ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. POT-062

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"CRITERIOS Y NORMAS APLICABLES EN EL DISEÑO DE ILUMINACION DE VIAS PUBLICAS".

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION: POTENCIA

Presentada por :

CARLOS ROBERTO ALAVA ORMAZA

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.985

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. POT-062

AGRADECIMIENTO

Al ING. ALBERTO HANZE BELLO, Director de Tesis, por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

- A MIS PADRES
- A MIS HERMANOS
- A MI ESPOSA

ING. GUSTAVO BERMUDEZ FLORES

SUB-DECANO DE LA FACULTAD DE

INGENIERIA ELECTRICA

ING. ALBERTO HANZE BELLO

DIRECTOR DE TESIS

ING. JORGE CHIRIBOGA V.

MIEMBRO PRINCIPAL

ING. JORGE FLORES MACIAS

MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

CARLOS ROBERTO ALAVA ORMAZA

R E S U M E N

El objetivo principal de este trabajo se basa fundamentalmente en proporcionar normas, criterios y métodos de cálculos aplicados en el diseño de iluminación de vías públicas.

Se ha tratado de presentar en el desarrollo de este trabajo dos etapas.

La primera etapa consiste en un análisis sistemático de los parámetros como son:

- Vías públicas, con sus clasificaciones de acuerdo a diversos criterios, análisis de las carpetas asfálticas referentes a sus características de absorción, brillantez o reflexión de la luz.

- Fuentes luminosas de mayor utilización en esta área.

- Selección de la altura de montaje, separación y disposición de las fuentes luminosas.

- Nivel lumínico apropiado para cada tipo de vía.

- Influencia de la longitud del brazo portaluminaria y otras variables que ayuden al cálculo de iluminación.

- La segunda etapa consiste en la discusión detallada de los métodos a aplicarse en el cálculo de iluminación de lo que se derivan sugerencias y recomendaciones que con un sentido técnico económico conlleve a que el diseño elaborado esté provisto de un buen nivel de confiabilidad.

Dependiendo del buen nivel de iluminación obtenido se tendrá como una de las consecuencias inmediatas, minimizar el alto porcentaje de accidentes de tránsito y actos delictivos nocturnos.

Finalmente se condensa todo el desarrollo con la aplicación del método selectivo en el diseño del alumbrado de dos importantes avenidas principales y una secundaria de la ciudad de Guayaquil.

Que estas normas constituyan una de las herramientas para el punto de partida de la elaboración de nuestro Código y propio estándares relacionados con diseño de alumbrados, de las cuales se carecen por el momento y

así erradicar la costumbre casí generalizada de que se tomen decisiones sueltas y seleccionar sin mayor fundamento los equipos y métodos de distribución de un sistema de alumbrado.

INDICE GENERAL

PAGS.

RESUMEN ---------- VI

INDICE GENERAL ---------- IX

INDICE DE FIGURAS ---------- XIII

INDICE DE TABLAS ---------- XVII

INTRODUCCION ---------- 22

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES EN LUMINOTECNIA

1.1. FLUJO LUMINOSO ---------- 23

1.2. EFICACIA LUMINOSA ---------- 25

1.3. INTENSIDAD LUMINOSA ---------- 27

1.4. ILUMINANCIA ---------- 28

1.5. LUMINANCIA ---------- 30

1.6. CUADRO SINOPTICO Y NORMALIZACION DEL SISTEMA DE UNIDADES ---------- 32

1.7. LEYES FUNDAMENTALES DE LA LUMINOTECNIA Y RELACIONES-- 33

CAPITULO II

VIAS PUBLICAS

2.1. CLASIFICACION DE LAS VIAS Y AREAS PUBLICAS ---------- 36

PAGS.

2.2. CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS EN FUNCION DE LA DENSIDAD DEL TRAFICO VEHICULAR--------- 36

2.3. CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS SEGUN TRAFICO PEATONAL NOCTURNO ---------- 37

2.4. CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS SEGUN SU CONSTRUCCION Y USOS ESPECIFICOS ---------- 39

2.5. ANALISIS Y RECOMENDACIONES EN CUANTO A CARPETA ASFALTICA ---------- 41

CAPITULO III

FUENTES DE LUZ Y LUMINARIAS UTILIZADAS EN ALUMBRADO PUBLICO

3.1. FUENTE DE LUZ INCANDESCENTES ---------- 56

3.2. FUENTE DE LUZ DE DESCARGA EN MEDIO GASEOSO-- 60

3.2.1. Lámparas de vapor de mercurio ---------- 61

3.2.2. Lámparas de vapor de sodio ---------- 65

3.2.3. Lámparas fluorescentes ---------- 69

3.3. LUMINARIAS ---------- 73

3.3.1. Clasificación de las luminarias utilizadas en alumbrado público ---------- 77

3.3.2. Rendimiento de las luminarias ---------- 93

CAPITULO IV

PARAMETROS QUE INCIDEN EN EL CALCULO DEL ALUMBRADO DE VIAS PUBLICAS

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. POT-062

PAGS.

4.1. ZONA DE LA VIA A ILUMINARSE ---------- 96

4.2. SELECCION DE LUMINARIAS ---------- 96

4.3. DETERMINACION DEL NIVEL MEDIO DE ILUMINACION ------- 98

4.4. ALTURA DE MONTAJE DE LA LUMINARIA Y SEPARACION ENTRE ELLA ---------- 99

4.5. LONGITUD DEL BRAZO PORTA-LUMINARIA ---------- 100

4.6. DISTRIBUCION DE LAS LUMINARIAS ---------- 101

4.7. COEFICIENTE DE UTILIZACION Y CONSERVACION ---------- 105

4.8. FACTOR DE UNIFORMIDAD ---------- 111

4.9. BRILLO ---------- 112

CAPITULO V

METODOS PARA EL CALCULO DE ILUMINANCIA

5.1. CALCULO BASADO EN EL METODO DE LOS LUMENES --------- 114

5.2. CALCULO BASADO EN EL METODO PUNTO POR PUNTO -------- 119

5.3. CALCULO BASADO EN EL METODO GRAFICO UTILIZANDO CURVAS ISOLUX ---------- 132

5.4. RESUMEN RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES--------- 138

CAPITULO VI

SELECCION TECNICA Y ECONOMICA DE LUMINARIAS Y FUENTES DE LUZ

6.1. ANALISIS DEL RENDIMIENTO LUMINOSO ---------- 167

6.2. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO ---------- 168

PAGS.

6.3. ANALISIS DEL FACTOR DE CONSERVACION ---------- 169

CAPITULO VII

APLICACION

7.1. SISTEMA DE ALUMBRADO DE LA AVENIDA QUITO ---------- 171

7.2. SISTEMA DE ALUMBRADO DE LA AVENIDA MACHALA --------- 184

7.3. SISTEMA DE ALUMBRADO DE LA CALLE SECUNDARIA: CALLE - AGUIRRE ---------- 203

7.4. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE ALUMBRADOS CON SUS MEDIDAS CORRECTIVAS ---------- 212

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ---------- 215

ANEXOS ---------- 219

BIBLIOGRAFIA ---------- 242

I N T R O D U C C I O N

El diseño de iluminación de vías públicas, se basa fundamentalmente en proporcionar la cantidad y calidad de iluminación requerida, para una visibilidad cómoda, rápida y segura durante la noche.

El objetivo principal de este trabajo es proporcionar metodología y selección del tipo más conveniente de alumbrado y al cálculo de la instalación.

Cuando se cumplen con todos los requerimientos que las normas aconsejan para la iluminación de vías públicas es posible llevar a cabo una verdadera y óptima iluminación.

Estas normas responden al grado de avance actual de la técnica. Es conveniente que sean revisadas periódicamente con el fin de responder en todo momento a los adelantos científicos y a las nuevas necesidades de los usuarios.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES EN LUMINOTECNIA

1.1. FLUJO LUMINOSO

Es la parte del flujo radiante que produce sensación luminosa en el ojo humano durante un segundo.

Se representa por la letra griega Ø. (Fi).

Su unidad de medida es el LUMEN (lm), que se lo define como la cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie de un metro cuadrado de una esfera de radio la unidad, en cuyo centro se encuentra ubicada - una fuente de luz teórica que enite con la intensidad de una candela en todas direcciones.

El LUMEN, como unidad de potencia corresponde a 1/680 vatios emitidos en la longitud de onda de 555 nanómetros, a la cual la sensibilidad del ojo es máxima.

