de los cálculos de diseño, tomando en cuenta los factores de mantenimiento.

Cuadro 5

NIVELES DE LUMINANCIA E ILUMINACION

Tipo de calzada y de población	Area					
	Centro		Intermedia		Suburbana	
	\bar{L} cd./m ²	\bar{E} Lux (f.c.)	\bar{L} cd./m ²	\bar{E} Lux (f.c.)	\bar{L} cd./m ²	\bar{E} Lux (f.c.)
Principal						
I	0.25	2.0 (0.18)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
II	0.5	4.0 (0.36)	0.25	2.0 (0.18)	0.125	1.0 (0.09)
III	0.75	7.9 (0.83)	0.50	5.25(0.48)	0.25	2.6 (0.24)
IV	1.0	10.5 (0.98)	0.75	7.9 (0.83)	0.50	5.2 (0.48)
V	1.5	15.7 (1.45)	1.0	10.5 (0.98)	0.75	7.9 (0.83)
Colectora						
I	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
II	0.25	2.0 (0.18)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
III	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)	0.125	1.3 (0.12)
IV	0.75	7.9 (0.83)	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)
V	1.0	10.5 (0.98)	0.75	7.9 (0.83)	0.5	5.2 (0.484)
Local o menor						
I	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
II	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)	-	1.0 (0.09)
III	0.25	2.6 (0.24)	0.125	1.3 (0.12)	-	1.0 (0.09)
IV	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)	0.125	1.3 (0.12)
V	0.75	7.9 (0.83)	0.5	5.2 (0.48)	0.25	2.6 (0.24)

Nota: La conversión de L (luminancia promedio) a E (iluminación promedio) se hizo utilizando dos relaciones promedios \bar{E}/\bar{L} ; una de valor 8 para las dos primeras clases (I y II) de poblaciones, obtenida de promediar las relaciones \bar{E}/\bar{L} del cuadro 6 para superficies claras con luminaria semi-cut-off y non-cut-off, y otra de valor 10.5 obtenida de promediar las relaciones \bar{E}/\bar{L} de la misma tabla, también para superficies claras, con luminarias cut-off y semi-cut-off. Para obtener la misma luminancia con superficies oscuras, la iluminación necesitará ser duplicada.

Cuadro 6

$$\frac{\text{Iluminación promedio en Lux}}{\text{Luminancia promedio cd/m}^2} = \frac{\bar{E}}{L}$$

Tipo de luminaria	Superficie	
	Oscura (Lux/cd./m ²)	Clara (Lux/cd./m ²)
Cut-off	24	12
Semi-cut-off	18	9
Non-cut-off	15	7

b) Niveles de uniformidad

i) Uniformidad de luminancia. Es la relación de la luminancia local del punto de mínima luminancia (L_{\min}) de cualquier punto de la calzada a la luminancia media de la misma. El valor mínimo aceptado para L_{\min}/\bar{L} - será de 40 por ciento (valor recomendado por la Commission Internationale de L'Eclairage). La luminancia local de un punto es la luminancia media de una superficie entre 0.1 y 0.3 m de ancho y entre 1 y 3 m de largo.

ii) Uniformidad de iluminación. Es la relación del valor mínimo de iluminación horizontal en la calzada al valor de la iluminación promedio de la misma (E_{\min}/\bar{E}).

Para calles principales o colectoras el valor mínimo de E_{\min}/\bar{E} será de 0.33; para calles secundarias o menores será de 1/6 (valor recomendado por ASA-IES).

c) Limitación del deslumbramiento

Como una solución práctica al problema del deslumbramiento, las luminarias se clasificarán de acuerdo con la forma de su distribución de

/luz, en

luz, en tres categorías (sección 4 b)) cut-off, semi-cut-off y non-cut-off, y se limitará su uso desde el punto de vista de deslumbramiento.