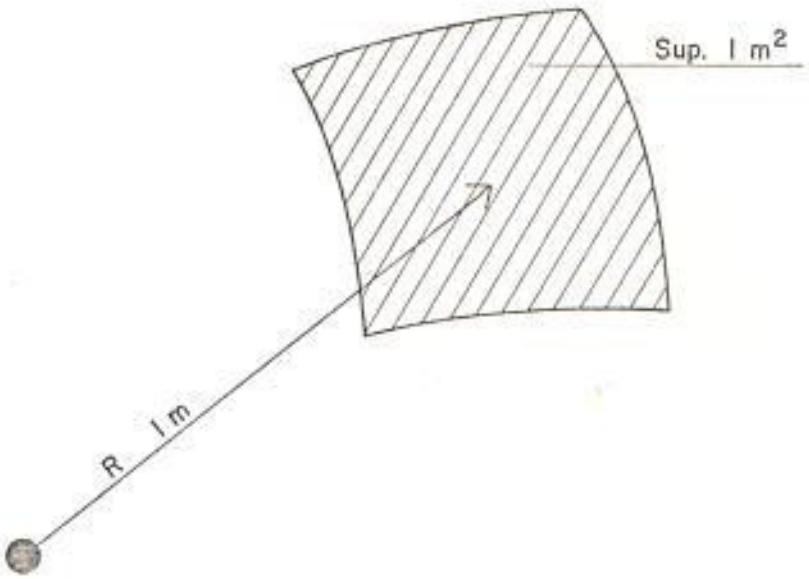


FIGURA Nº 1.1. REPRESENTACION DE UN CASQUETE ESFERICO DE SUPERFICIE 1 m^2 CUYA ESFERA TIENE UN RADIO IGUAL A 1 m.

TABLA Nº 1.1.

FLUJO LUMINOSO DE ALGUNAS LAMPARAS

TIPO DE LAMPARA	FLUJO LUMINOSO lm
Vela de cera	10
Incandescente standar de 100 W	1380
Fluorescente de 40 W	3200
Mercurio de alta presión HQL 400 W	23000
Halogenuros metálicos HQL 400 W	28000
Sodio a alta presión 400 W	48000
Sodio a baja presión 180 W	31500

*Tomado del Manual OSRAM Nov/75.

1.2. EFICACIA LUMINOSA

Se lo expresa como la cantidad de flujo que emite - una fuente luminosa por cada unidad de potencia eléc trica consumida para su obtención.

Se representa por letra griega η (eta).

Su unidad de medida es el Lumen por vatio (lm/W).

El rendimiento para una fuente ideal sería de 680(lm/W) a una longitud de onda de 555 Nanometros.

TABLA Nº 1.2.

RENDIMIENTOS LUMINOSOS DE ALGUNAS LAMPARAS

TIPO DE LAMPARA	RENDIMIENTO LUMINOSO lm/W
Incandescente standard de 40 W	11
Fluorescente de 40 W	80
Mercurio a alta presión HQL 400 W	58
Sodio a alta presión 400 W	120
Sodio a baja presión 180 W	175

Fuente: Manual OSRAM. Nov/75.

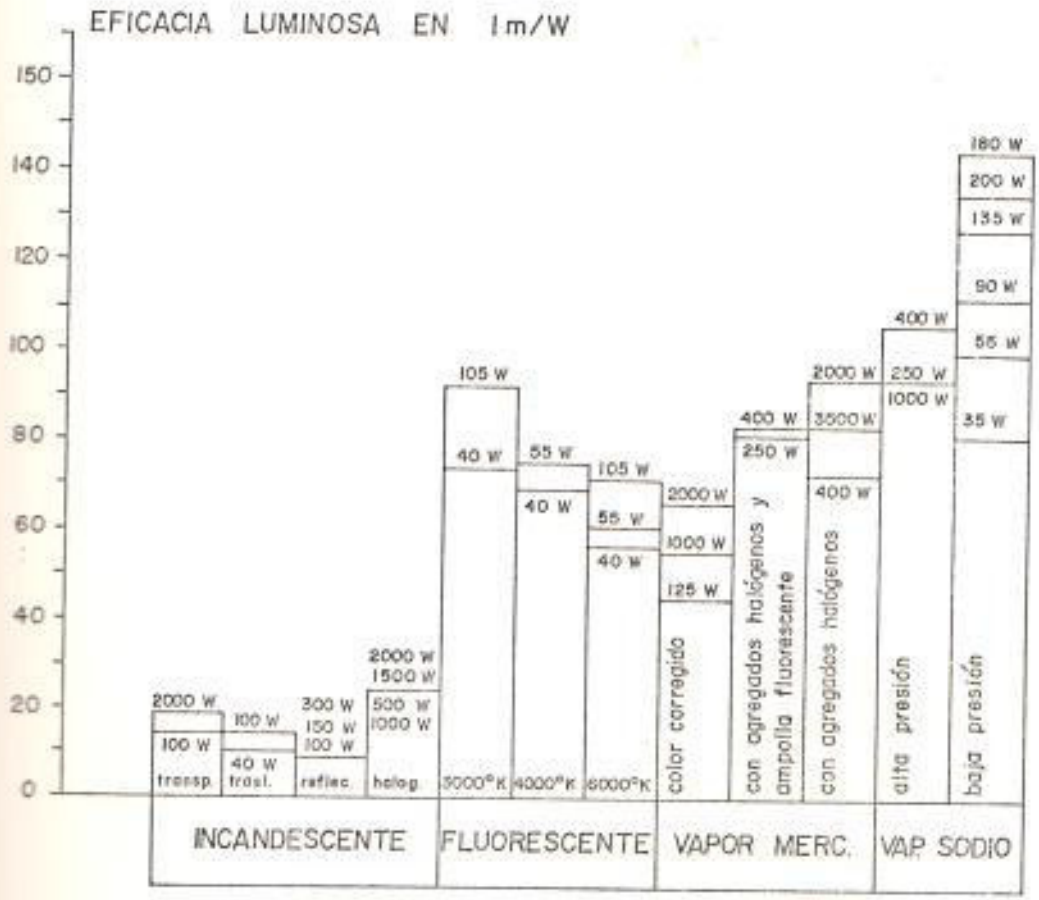


FIGURA Nº 1.2. CUADRO COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO LUMINOSO DE DISTINTAS FUENTES.

*Fuente: Criterios del predimensionado y métodos de cálculos de iluminación. Argentina Dcbre./77.

1.3. INTENSIDAD LUMINOSA

Se la define como la densidad de flujo luminoso contenida en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincida con la dirección considerada.

El valor del ángulo sólido es expresado en estereo - radianes. Se representa por la letra I.

Su unidad de medida es la candela (cd).

La fórmula que expresa la intensidad luminosa es:

$$I = \frac{\emptyset}{w} \qquad (cd)$$

La candela se define como: "1/60 de la intensidad luminosa por centímetro cuadrado del manantial luminoso patrón (cuerpo negro) a la temperatura de fusión del platino (2046°K)".

Cuando se tiene un manantial luminoso cuya intensidad - es constante en todas direcciones se dice que es un manantial uniforme.

Un estereorradián se lo define como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera.

Una esfera tiene 4 π estereorradianes.

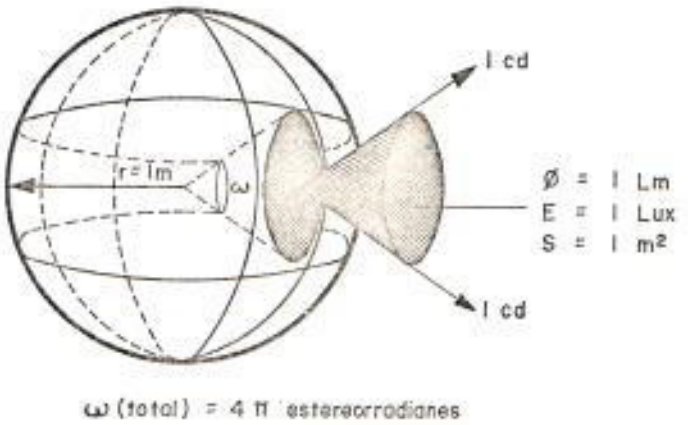


FIGURA Nº 1.3. REPRESENTACION DEL ANGULO SOLIDO

1.4. ILUMINANCIA O ILUMINACION

Se la define como la densidad de flujo luminoso (Ø) incidente sobre una superficie (S).

La fórmula que expresa la iluminancia es:

$$E = \frac{\emptyset}{S} \quad (lux)$$

La iluminancia se representa por la letra E, y su - unidad el lux.

El lux se lo define como la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido el flujo de un lumen.

Cuando se expresa la superficie (S) en pies cuadrados - se tiene el footcandle que es muy utilizado en países de habla inglesa.

Un footcandle = 10,765 lux.

La iluminación media (Em) de una superficie (S) es la relación entre el flujo total ($\emptyset_T$) recibido y la extensión de dicha superficie.

$$Em = \frac{\emptyset_T}{S} \quad (lux)$$

TABLA Nº 1.3.

DISTINTOS VALORES APROXIMADOS DE ILUMINANCIA

Medio día de verano al aire libre con cielo despejado.	100.000 lux
Medio día de verano al aire libre con cielo cubierto.	20.000 lux
Buen alumbrado público	20-40 lux
Puesto de trabajo bien iluminado,interior	1.000 lux
Noche de luna llena	0,25 lux
Noche de luna nueva(luz de las estrellas)	0,01 lux

Fuente: Manual OSRAM. Nov/75.

1.5. LUMINANCIA

La luminancia de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente (superficie vista por el observador situado en la misma dirección).

La formula que expresa la luminancia es:

$$L = \frac{I}{S \times \text{Cos } \alpha} \qquad (\frac{C_d}{cm^2})$$

Siendo:

S x Cos α = superficie aparente.

La luminancia puede ser directa o indirecta, correspondiendo la primera a los manantiales luminosos, y la segunda a los objetos iluminados.

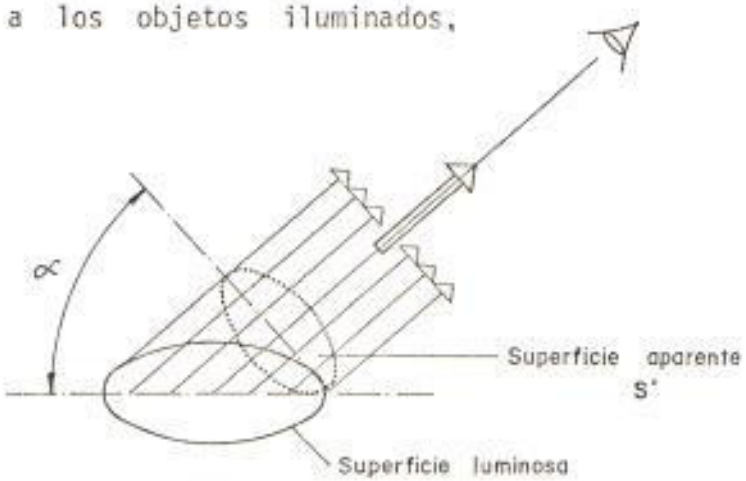


FIGURA Nº 1.4. LUMINANCIA DIRECTA DE UNA SUPERFICIE LUMINOSA

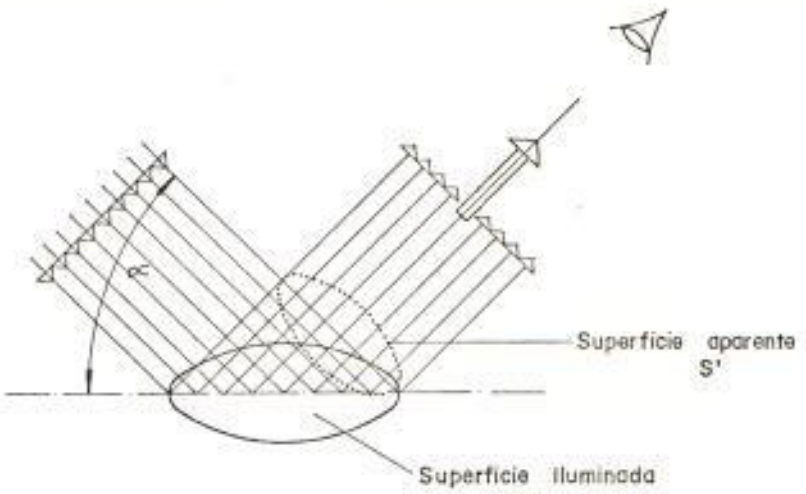


FIGURA Nº 1.5. LUMINANCIA INDIRECTA DE UNA SUPERFICIE ILUMINADA.

La luminancia se representa por la letra (L) y su unidad el Nit = $\frac{cd}{m^2}$, o Stilb = $\frac{cd}{cm^2}$

TABLA Nº 1.4.

VALORES APROXIMADOS DE LUMINANCIA EN STILB

Sol	150.000
Cielo despejado	0,3 a 0,5
Cielo cubierto	0,03 a 0,1
Luna	0,25
Llama de una vela de cera	0,7
Lámpara incandescente clara	100 a 200
Lámpara incandescente mate	5 a 50
Lámpara incandescente opal	1 a 5
Lámpara fluorescente L40 W/20	0,75
Lámpara de mercurio a alta presión HQL 400W	11
Lámpara de halogeluros metálicos HQI 400 W	78

continúa .....

viene.....TABLA Nº 1.4.

Lámpara de sodio a alta presión Na V-T 400 W	500
Lámpara de sodio a baja presión Na V 180 W	10
Lámpara de xenón XBO 2.500 W	72.000
Lámpara Vacublitz AG - 3B	50.000
Lámpara de efluvios (GLIMM)	0,02 a 0,05
Papel blanco con iluminación de 1.000 lux	250
Calzada de una calle bien iluminada	2

Fuente: Manual OSRAM, Nov./75

1.6. CUADRO SINOPTICO Y NORMALIZACION DEL SISTEMA DE UNIDADES

MAGNITUD	SIMBOLO	RELACIONES	UNIDAD	DEFINICION DE LA UNIDAD.
Flujo Luminoso	Ø	Ø=I.W.	lumen (l.m)	Es el flujo luminoso incidente sobre una superficie de 1 mt^2 de un ángulo sólido unidad por una fuente de una intensidad de 1 cd.
Rendimiento Luminoso	η	$= \frac{Ø}{W}$	$\frac{\text{lumen}}{\text{vatios}}$	Es el flujo luminoso emitido por unidad de potencia
Intensidad Luminosa.	I	$I = \frac{Ø}{W}$	Candela cd.	1/60 de la intensidad luminosa por cm^2 del cuerpo negro a la temperatura de fusión del platino (2.046°K).
Iluminancia	E	$E = \frac{Ø}{S}$	lux	Es la iluminación de una superficie de 1m^2 que recibe uniformemente repartido el flujo de un lumen.
Luminancia	L	$L = \frac{I}{S x Cos\alpha}$	Nit o Stilb	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.

w = ángulo sólido en estereo radianes
W = potencia en vatios
α = ángulo de incidencia.

1.7. LEYES FUNDAMENTALES DE LA LUMINOTECNIA Y RELACIONES

1.7.1. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia

Esta ley establece que la iluminación (E) en un punto de una superficie varía directamente con la intensidad (I) de la fuente luminosa (F) e inversamente con el cuadrado de la distancia - (d) entre la fuente y el punto.

Si la superficie en el punto es normal a la dirección de la luz incidente, la ley puede expresarse con la siguiente relación:

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

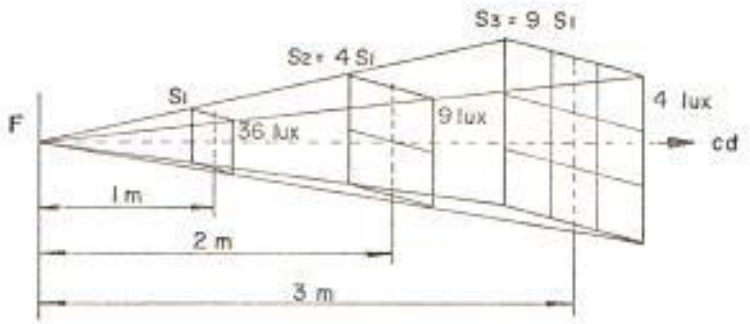


FIGURA Nº 1.6. APLICACION DE LA LEY DE LA INVERSA DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA

1.7.2. Ley de los Cosenos

Esta ley establece que la iluminación de cualquier superficie varía con el coseno del ángulo de incidencia formado por los rayos luminosos y la perpendicular a la superficie en dicho punto.

Se lo expresa por medio de la siguiente relación:

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

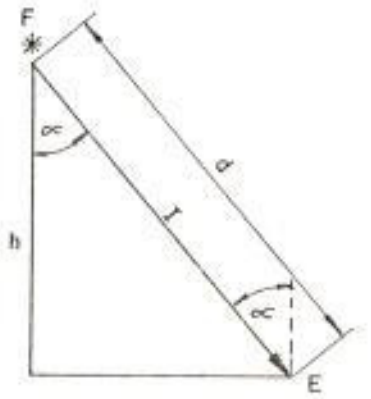


FIGURA Nº 1.7. REPRESENTACION DE LA ILUMINACION NORMAL

Una extensión útil de la ley del coseno es aplicada cuando se conoce la altura (h) en la que

se encuentra ubicada la fuente de luz.

Su expresión se convierte en la siguiente forma:

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

Estas leyes se cumplen cuando se refieren a fuentes puntuales y cuando la distancia es grande en relación al tamaño del foco. Para fuente de luz secundaria, se consideran suficientemente exactas, si la distancia es por lo menos 5 veces la máxima dimensión de la luminaria.

CAPITULO II

VIAS PUBLICAS

En este capítulo se trata de enfocar algunas características de vías públicas que son necesarias tenerlas presente para un buen diseño en la iluminación de ellas.

2.1. CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS

Las vías públicas se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes criterios:

2.2. CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS EN FUNCION DEL TRAFICO VEHICULAR

El Comité de Alumbrado de Vías Públicas (CIE) del Instituto de Ingeniería de Tráfico, recomienda que todas las calles sean clasificadas de acuerdo al volumen del tráfico de vehículos.

A continuación se muestra una lista.

TABLA Nº 2.1.

CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS EN FUNCION DEL TRAFICO VEHICULAR

CLASIFICACION DEL TRAFICO	VEHICULO POR HORA
Tráfico muy ligero	Menos de 150
Tráfico ligero	150 a 500
Tráfico medio	500 a 1200
Tráfico pesado	1200 a 2400
Tráfico muy pesado	2400 a 4000
Tráfico máximo	más de 4.000

Fuente: Manual de Luminotecnia WESTINGHOUSE

NOTA: Estos datos son durante la noche, a la hora de máximo tráfico vehicular.

2.3. CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS EN FUNCION DEL TRAFICO DE PEATONES NOCTURNOS

En la tabla Nº 2.2., que se muestra en la siguiente página, se puede observar la clasificación del tráfico peatonal junto con la descripción de la misma.

TABLA Nº 2.2.

CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS EN FUNCION DEL TRAFICO DE PEATONES NOCTURNOS

CLASIFICACION DEL TRAFICO PEATONAL	DESCRIPCION
Tráfico ligero o sin peatones	Autopistas, carreteras de barrios residenciales, calles elevadas o subterráneas y carreteras en campos.
Tráfico de peatones medio	Calles de barrios residenciales de segundo orden , calles de zonas industriales.
Tráfico de peatones pesados	Calles de barrios comerciales.

Fuente: Manual de Luminotecnia WESTINGHOUSE.

2.4. CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS SEGUN SU CONSTRUCCION Y USOS ESPECIFICOS

(Ver tabla Nº 2.3.)

TABLA Nº 2.3.

CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS SEGUN SU CONSTRUCCION Y USOS ESPECIFICOS

U S O S	NATURALEZA DE LA VIA
Campo	Autopista y acceso, carretera interurbana carretera secundaria.
Penetración o circunvalación	Carretera de penetración de una aglomeración importante. Circunvalación o avenida circular.
Aglomeración	Calle importante Calle comercial Calle secundaria Avenida arborizada, barrio residencial, parque público, ciudadela, etc.
Casos especiales	Cruce peligroso Glorieta curva Pendiente Puente Plaza pública

Fuente: Normas ICONTEL.

El Comité Internacional de Alumbrado Público (CIE), recomienda clasificar las vías públicas en función de la densidad del tráfico y su velocidad vehicular.

De acuerdo a estas recomendaciones se obtiene la siguiente tabla:

TABLA Nº 2.4.

CLASIFICACION DE LAS VIAS PUBLICAS EN FUNCION DE LA VELOCIDAD VEHICULAR

CATEGORIA DE LA VIA		TIPO Y DENSIDAD DE TRAFICO	TIPO DE VIA	EJEMPLOS
TRAFICO AUTOMOTOR	A	Tráfico de automotor pesado y de alta velocidad.	Vías completamente libres de cruces a nivel	Autopistas y acceso - rápidos.
	B	Tráfico de automotor pesado de alta velocidad.	Vías con carriles laterales demarcados para tráfico lento.	Carretera inter urbana y avenida.
	C	Tráfico de automotor pesado y de velocidad moderada.	Vías importantes para todos los - propósitos, rural o urbano.	Carretera de circunvalación.

Continua.....

Viene....TABLA Nº 2.4.

TRAFICO MIXTO	D	Tráfico mixto mediano, con mayor proporción de tráfico lento o peatones.	Calles urbanas o comerciales.	Calles comerciales.
	E	Tráfico mixto con límite de velocidad y densidad moderada.	Vías que unen áreas residenciales con vías principales.	Colectores.

2.5. ANALISIS Y RECOMENDACIONES EN CUANTO A CARPETA ASFALTICA

Cuando se trata de vías que tienen acceso a automovilistas que circulan a velocidades considerables, así como también en las aglomeraciones sobre los grandes ejes de penetración es muy importante tener en consideración que el nivel de luminancia que tenga dicho pavimento sea lo SUFICIENTE para que pueda permitir al conductor discernir facilmente todo obstáculo situado sobre ella.

En estas circunstancias el nivel de luminancia merece un estudio aparte a lo que corresponde la iluminación de vías públicas, debido a que cada tipo de pavimento o carpeta asfáltica tiene características de

reflexión y difusión propia los cuales varian con:

La naturaleza del pavimento, su granulación y el método de construcción, el estado de uso y las circunstancias atmosféricas (pavimento seco y húmedo).

En la actualidad no se logra dar una clasificación precisa de los pavimentos de las vías ni la metodología sencilla que permita hacerla desde el punto de vista de sus características fotométricas, sin embargo se hace la siguiente distinción:

PAVIMENTOS	FACTOR DE REFLEXION
Claros	0,20
Oscuros	0,10

Hay pavimentos que tienen índice de reflexión mixto con cierta tendencia a uno de ellos así:

Los pavimentos lisos ya sea por construcción o por su uso contínuo, tiene reflexión mixta con tendencia ESPECULAR. Los pavimentos mate, como es el caso de la mayor parte de los pavimentos antideslizantes modernos más o menos en estado nuevo, tienen tendencia a ser DIFUSO.

Se puede entonces notar que el pavimento ideal es de color claro y de superficie rugosa, que permita una gran resistencia al uso y patinaje de vehículos y su perfil debe tener la particularidad tal, que el agua de las lluvias se evacúen rapidamente.

En todo proyecto de iluminación se debe tener muy en cuenta las características de reflexión que influyen - directamente sobre el nivel y la repartición de la luminancia.

2.5.1. Propiedades reflectivas de la superficie de la calzada

Las características reflectivas de la calzada son muy necesarias conocerlas para realizar el cálculo de su luminancia.

COEFICIENTE DE LUMINANCIA (q)

Este coeficiente es el que determina las características reflectivas de una calzada.

Se define como la relación entre la luminancia en un punto determinado y la iluminación horizontal en dicho punto.

Su expresión está dada así:

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

El coeficiente (q) depende de las posiciones del observador y de la fuente luminosa con respecto al punto P que se considera.

$$q = q(\alpha, \beta, \gamma)$$

El Comité Internacional de Alumbrado (CIE) establece que la zona de la calzada que importa al conductor de un vehículo (entre 60 y 160 metros delante de el), el ángulo (γ) varía solamente entre 1.5 y 0.5 grados por este motivo se puede despreciar la variación de (γ) y se ha establecido el valor fijo de un grado.

α = expresa el ángulo de incidencia de la luz proveniente de la luminaria y que llega al punto considerado.

β = Angulo formado entre los planos de incidencia y el plano de reflexión correspondiente al observador.

γ = ángulo de reflexión, es decir el ángulo con - el cual sale la luz del punto de reflexión para llegar al ojo del observador.

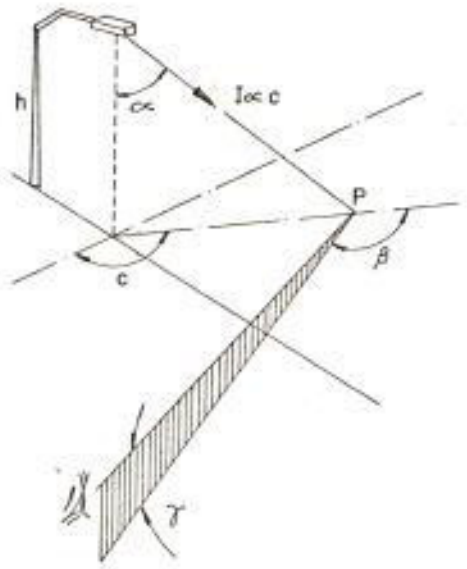


FIGURA Nº 2.1. ANGULOS DE LOS CUALES DEPENDE EL COEFICIENTE DE LUMINANCIA.

γ : ángulo de observación(desde el plano horizontal)
β : ángulo entre el plano de incidencia de la luz y el plano de observación.
α : ángulo de incidencia.

De tal manera se puede decir que para una calzada dada el coeficiente de luminancia sólo depende de los valores de los ángulos (β) y (α). Entonces todas las propiedades de reflexión de una superficie, pueden darse en una tabla bidimensional, en la que se exprese el valor de q que

corresponde a cada combinación de (β) y (α).

COEFICIENTE DE LUMINANCIA REDUCIDO

Las tablas bidimensionales por conveniencia de cálculos de luminancia vienen dadas en función de($q \ Cos^3 \alpha$)que dan orígen a las denominadas tablas R.

Con las fórmulas $q = \frac{L}{E}$ y $E = \frac{I \ Cos^3 \alpha}{h^2}$. Se obtiene la siguiente expresión:

$$L = \frac{I}{h^2} \ (q \ Cos^3 \alpha)$$

Donde:

$\frac{I}{h^2}$ = condición propia de la instalación y de la luminaria instalada.

$q \ Cos^3 \alpha$ = caracteriza las condiciones de reflexión del revestimiento de la calzada y se lo denomina COEFICIENTE DE LUMINANCIA REDUCIDO. o VALOR R.

$R = f(\beta$,tangente α), luego se tiene:

$$L = \frac{RI}{h^2}$$

Los valores de R también pueden presentarse en forma de curvas mediante la indicatríz de reflexión.