Cuadro 7

LUMINARIAS RECOMENDABLES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE AREAS Y CALZADAS

Tipo de calzada y de población	Centro		Intermedia		Suburbana	
	Preferida	Permitida	Preferida	Permitida	Preferida	Permitida
<u>Principal</u>						
I	c/o	semi c/o	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o non c/o
II	c/o	semi c/o	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o non c/o
III	c/o	semi c/o	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o non c/o
IV	c/o	semi c/o	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o non c/o
V	c/o	semi c/o	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o non c/o
<u>Colectora</u>						
I	c/o	semi c/o non c/o	c/o semi c/o	semi c/o non c/o	semi c/o	semi c/o non c/o
II	c/o	semi c/o non c/o	c/o semi c/o	semi c/o non c/o	semi c/o	semi c/o non c/o
III	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o	semi c/o	semi c/o
IV	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o	semi c/o	semi c/o
V	c/o	semi c/o	c/o semi c/o	semi c/o	semi c/o	semi c/o
<u>Menor</u>						
I	semi c/o	non c/o	semi c/o non c/o	non c/o	semi c/o non c/o	non c/o
II	semi c/o	non c/o	semi c/o non c/o	non c/o	semi c/o non c/o	non c/o
III	c/o semi c/o	non c/o	semi c/o	non c/o	semi c/o non c/o	non c/o
IV	c/o semi c/o	non c/o	semi c/o	non c/o	semi c/o non c/o	non c/o
V	c/o semi c/o	non c/o	semi c/o	non c/o	semi c/o non c/o	non c/o

1) Indices de deslumbramiento molesto. De las dos formas de deslumbramiento, la que más interesa por su efecto en el observador es el deslumbramiento molesto. Investigadores de la Philips llevaron a cabo experimentos encaminados a determinar una escala de valores de deslumbramiento y sus correspondientes efectos en los observadores. Como medio alternativo para la evaluación del efecto de deslumbramiento se propone la escala y la expresión resultantes de esas investigaciones, que se indican en el cuadro 7 y en el inciso e) de la sección 8, respectivamente.

Cuadro 7

INDICES DE DESLUMBRAMIENTO MOLESTO

Indice	Deslumbramiento	Impresión general, nivel de iluminación, uniformidad, visibilidad
1	Insoportable	Mala
2	-	-
3	Molesto	Insuficiente
4	-	-
5	Apenas admisible	Regular
6	-	-
7	Satisfactorio	Buena
8	-	-
9	Inadvertido	Excelente

d) Recomendaciones para guías ópticas

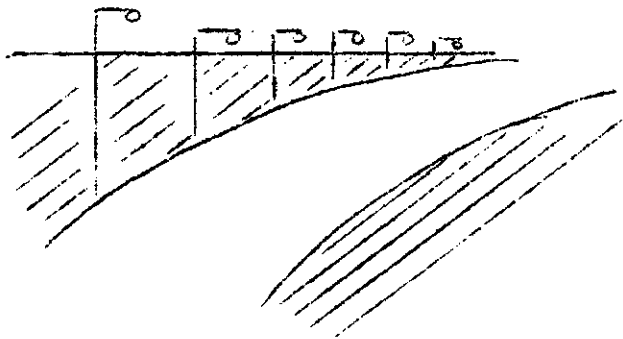
El diseñador de un sistema de alumbrado público deberá planear la ubicación de los arbotantes de tal manera que éstos contribuyan a realzar el alineamiento de la calzada.

A manera de ilustración se presentan en seguida algunas recomendaciones sobre la localización de las luminarias.

Tramos rectos.- Se procurará en lo posible que el alineamiento de las luminarias coincida con el de la calzada.

Curvas. A las curvas con radio de 1 000 metros o mayor se las considerará como rectas.

i) En curvas de calzada de anchos menores de 1.5 veces la altura de montaje se preferirá el arreglo unilateral en el lado exterior de la curva, con espaciamiento interpostal y brazos de luminarias cortos. Cuando se utilicen luminarias largas, deberán montarse en posición horizontal.



ii) En curvas de calzada con anchos de más de 1.5 veces la altura de montaje, se instalarán luminarias en el lado interior de la curva.

8. Métodos y criterios de diseño

El concepto de luminancia incluido en estas recomendaciones se aplicará al diseño de alumbrado de calzadas en las que, por el tráfico de vehículos, las características del diseño son impuestas por las necesidades visuales de los conductores.

El concepto de iluminación se aplicará primordialmente a cables de características básicamente residenciales o comerciales.

En el diseño de un alumbrado público se deberá contar inicialmente con ciertos datos, resultados de la evaluación completa de la información indicada en la sección 7, entre los cuales figuran primordialmente los siguientes:

- a) Planta y perfil de la calzada
- b) El nivel de la luminación promedio o de iluminación
- c) El grado requerido de uniformidad
- d) El índice de deslumbramiento

Habría además que determinar la siguiente información:

- 1) El tipo de luminaria
- 2) La altura de montaje
- 3) El espaciamiento
- 4) El avance de la luminaria
- 5) El tipo de arreglo
- 6) Las propiedades de reflexión de la superficie de la calzada

Como puede observarse, el número de variables permiten un gran número de soluciones para cada caso particular. Sin embargo, el número de soluciones puede reducirse si se adicionan exigencias para la instalación o se incluyen como datos algunos de los seis requisitos enunciados anteriormente. Entre las exigencias que se pueden imponer a la instalación se pueden citar las de naturaleza económica y/o estética.

Suponiendo que se conocen las características de reflexión de la superficie de la calzada se propondrán varios grupos de los anteriores requisitos que satisfagan el nivel de la luminaria promedio (\bar{L}) o de iluminación promedio (\bar{E}), según el caso. A continuación se determinará el índice de deslumbramiento, seleccionándose de entre ellos los que satisfagan este requisito y, por último, se determinará el grado de uniformidad escogiéndose el grupo que mejor cumpla con esta exigencia.

/El orden

El orden en que los valores de L, G y U son comprobados no necesariamente será el descrito anteriormente, pudiendo alterarse según el criterio del diseñador. El número de combinaciones de 1), 2), 3), 4) y 5) podrá reducirse con base en la experiencia del diseñador y de las limitaciones locales de materiales y equipos.

a) Cálculo de la luminancia promedio

El valor de la luminancia promedio se determinará por cualquiera de los métodos conocidos.

i) Cálculo de la luminancia promedio (\bar{L}) por medio de las curvas

La aplicación de la técnica basada en el concepto de luminancia permite tener una idea durante la etapa de diseño, del nivel de luminancia esperado en una instalación. Este método de cálculo resulta rápido y relativamente preciso y se aplicará únicamente a calzadas rectas; para curvas se recomienda utilizar el método de punto-por-punto.

Para la aplicación de este método se requiere la siguiente información:

- a) El flujo luminoso de la lámpara, Φ
- b) La curva de distribución de luz (D) de la luminaria, incluyendo su eficiencia
- c) La altura de montaje (h) de la luminaria
- d) El espaciamiento (s). Distancia a lo largo de la calzada de dos luminarias consecutivas, estén o no en el mismo lado.
- e) El avance de la luminaria, Ov
- f) El ancho de la calzada, w
- g) Las propiedades de reflexión de la superficie de la calzada (q_0 y k)
- h) La distancia (A) del punto de observación al eje longitudinal de las luminarias.
- i) Curvas $\tau - \nu$ para los diferentes tipos de superficie de calzada, para cada tipo de luminaria.

La expresión a utilizarse será:

$$\bar{L} = (\tau_n - \tau_1) \frac{\Phi \cdot q_0}{w \cdot s}$$

Donde \bar{L} está en cd/m^2 , Φ en lúmenes, w y s en metros y $(\tau_n - \tau_1)$ y q_0 sin unidades.

/Las curvas

Las curvas τ , serán dadas para un arreglo unilateral de lado izquierdo, para una altura de montaje de 10 metros, un espaciamiento de 30 metros,^{5/} puntos de observación (A) a 0, ± 3 y ± 6 metros y para los cinco tipos de superficies de calzadas establecidos en el cuadro 4.

Para otras alturas de montaje (h) se aplicarán las correcciones pertinentes. Otros espaciamentos no requieren corrección en las curvas.

ii) Cálculo de la luminancia promedio (L) por el método del diagrama de rendimiento de luminancia

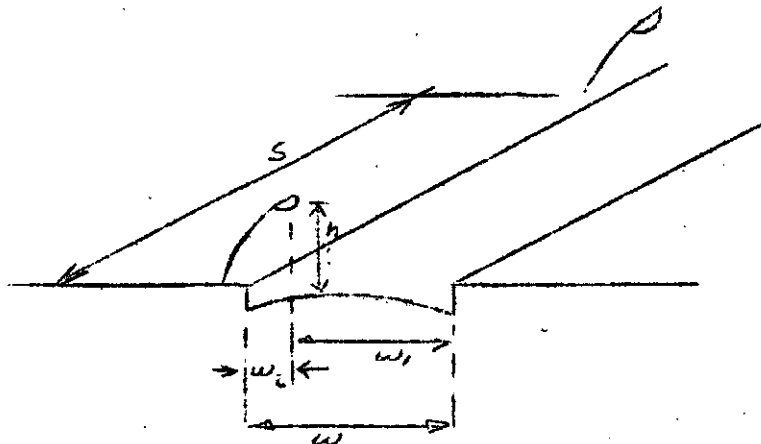
En la expresión:
$$\bar{L} = (\tau_n - \tau_1) \frac{\phi q_0}{w \cdot s}$$