La longitud de una flecha trazada en una dirección definida por los ángulos (α) y (β) representa el valor del coeficiente de luminancia.

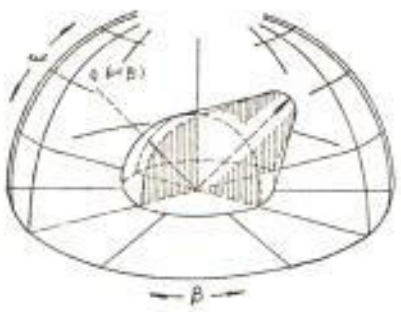


FIGURA Nº2.2. INDICATRIZ DEL COEFICIENTE DE LUMINANCIA

MOSTRANDO:

q = coeficiente de luminancia
β = ángulo entre el plano de observación y el de incidencia de la luz.
α = ángulo de incidencia de la luz (desde la vertical).

2.5.2. Clasificación de las superficies de las calzadas

Como el cálculo del coeficiente de luminancia L

es muy laborioso de realizar, lo mismo sucede con la determinación exacta de las tablas R de una superficie particular, que pueden llevarse a cabo unicamente mediante medidas de laboratorios efectuadas a partir de una muestra real , lo cual es asi mismo dispendioso y complicado por lo cual hay que recurrir a la ayuda del computador.

La CIE ha definido cuatro tipos de revestimiento, dando lugar a las tablas R1 a R4.

A continuación podemos observar las tablas Nºs.2.5., 2.6., y 2.7.

Coeficiente $Q \cos^3 \alpha \times 10^4$ para revestimiento R1

tg α \ β°	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655
0.25	619	619	619	619	610	610	610	610	610	610	610	610	610	601	601	601	601	601	601	601
0.5	539	539	539	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	341	341	341	341	323	323	305	296	287	287	278	269	269	269	269	269	269	278	278	278
1.25	269	269	269	260	251	242	224	207	198	189	189	180	180	180	180	180	189	198	207	224
1.5	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	162	162	157	135	117	108	99	94	90	85	85	83	84	84	86	90	94	99	103	111
2.5	121	121	117	95	79	66	60	57	54	52	51	50	51	52	54	58	61	65	69	75
3	94	94	86	66	49	41	38	36	34	33	32	31	31	33	35	38	40	43	47	51
3.5	81	80	66	46	33	28	25	23	22	22	21	21	22	22	24	27	29	31	34	38
4	71	69	55	32	23	20	18	16	15	14	14	14	15	17	19	20	22	23	25	27
4.5	63	59	43	24	17	14	13	12	12	11	11	11	12	13	14	14	16	17	19	21
5	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
5.5	51	47	31	15	11	9.0	8.1	7.8	7.7	7.7										
6	47	42	25	12	8.5	7.2	6.5	6.3	6.2											
6.5	43	38	22	10	6.7	5.8	5.2	5.0												
7	40	34	18	8.1	5.6	4.8	4.4	4.2												
7.5	37	31	15	6.9	4.7	4.0	3.8													
8	35	28	14	5.7	4.0	3.6	3.2													
8.5	33	25	12	4.8	3.6	3.1	2.9													
9	31	23	10	4.1	3.2	2.8														
9.5	30	22	9.0	3.7	2.8	2.5														
10	29	20	8.2	3.2	2.4	2.2														
10.5	28	18	7.3	3.0	2.2	1.9														
11	27	16	6.6	2.7	1.9	1.7														
11.5	26	15	6.1	2.4	1.7															
12	25	14	5.6	2.2	1.6															

TABLA 2.5

Tablas-R para superficie estandar R1

Q0 = 0.10 S1 = 0.25 S2 = 1.53

Coeficiente $Q \cos^3 \alpha \times 10^4$ para revestimiento R2

$tg\alpha$ \ $\beta°$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	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	335
0.5	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	368	357	346	325	303	281	260	238	216	206	206	206	206	206	206	206	206
1	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
1.5	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	227	216	195	152	117	95	80	67	61	52	46	40	41	45	49	52	54	56	57	58
2.5	196	190	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	26	28	30	33	35	38	40	41
3	160	155	115	67	43	33	26	21	18	17	16	16	17	17	18	21	22	24	26	27
3.5	146	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	18	21
4	132	113	67	27	15	12	10	9.4	8.7	8.2	7.9	7.6	7.9	8.7	9.6	11	12	13	15	17
4.5	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	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
5.5	96	69	29	11	6.3	5.1	4.4	4.1	3.9	3.8										
6	87	58	22	8.0	5.0	3.9	3.5	3.4	3.2											
6.5	78	50	17	6.1	3.8	3.1	2.8	2.7												
7	71	43	14	4.9	3.1	2.5	2.3	2.2												
7.5	67	38	12	4.1	2.6	2.1	1.9													
8	63	33	10	3.4	2.2	1.8	1.7													
8.5	58	28	8.7	2.9	1.9	1.6	1.5													
9	55	25	7.4	2.5	1.7	1.4														
9.5	52	23	6.5	2.2	1.5	1.3														
10	49	21	5.6	1.9	1.4	1.2														
10.5	47	18	5.0	1.7	1.3	1.2														
11	44	16	4.4	1.6	1.2	1.1														
11.5	42	14	4.0	1.5	1.1															
12	41	13	3.6	1.4	1.1															

TABLA 2.6

Tablas-R para superficie estandar R2

Q0 = 0.07 S1 = 0.58 S2 = 1.80

Coeficiente $Q \cos^3 \alpha \times 10^4$ para revestimiento R3

$tg_{\alpha\epsilon}$ \ β°	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	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	258	253	249	244	240	240
0.5	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	362	362	352	326	276	249	226	204	181	158	140	118	104	100	100	100	100	100	100	100
1.25	357	357	348	298	244	208	176	154	136	118	104	83	73	70	71	74	77	77	77	78
1.5	353	348	326	267	217	176	145	117	100	86	78	72	60	57	58	60	60	60	61	62
1.75	339	335	303	231	172	127	104	89	79	70	62	51	45	44	45	46	45	45	46	47
2	326	321	280	190	136	100	82	71	62	54	48	39	34	34	34	35	36	36	37	38
2.5	289	290	222	127	86	65	54	44	38	34	25	23	22	23	24	24	24	24	24	25
3	253	235	163	85	53	39	31	25	23	20	18	15	15	14	15	15	16	16	17	17
3.5	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	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
4.5	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	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
5.5	127	94	47	18	14	9.9	7.7	6.9	6.1	5.7										
6	113	77	36	15	11	9.0	8.0	6.5	5.1											
6.5	104	68	30	11	8.3	6.4	5.1	4.3												
7	95	60	24	8.5	6.5	5.2	4.3	3.4												
7.5	87	53	21	7.1	5.3	4.4	3.6													
8	83	47	17	6.1	4.4	3.6	3.1													
8.5	78	42	15	5.2	3.7	3.1	2.6													
9	73	38	12	4.3	3.2	2.4														
9.5	69	34	9.9	3.8	3.5	2.2														
10	65	32	9.0	3.3	2.4	2.0														
10.5	62	29	8.0	3.0	2.1	1.9														
11	59	26	7.1	2.6	1.9	1.8														
11.5	56	24	6.3	2.4	1.8															
12	53	22	5.6	2.1	1.8															

TABLA 2.7
Tablas-R para superficie estandar R 3

Q0 = 0.07 S1 = 1.11 S2 = 2.38

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Ejem. No. POT-062

Coeficiente $Q \cos^3 \alpha$ x 10^4 para revestimiento R4

β° / $tg\alpha$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	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
0.5	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	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	178	152	132	115	103	77	66	65	65	63	65	66	67	68
1.5	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	251	178	139	108	88	75	66	59	44	37	37	37	38	40	41	42	45
2	409	383	317	224	145	106	86	71	59	53	45	33	29	29	29	30	32	33	34	37
2.5	396	356	264	152	100	73	55	45	37	32	28	21	20	20	20	21	22	24	25	26
3	370	304	211	95	63	44	30	25	21	17	16	13	12	12	13	13	15	16	17	19
3.5	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	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
4.5	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	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
5.5	257	161	59	19	9.9	7.1	5.7	5.0	4.6	4.2										
6	244	140	46	13	7.7	5.7	4.8	4.1	3.8											
6.5	231	122	37	11	5.9	4.6	3.7	3.2												
7	218	106	32	9.0	5.0	3.8	3.2	2.6												
7.5	205	94	26	7.5	4.4	3.3	2.8													
8	193	82	22	6.3	3.7	2.9	2.4													
8.5	184	74	19	5.3	3.2	2.5	2.1													
9	174	66	16	4.6	2.8	2.1														
9.5	169	59	13	4.1	2.5	2.0														
10	164	53	12	3.7	2.2	1.7														
10.5	158	49	11	3.3	2.1	1.7														
11	153	45	9.5	3.0	2.0	1.7														
11.5	149	41	8.4	2.6	1.7															
12	145	37	7.7	2.5	1.7															

TABLA 2.8.
Tablas -R para superficie estandar R 4

Q0 = 0.08 S1 = 1.55 S2 = 3.03

TABLA N# 2.8.