los factores $(\tau_n - \tau_1) q_0$ pueden combinarse en una sola variable para valor constante de q_0 y así obtener una expresión simplificada.

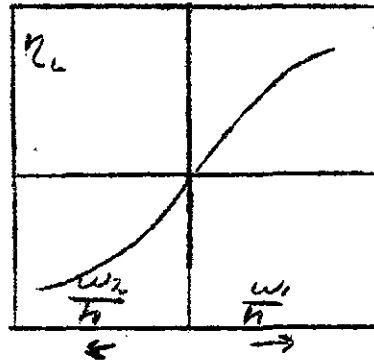
$$\bar{L} = \eta_L \left(\frac{\phi}{w \cdot s} \right)$$

si $\tau_1 = 0$ $\tau_n \times q_0 = \eta_L$ se pueden elaborar las curvas $\eta_L - \frac{w}{h}$ para los cinco tipos de superficies (véase de nuevo el cuadro 4). Si se tuviera otra superficie con un factor especular (χ) igual a cualquiera de los valores establecidos en el cuadro 4 y diferente q_0 , se utilizará la curva $\eta_L - \frac{w}{h}$ correspondiente a la superficie normalizada y el valor η_L encontrado se multiplicará por la relación q'_0/q_0 .

Se dispondrá de las mismas curvas para puntos de observación que en el diagrama $\tau - \gamma$ pero referidas a $\eta_L - w/h$.



^{5/} El fabricante podrá proporcionar las curvas para otro espaciamento.



$$\bar{L} = \eta_L \frac{\phi}{s w}$$

$$\eta_L = \eta_{L1} + \eta_{L2}$$

η_{L1} para relación $w1/h$
 η_{L2} para relación $w2/h$

b) Cálculo de la iluminación promedio (\bar{E})

La iluminación promedio de una superficie se define como el flujo luminoso incidente dividido por el área de la superficie. La iluminación en un punto es el límite de la iluminación promedio de una superficie, cuando esta tiende a cero. Cuando el flujo luminoso es expresado en lúmenes y el área en m^2 , la iluminación estará en LUX.

$$\text{(Luxes)} \quad \bar{E} = \frac{\phi}{a} \left(\frac{\text{Lúmenes}}{m^2} \right)$$

La iluminación promedio sobre la superficie de una calzada recta se podrá calcular bien utilizando las curvas de coeficientes de utilización, o bien calculando la iluminación de un gran número de puntos y promediando sus valores; se recomienda, por la rapidez del cálculo, el primer método.

La fórmula básica para la determinación de la Iluminación Horizontal Promedio es:

$$E = \frac{K \times \phi \times f}{s \times w}$$

Donde:

- \bar{E} : Iluminación Horizontal Promedio en luxes
- ϕ : Flujo luminoso nominal de la lámpara, en lúmenes a 100 horas de servicio
- f : Factor de depreciación (Lámpara + luminaria)
- s : Espaciamento

/w: Ancho de

w: Ancho de la calzada o superficie de rodamiento
 K: Factor de coeficiente de utilización

$$K_T = K_1 + K_2$$

K_1 : Coeficiente de utilización para lado de calle

K_2 : Coeficiente de utilización para lado de casa

Nota 1: El espaciamiento se tomará como la distancia a lo largo de la calzada entre dos luminarias consecutivas estén o no en el mismo lado. Para luminarias en arreglo bilateral opuesto el espaciamiento será la mitad de la distancia entre dos pares de láminas consecutivas.

Nota 2. El factor de depreciación será proporcionado por el fabricante tanto para la luminaria y lámparas solas como para el conjunto, indicando los períodos base.

Nota 3. El valor del flujo (ϕ) utilizado en la ecuación 1 estará de acuerdo con el factor de depreciación que se utilice.

a) Si se utiliza el flujo luminoso de la lámpara en el momento de remplazo (ϕ_r) se aplicará el factor de depreciación o mantenimiento de la luminaria para encontrar el nivel de iluminación en el momento de remplazo y limpieza de la lámpara y luminaria, respectivamente.

$$\bar{E}_r = \frac{K \times \phi_r \times f(1)}{s \times w} \quad \text{luxes}$$

Donde:

\bar{E}_r : Iluminación Horizontal Promedio en el momento de remplazo (luxes)

ϕ_r : Flujo luminoso de la lámpara en el momento de remplazo (lúmenes)

$f(1)$: Factor de depreciación o mantenimiento de la luminaria

w: Ancho de la calzada (metros)

s: Espaciamiento (metros)

K: Coeficiente de utilización

b) Si se utilizara el flujo luminoso inicial (ϕ_{100h}) el factor de mantenimiento será 1 y el valor que se obtenga de \bar{E}_{100} será el inicial; este valor de \bar{E}_{100} deberá ser de un valor tal que multiplicado por el factor de mantenimiento nos de el valor mínimo recomendado en el cuadro 5.

/c) Cálculo

c) Cálculo de la iluminación en un punto

En algunos casos se requerirá mantener una relación determinada de uniformidad, que puede ser expresada en términos de E_{\min}/\bar{E} , E_{\min}/E_{\max} o \bar{E}/E_{\max} . En este caso se determinarán los valores de iluminación en puntos seleccionados sobre la calzada. Para determinar estos valores se utilizarán las curvas isolux que deberán estar a la misma escala que el plano de calzada.

Estas curvas se darán para 1 000 lúmenes y a una altura de montaje de un metro. Los valores reales de iluminación en cada uno de los puntos, se encontrarán multiplicando los valores encontrados por $\frac{\phi}{h^2}$ donde ϕ estará en kilolúmenes y h en metros.

La aportación de las luminarias cercanas a la iluminación de un punto pueden encontrarse con una o dos posiciones del diagrama isolux, según la simetría de las curvas.

En la figura 1 se muestra un ejemplo de cálculo de iluminación en un punto.

d) Tipos de arreglo (Véase la lámina 2)

Se proponen cuatro tipos de arreglos:

1) Unilateral. En este tipo de arreglo, todas las luminarias están sobre un lado de la calzada y por lo general se recomienda cuando el ancho de la misma es igual o menor que la altura de montaje.

2) Bilateral alternado. Las luminarias están situadas en ambos lados de la calzada en formación zig-zag. Se recomienda cuando el ancho de la calzada es mayor que la altura de montaje sin exceder 1.5 veces dicha altura. Proporciona mayor uniformidad de luminancia que el arreglo unilateral y mejor visibilidad en ambos lados de la calle.

3) Bilateral opuesto. Las luminarias están situadas a ambos lados de la calzada, opuestas una a la otra. Se recomienda este arreglo cuando el ancho de la calzada sea mayor que 1.5 veces la altura de montaje.

4) Central. Las luminarias están situadas en el eje de la calzada. Se distinguirán dos subtipos: central simple y central doble. Tiene el inconveniente de atraer la atención del conductor hacia el centro de la pista y de reducir la luminancia en sus bordes, que es donde justamente pueden aparecer los obstáculos. Puede aprovecharse este arreglo en calzadas con aceras arboladas, donde los anteriores arreglos no ofrecen una buena solución.

/e) Cálculo

e) Cálculo del índice de deslumbramiento

Para obtener los índices de deslumbramiento señalados en la sección 7-d-i se utilizará la expresión:

$$G = 13.82 - 3.31 \log I_{80} + 0.97 \log \bar{L} + 4.41 \log h' + \log (I_{80}/I_{88} - 0.9) + \log F - 1.46 \log p \quad \text{--- (ecuación 2)}$$

Donde:

I_{80} : Intensidad luminosa a 80° de la vertical hacia abajo, en candelas (cd)

\bar{L} : Luminancia promedio, en cd/m^2

h' : Altura de observación ($h-h_0$) en metros; $h_0 = 1.50$ m

I_{88} : Intensidad luminosa a 88° , en candelas

F : Area iluminada proyectada de la fuente luminosa, en m^2

p : Número de luminaras por kilómetro

La expresión anterior se aplica a lámparas fluorescentes e incandescentes. Para lámparas de sodio, el valor de G será incrementado en 0.4, y para lámparas mercuriales G será disminuido en 0.1.