TABLA DE REFLECTANCIA DIFUSA

CLASE	GAMA S1	PATRONES S1	PATRONES S2	TIPO DE REFLEXION	Qo
R1	S1<0.45	0.25	1.53	Muy difusa	0.1
R11	0.45 ≤ S1<0.85	0.58	1.80	Ligeramente difusa	0.07
R111	0.85 ≤ S1<1.85	1.11	2.38	Ligeramente brillante	0.07
R1V	1.35 ≤ S1	1.55	3.03	Brillante	0.08

.....

Qo = Coeficiente de luminancia media

$$Qo = \frac{1}{W} \int q \, dw$$

El valor de Qo indica el grado de reflectancia difusa de la calzada y es un índice de la claridad del revestimiento. Entre mayor Qo mayor luz será reflejada por la vía. Qo es el valor promedio de todos los valores de q.

S1 = Factor especular definido por:

$$S1 = \frac{R\ (0,2)}{R(0,0)}$$

R(0,2) es el valor de R para $\beta = 0$, α= arctg 2 = 63,4°

R(0,0) es el valor de R para $\beta = 0$ y $\alpha = 0$

S2 = Factor especular definido por:

$$S2 = \frac{Qo}{R(0,0)}$$

Los factores especulares S1 y S2 junto con el coeficiente de luminancia Qo pueden medirse en la propia calzada, utilizando para ello reflectómetro especialmente -

proyectado para este fin.

CIE, da una característica de las cuatro clases de superficies de calzadas.

TABLA Nº 2.9.

CARACTERISTICAS DE LAS SUPERFICIES DE CALZADAS

CLASES	D E S C R I P C I O N
I	- Superficie de calzada de tipo asfáltico, con un 15 % por lo menos de abrillantador artificial o al menos con un 30 % de anortositas muy brillantes. - Revestimientos superficiales que contienen grava que cubre más del 80 % de la superficie de la calzada, en los que la grava consta principalmente de abrillantadores artificiales o son al 100 % de anortositas muy brillantes. - Superficies de calzada de hormigón.
II	- Revestimiento superficiales que tienen una estructura áspera y contienen agregados - normales. - Superficies asfálticas que contienen del 10 % al 15 % de abrillantador artificiales. - Hormigón asfálticos grueso y áspero, rico en grava (mayor al 60 %) de tamaño de 10 mm. o más. - Asfalto de cemento.
III	- Hormigón asfáltico(asfalto en frio,asfalto de cemento)con grava de gran tamaño hasta 10 mm,pero de textura áspera(similar al papel lija). - Revestimientos superficiales de textura - gruesa pero pulidos.
IV	- Asfalto de cemento, al cabo de varios meses de uso. - Superficies de calzada que tengan una textura suave o pulida.

CAPITULO III

FUENTES DE LUZ Y LUMINARIAS UTILIZADAS EN ALUMBRADO PUBLICO

Las fuentes de luz o lámparas eléctricas que se encuentran disponibles en la actualidad para iluminación de vías públicas, pueden clasificarse en dos grupos:

- Lámparas incandescentes; y,
- Lámparas de descargas.

3.1. FUENTES DE LUZ INCANDESCENTES

Estas lámparas consisten de un filamento que es un conductor altamente refractario, el cual se calienta - por el paso de una corriente eléctrica hasta una temperatura tan alta, que la radiación emitida cae en la región visible del espectro.

La vía útil de una lámpara se define al número de horas de funcionamiento antes de que la potencia luminosa se reduzca a un 80 %.

La vida útil de las lámparas incandescentes varía desde 750 horas para unas y 1.000 horas para otras y a veces hasta 2.500 horas para ciertos tipos y tamaños especiales.

En las lámparas incandescentes son muy influenciadas sus características de funcionamientos por las fluctuaciones de tensión.

Las lámparas incandescentes presentan algunas ventajas entre las cuales se pueden mencionar las más importantes:

- El precio es bajo.
- Son de gran simplicidad de empleo por la ausencia de accesorios eléctricos auxiliares.
- Su forma y tamaño es pequeña
- Su factor de potencia es aproximadamente la unidad.
- El color de la luz es agradable.

Entre las desventajas más notorias que se pueden presentar se mencionan las siguientes:

- Corta vida útil
- Las variaciones de tensión de la red tienen grandes influencia en su vida útil.
- Eficacia luminosa muy baja
- Luminancia fuerte.

- Consumo de energía y mantenimiento es muy elevado.

Todos estos inconvenientes hacen que las lámparas incandescentes sean cada vez menos utilizadas en futuras instalaciones.

Las lámparas incandescentes de hasta 150 vatios se usarán en alumbrado de interiores.

Las lámparas de hasta 2.000 vatios se usan en alumbrado de exteriores.

Las lámparas incandescentes llevan marcada la potencia y el voltaje.

TABLA Nº 3.1.

EFECTOS DE VARIACIONES EN LA TENSION DE APLICACION DE LAMPARAS INCANDESCENTES

VARIACION REGULAR DE TENSION % TENSION NOMINAL	SOBRETENSION CONSTANTE EQUIVALENTE %	REDUCCION DE VIDA %
0	0	0
2.5	0.4	5.2
5.0	1.5	19
10.0	5.0	50

TABLA Nº 3.2.

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS LAMPARAS INCANDESCENTES ESTANDARD

AMPOLLA CLARA

POTENCIA W	FLUJO LUMINOSO lm		RENDIMIENTO LUMINOSO lm/W	
	127 V	225 V	127 V	225 V
25	220	220	8.80	8.80
40	425	350	10.60	8.75
60	750	630	12.50	10.50
75	980	850	13.05	11.35
100	1380	1250	13.80	12.50
150	2340	2100	15.60	14.00
200	3250	2950	16.25	14.75
300	5100	4750	17.00	15.85
500	9300	8400	18.60	16.8
750	14600	13400	19.45	17.85
1000	20000	18800	20.00	18.80
1500	31000	30000	20.65	20.00
2000	43000	40000	21.50	20.00

NOTA: Datos proporcionados por manual OSRAM.

3.2. FUENTES DE LUZ DE DESCARGA EN MEDIO GASEOSO

En estas fuentes, la luz se produce por una descarga eléctrica en arco mantenida en un gas o un vapor metálico ionizado.

Esta lámpara para su funcionamiento deben tener conectado a su circuito un elemento limitador de la corriente de arco que puede ser:

- Resistencia óhmica
- Bobina de inductancia
- Autotransformador de fugas magnéticas.

Para iniciar la descarga se emplea un dispositivo de encendido o de ignición denominado CEBADOR, el cual por sí solo o con ayuda del balasto, proporcionan impulso de voltaje que van a ionizar el camino de la descarga y de esta forma la ignición la cual continúa durante un período de arranque - en el que el gas se estabiliza que puede durar varios minutos dependiendo del tipo de lámparas . En este período el flujo luminoso va aumentando y por consecuencia su potencia hasta que la lámpara - alcanza su valor nominal.

Las lámparas de descarga deben tener conectado a

su circuito además del balasto que es para suministrar la sobretensión necesaria en el momento del arranque, capacitores para lograr un mínimo de 90 % de factor potencia y compensar las pérdidas debida a la introducción de los balastos.

Las lámparas de descarga que más se utilizan en alumbrado público son: de mercurio, sodio y fluorescentes.

3.2.1. Lámparas de vapor de mercurio

Se conoce como lámparas de mercurio a las - que emiten luz producida por la excitación de los átomos de mercurio contenidos en un tubo de descarga.

La lámpara contará con un balasto para controlar el aumento de corriente y un transformador para aumentar el voltaje de línea cuando éste sea inferior a 240 V.

Las lámparas de mercurio se instalarán en regímenes de voltaje de 120 y 240 V, y sus potencias estarán dentro de los margenes de 80,100,125,175, 250,400,700,1000 vatios.

Estas lámparas tienen una luz que reproduce bastante defectuosos los colores de los objetos que iluminan, para atenuar este inconveniente se aprovecha el fenómeno de fluorescencia de sustancias tales como el fluogermanato de magnesio o el Vanadato de Itrio. Estas lámparas así toman el nombre de lámparas de mercurio con el color corregido.

El rendimiento de las lámparas de mercurio - varía de 40 a 60 lm/W según su potencia - que es superior al de las lámparas incandescentes de alta potencia.

La vida media puede llegar a alcanzar unas 16.000 horas en determinados tipos pero nunca menor de 8.000 horas.

La frecuencia de encendido tiene gran influencia sobre la vida de la lámpara, por eso se considera una conexión cada 3 horas.

Entre los inconvenientes que presentan este tipo de lámparas se tienen los siguientes:

- Su encendido no es instantáneo, necesitando un cierto tiempo para que la lámpara alcance - su máxima emisión.