f) Altura de montaje

La altura mínima de montaje será seleccionada tomando en cuenta la potencia de la lámpara, la distribución de luz de las luminarias y la geometría de la instalación. La altura de montaje será mayor en lámparas de gran potencia, para evitar deslumbramiento y en calzadas anchas, para obtener una uniformidad transversal adecuada. Como regla general, la altura de montaje variará entre 8 y 10 metros. Se podrán aceptar alturas menores de 8 metros en alumbrado de zonas residenciales o calzadas bordeadas con árboles.

En el cuadro 9 se presentan las alturas recomendadas para los tres tipos de luminarias, según la clasificación IES-ANSI.

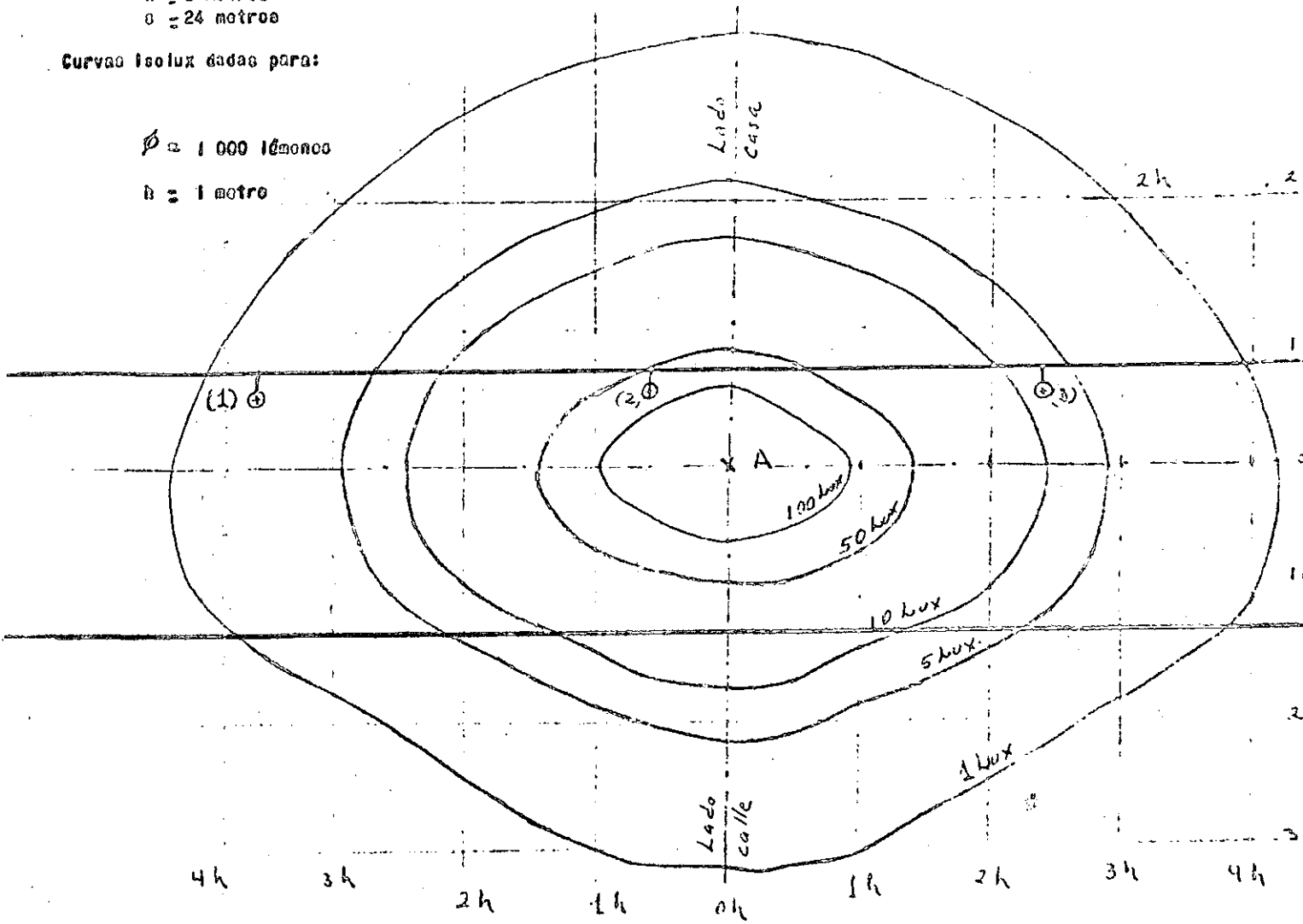
Figura 1
EJEMPLO DE CALCULO DE ILUMINACION EN UN PUNTO (A)

Datos: $\phi = 20\ 000$ lúmenes
 $h = 8$ metros
 $o = 24$ metros

Curvas Isolux dadas para:

$\phi = 1\ 000$ lúmenes

$h = 1$ metro



$E_1 = 9$ Lux

$E_2 = 80$ Lux

$E_3 = 8$ Lux

$E_A = 91$ Lux

Para 1 metro de altura y 1 000 lúmenes

$E_A = 91 \times \frac{20}{64} = 28.5$ Lux

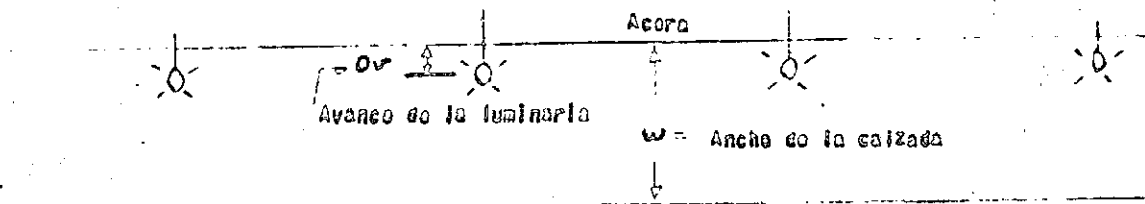
Para 8 metros de altura y 20 000 lúmenes