- La corriente en el arranque es casi el doble de la nominal.

- Estas lámparas pueden determinar el efecto estroboscópicos.

- No reproduce perfectamente los colores, por - tal razón este tipo de lámparas tiene limitado su campo de uso, mientras que las de color corregido se las está utilizando bastante en alumbrados industriales, alumbrados - exteriores, alumbrado de calles, plazas y carreteras.

Entre las ventajas más notorias se tienen:

- Buena eficiencia luminosa
- Tamaño reducido
- Potencia elevada
- Costo de mantenimiento bajo.

TABLA N°3.3.

LAMPARA DE MERCURIO DE ALTA PRESION Y DE COLOR CORREGIDO

POTENCIA W	TENSIONES DE OPERACION	FLUJO LUMINOSO INICIAL (lm)	RENDIMIENTO LUMINOSO lm/W	LUMINANCIA CD/cm^2
50	220	2.000	40	4
80	220	3.800	48	5
125	220	6.300	50	7
250	220	13.500	54	10
400	220	23.000	58	11
700	220	40.000	57	13
1000	220	55.000	55	15

FUENTE: Manual OSRAM.

3.2.2. Lámparas de vapor de sodio

Las lámparas de vapor de sodio son conocidas - con este nombre porque la producción de luz se efectúa como consecuencia de la excitación de los átomos de sodio contenido en un tubo de descarga.

El proceso de funcionamiento es parecido al de las lámparas de vapor de mercurio.

Las lámparas de sodio son las de mayor rendimiento lumínico existente en la actualidad cuyo rango está en 175 (1 m/W).

Las lámparas de sodio se las encuentra en dos presentaciones:

- Lámparas de sodio de baja presión
- Lámparas de sodio de alta presión

LAMPARAS DE SODIO DE BAJA PRESION:

Se fabrican en una gama de potencia que va desde los 35 w a 180 w.

El sistema de alimentación de corriente es con autotransformador ya que las tensiones de arranque en los tubos de descarga son superiores a 400 voltios.

La utilización que tienen las lámparas de sodio - de baja presión son bastante limitadas debido a la luz monocrómáticas que producen, por esta razón estas lámparas encuentran una aplicación en aquellos casos donde se necesitan disponer de gran cantidad de luz sin tener en cuenta su calidad, así como: autopistas, carreteras rápidas, espacios industriales exteriores de carga, descarga y estacionamiento, los puertos, etc.

Otra aplicación es en el alumbrado arquitectónico y de jardines debido a que resalta los tonos - amarronados y pardos de cierto tipo de piedras , así como los troncos de los árboles.

LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION

Estas lámparas han tenido buena acogida en el - mercado mundial, teniendo una diferencia notable - con las de sodio de baja presión.

Las potencias normales que vienen presentadas son:

de 160, 250, 400 y 1000 W.

En el sistema de arranque necesitan ademas de la reactancia un nuevo elemento llamado IGNITOR o ARRANCADOR, cuyo objeto es generar pulso de tensión del orden de 3 a 4 KV, sin las cuales la lámpara no puede iniciar su encendido.

El tiempo en arrancar esta lámpara es de 4 minutos, al término de los cuales está emitiendo el 80 % de su flujo luminoso nominal.

La eficiencia luminosa de las lámparas de sodio - de alta presión es algo menor que las de vapor de sodio de baja presión, pero sin embargo sus valores alcanzan unas cifras notablemente altas.

La ventaja de este tipo de lámparas es su tamaño reducido y su color de luz que afecta menos la reproducción de los colores.

En la siguiente página se puede observar la tabla Nº 3.4. en la que se encuentran las características técnicas de las lámparas de vapor de sodio de alta presión.

TABLA Nº 3.4.

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION

POTENCIA W	AMPOLLA	FLUJO LUMINOSO INICIAL (lm)	EFICACIA LUMINOSA lm/W
250	Tubular	25.500	102
	Ovoide	22.500	92
400	Tubular	47.000	117.5
	Ovoide	43.500	108.9
1000	Tubular	120.000	120
	Ovoide	110.000	110

3.2.3. Lámparas fluorescentes

En estas lámparas la generación de la luz se realiza por medio del fenómeno de fluorescencia cuando sobre unos polvos fosfóricos situados en la pared interior del tubo de descarga inciden radiaciones ultravioletas de adecuada longitud de onda, generada por una descarga a través del gas contenido en el tubo.

El bulbo o tubo contendrá un gas inerte que puede ser argón y una gota de mercurio.

Estas lámparas tienen intercalados en su circuito un balasto, el cual según el caso puede ser bobina, capacitor, resistencia, o una combinación de ellas.

Las lámparas de arranque instantáneo no deben ser instaladas en un circuito de precalentamiento, igualmente las lámparas de precalentamiento no deben ser instaladas en un circuito de arranque instantáneo.

La lámpara de precalentamiento debe tener intercalado en su circuito un arrancador que tenga

incorporado un interruptor bimetálico.

La utilización de lámparas fluorescentes de muy alta emisión es aplicada preferentemente en la iluminación de calles, pistas de aterrizaje, estaciones de gasolina y anuncios.

Las lámparas fluorescentes presentan las ventajas de un buen coeficiente de eficiencia luminosa,una luz que respeta el color de los objetos iluminados y una luminancia relativamente débil.

Tienen como desventajas sus grandes dimensiones y su poca potencia unitaria que hace necesario la multiplicación del número de lámparas.

En las siguientes páginas se puede apreciar las tablas Nºs. 3.5 y 3.6.

TABLA Nº 3.5.

LAMPARAS FLUORESCENTES DE ARRANQUE INSTANTANEO

POTENCIA W	FLUJO INICIAL lm	FLUJO A 3000 H(%)	LONGITUD M	B R I L L O Foot-Lamberts
25.5	200-2600	84	1.05	1280-4700
38.5	1120-4200	84	1.60	1300-4850
37.5	1150-4000	87	1.80	850-2940
50	1500-5600	90	2.4	830-3120
40.5	1100-4100	89	1.20	850-3160
42	2100-2900	90	1.50	920-1170
21	450-1180	85	0.60	1650-2040
30	1600-1990	86	0.90	1630-2020
35	1960-2370	86	1.05	1740-2100
39	1160-4350	89	1.20	900-3390
50	2900-3450	85	1.50	1800-2150
52	3100-3870	86	1.60	1810-2260
57	1750-6100	91	1.80	880-3070
67	4400-5200	90	2.10	--------
75	2540-8700	91	2.40	950-3200

TABLA Nº 3.6.

VALORES TIPICOS DE LAS FUENTES LUMINOSAS UTILIZADAS EN ALUMBRADO PUBLICO

TIPOS DE FUENTES CARACTERISTICAS	BOMBILLAS INCANDESCENTES	BOMBILLAS DE MERCURIO	FUENTE DE VAPOR DE SODIO		TUBO FLUORESCENTE
			BAJA PRESION	ALTA PRESION	
Color de la luz	Blanco amarillento.	Blanco	Amarillo naranja monocromático.	Anaranjado	Blanco
Potencia (W)	100-500	50-1000	60-200	250-400	20-65
Flujo luminoso nominal en lm	1150 8900-	1700 521000	7200- 30000	20000 42000	1000 4700
Eficiencia luminosa lm/W	11-18	34-52	120-150	80-105	50-73
Vida útil en horas	1000	13000	7000	7000	6000
Influencia en las fluctuaciones de tensión. -Sobre el flujo luminoso. -Sobre la vida	 Importante Importante	 Sensible Débil	 Débil Débil	 Sensible Sensible	 Débil Débil

FUENTE: Normas ICONTEL (Código Colombiano de Alumbrado Público).-

3.3. LUMINARIAS

Se define a las luminarias como aparatos que distribuyen ,filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas.

Además las luminarias sirven para contener los accesorios para las fuentes luminosas, protegerlas contra - la intemperie y fundamentalmente dirigir sobre la calzada con el mínimo de pérdidas y en la dirección deseada el flujo luminoso emitido por la fuente, reducir en ciertos casos el deslumbramiento debido a las fuentes.

Otra función de las luminarias es aislar termicamente la fuente del ambiente exterior, con el fin de alcanzar - la temperatura de funcionamiento que corresponde al máximo de eficiencia luminosa.

Las luminarias pueden ser de tipo cerrado o abierto . Las luminarias cerradas presentan la ventaja de proteger más eficazmente el sistema óptico y las fuentes contra el polvo y la acción de los agentes atmosféricos.