Referencia: Luminaria IESCASA = DM9/400

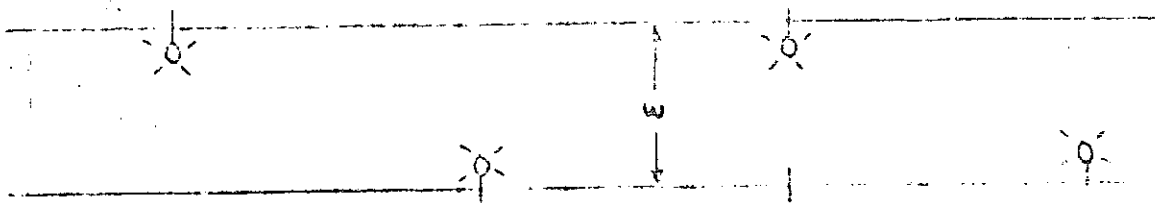


Figura 2
TIPOS DE ARREGLOS

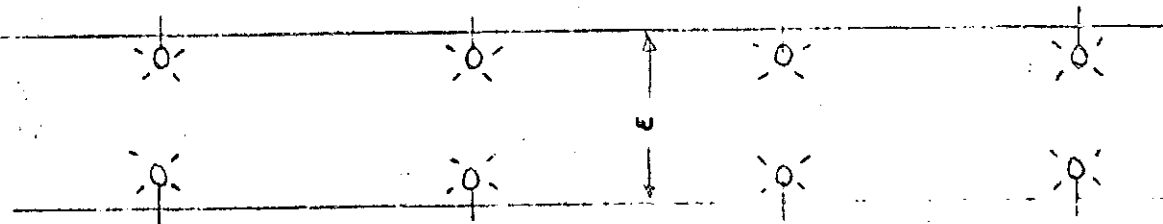
Unilateral



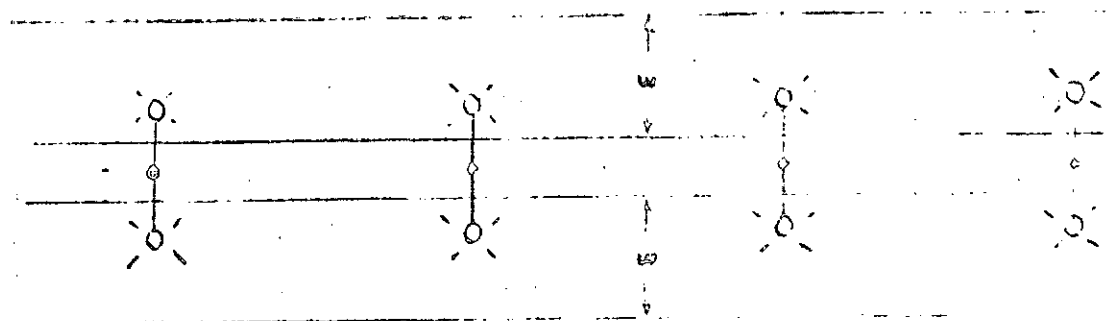
Bilateral Alternada



Bilateral opuesta



Contral doble



4

2

4

2

Cuadro 9 ^{a/}

ALTURAS MINIMAS DE MONTAJE DE LUMINARIAS.

Máxima intensidad luminosa (Candelas)	Altura mínima de montaje					
	Cut-off		Semi cut-off		Non-cut-off	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
Menos de 5 000	6.10	20	6.10	20	7.63	25
Menos de 10 000	6.10	20	7.63	25	9.15	30
Menos de 15 000	7.63	25	9.15	30	10.65	35
Sobre 15 000	9.15	30	10.65	35	12.20	40

a/ Referencia IES, American Standard Practice for Roadway Lighting, 1963

g) Espaciamientos máximos

El espaciamento se define como la distancia paralela al eje de la calzada entre dos luminarias consecutivas.

Para poder conservar en buen grado de uniformidad longitudinal, el espaciamento no será mayor que los máximos establecidos.

Cuadro 10

Tipo de luminaria	Relación máxima espaciamento/ altura de montaje
Cut-off	4.28
Semi-cut-off	7.46
Non-cut-off	-

Los espaciamentos máximos anteriores se fijaron considerando que los puntos de intensidad máxima de dos luminarias consecutivas coinciden sobre la calzada .

En el cuadro 11 se incluyen los espaciamentos máximos recomendados por ASA-IES en su clasificación lateral y longitudinal de luminarias,

/Cuadro 11

Cuadro 11

LIMITES DE ESPACIAMIENTOS RECOMENDADOS POR ASA-IES

Tipo IES	Clasificación longitudinal		
	Corta "C" Límites de es paciamento	Media "M" Espaciamento	Larga "L" Espaciamento
Tipo I - para calles con un ancho hasta de 2 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo I - 4 vías	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo II - para calles con un ancho hasta de 1.75 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo II - 4 vías	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo III - para calles con un ancho hasta 2.75 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo IV - para calles con un ancho hasta de 2.75 h	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h
Tipo V - Para alumbrado general de áreas	2 h a 4.5 h	4.5 h a 7.5 h	7.5 h a 12 h

Nota: h = altura de montaje.

La altura de montaje y el espaciamento estarán, en todo caso, relacionados con el índice de deslumbramiento ($E_c 2$), por lo que la selección final de éstos se hará después de tanteos en la expresión anterior, variando dentro de los valores recomendables los diversos parámetros que intervienen en ella.

BIBLIOGRAFIA

1. American Standard Method for the Designation of Mercury Lamps. ASA C78.38-1957.
2. American Standard Methods of Measurements of Mercury Lamp Characteristics. ASA C78.386-1965.
3. Physical and Electrical Characteristics of 100 Watt, H38, BT-25 Mercury Lamps. ASA C78.1300-1965.
4. Physical and Electrical Characteristics of 175 Watt H39, BT-28 Mercury Lamps. ASA C78.1308-1962.
5. Physical and Electrical Characteristics of 250-Watt, H37, BT-28 Mercury Lamps. ASA C78.1301-1965.
6. Physical and Electrical Characteristics of 400-Watt, H33, BT-37 Mercury Lamps. ASA C78.1305-1965.
7. USA Standard Specifications for Mercury Lamp Ballasts (Multiple Supply Type) USAS C82.4-1968.
8. International Recommendations for the Lighting of Public Thoroughfares. International Commission on Illumination (Commission Internationale de L'Eclairage - CIE). Publication C.I.E. No. 12 (E - 3. 3.1) 1965.
9. American Standard Practice for Roadway Lighting. ASA D12.1-1963.
10. Public Lighting. (Book). Edited by J.B. de Boer, F.I.E.S. Philips Technical Library.