SISTEMA DE REPRESENTACION DE LAS CARACTERISTICAS LUMINOSAS DE LAS LAMPARAS Y DE LAS LUMINARIAS

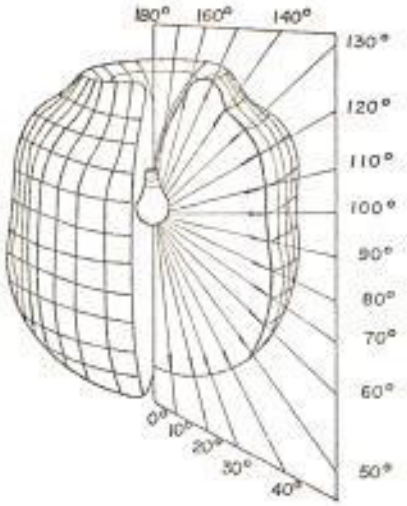
Mediante las curvas denominadas de DISTRIBUCION LUMINOSA, o curvas fotométricas de intensidades, se puede representar gráficamente la distribución luminosa de una lámpara o de un conjunto lámpara - luminaria.

Las curvas fotométricas son obtenidas, tomando datos de intensidad luminosa en diversos ángulos, alrededor de una fuente de luz o luminaria y transcribirlo - en forma gráfica, generalmente en forma de coordenadas polares.

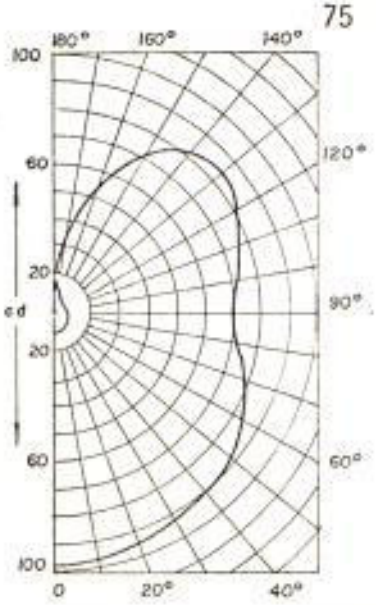
La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

En la página siguiente se puede observar las figuras Nº 3.1. y 3.2., en donde se ven las curvas fotometricas.

Con la ayuda de estas curvas se puede conocer el flujo luminoso en lumenes en determinadas direcciones



Sólido fotométrico de una lámpara incandecente



Curva fotométrica de una lámpara incandecente Standard.

FIGURA Nº 3.1. FIGURA Nº 3.2.
CURVAS FOTOMETRICAS

de una lámpara, o en su totalidad, multiplicando el valor de la intensidad luminosa en esa dirección por el valor de una constante de dicha zona que se da a continuación en la siguiente tabla. (Ver página - siguiente).

Otras curvas que se utilizan mucho en representar - las características lumínosas de lámparas y luminarias, son las denominadas isolux.

Estos diagramas isolux son la representación de un grupo de curvas que unen puntos del plano de trabajo que reciben la misma cantidad de luz o iluminación.

TABLA Nº3.7.

CONSTANTE DE ZONA PARA CALCULO DE FLUJO LUMINOSO (LUMENES)

ZONA GRADO	ANGULO MEDIO DE LA ZONA	ZONA GRADO	ANGULO MEDIO DE LA ZONA	CONSTANTE DE LA ZONA
0°- 10°	5°	170°- 180°	175°	0,095
10°- 20°	15°	160°- 170°	165°	0,283
20°- 30°	25°	150°- 160°	155°	0,463
30°- 40°	35°	140°- 150°	145°	0,628
40°- 50°	45°	130°- 140°	135°	0,774
50°- 60°	55°	120°- 130°	125°	0,897
60°- 70°	65°	110°- 120°	115°	0,993
70°- 80°	75°	100°- 110°	105°	1,058
80°- 90°	85°	90°- 100°	95°	1,091

*Fuente: Manual de Luminotecnia WESTINGHOUSE
Para zonas anulares de 10°

3.3.1. Clasificación de las luminarias utilizadas en alumbrado público

Las luminarias con respecto a la simetría del flujo emitido se pueden clasificar de la siguiente forma:

- LUMINARIAS DE DISTRIBUCION SIMETRICA:

  Son aquellas que reparten simétricamente el flujo luminoso con respecto al eje de simetría.

  La distribución espacial de las intensidades luminosas puede representarse con una sola curva fotométrica.

- LUMINARIAS DE DISTRIBUCION ASIMETRICAS:

  Son aquellas luminarias que reparten el flujo luminoso de una forma no simétrica respecto a un eje.

  La distribución espacial de las intensidades luminosas sólo puede expresarse por medio de un sólido fotométrico.

CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS SEGUN LA DISTRIBUCION DE LA LUZ :

Esta clasificación de las luminarias se realiza basándose en el Diagrama Isocandela, de coordenadas rectángulares, en el cual se sobreponen una serie de líneas longitudinales de calzada (LLC) y de líneas transversales de calzadas (LTC)en múltiplos de la altura de montaje (AM) con esta información permite tener una idea general de la luminaria y su distribución luminosa.

En el año de 1.963 (ASA y ANSI) clasificaron las luminarias con relación a tres criterios:

- DISTRIBUCION VERTICAL DE LA LUZ:

La distribución vertical de la luz se divide en tres grupos:

DISTRIBUCION CORTA: Es cuando su punto de máxima - intensidad luminosa se encuentra en la zona de la gráfica comprendida entre las líneas 1.0 AM-LTC y 2,25 AM - LTC.

DISTRIBUCION MEDIA: Es cuendo su punto de máxima in

tensidad luminosa se encuentra en la zona de la gráfica comprendida entre las líneas 2.25 AM - LTC y 3,75 AM - LTC.

DISTRIBUCION LARGA: Es cuando su punto de máxima intensidad luminosa se encuentra en la zona de la gráfica comprendida entre las líneas 3.75 AM - LTC y 6,0 AM - LTC.

Las designaciones corta, media, larga son usadas para indicar la tendencia de flujo luminoso en la dirección longitudinal. (Ver figura Nº 3.4.)

DISTRIBUCION LATERAL DE LA LUZ

Se considerarán dos grupos : el primero está basado - cuando la luminaria está localizado en el centro de la vía a iluminar en este caso tienen distribución similar hacia ambos lados de la línea de referencia es decir hacia el lado casa y hacia el lado calle.

Se clasifican en los siguientes grupos o tipos:

- TIPO I

Se define así cuando la traza de la mitad de la

máxima intensidad del diagrama isocandela se encuentra en la zona tipo 1 hacia ambos lados de la línea de referencia y que está limitada por la línea 1.0 AM - LLC del lado casa y 1.0 AM LLC del lado calle.

- TIPO 1 CUATRO VIAS:

Se define igual que el caso anterior pero con cuatro haces luminosos.

- TIPO V:

Se define así cuando tiene una distribución simétrica circular que es básicamente igual en todos los ángulos laterales alrededor de la luminaria.

El segundo grupo es cuando las luminarias están localizadas a un lado de la vía y se clasifican en los siguientes grupos:

- TIPO II:

Son de tipo 2 cuando el segmento lado - calle - de la traza de la mitad de la máxima inten-

máxima intensidad del diagrama isocandela se encuentra en la zona tipo 1 hacia ambos lados de la línea de referencia y que está limitada por la línea 1.0 AM - LLC del lado casa y 1.0 AM LLC del lado calle.

- TIPO 1 CUATRO VIAS:

Se define igual que el caso anterior pero con cuatro haces luminosos.

- TIPO V:

Se define así cuando tiene una distribución simétrica circular que es básicamente igual en todos los ángulos laterales alrededor de la luminaria.

El segundo grupo es cuando las luminarias están localizadas a un lado de la vía y se clasifican en los siguientes grupos:

- TIPO II:

Son de tipo 2 cuando el segmento lado - calle - de la traza de la mitad de la máxima inten-

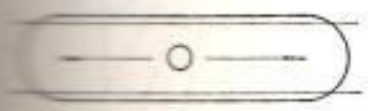
sidad del diagrama isocandela se encuentra en la zona longitudinal definida por la línea - 1.75 AM - LLC.

- TIPO II CUATRO VIAS:

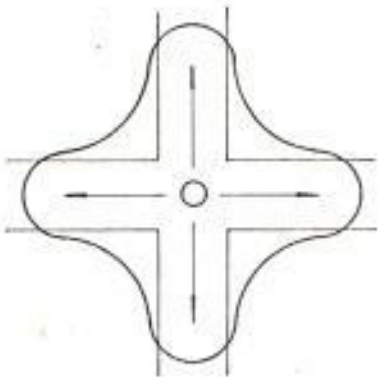
Se define así a las luminarias que tienen cuatro haces luminosos de ancho igual en el lado - calle definido por el tipo II.

- TIPO III:

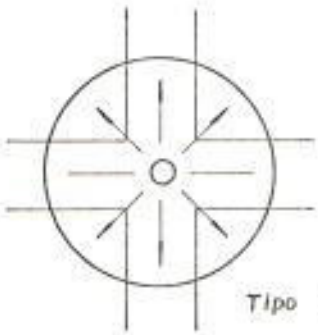
Se define así a la luminaria , cuando el segmento lado - calle de la traza de la mitad de la máxima intensidad del diagrama isocandela - que se encuentra en la zona longitudinal definida por el punto de máxima intensidad luminosa (corta, media, larga) se encuentra parcial o totalmente más allá de la línea 1.75 AM - LLC del lado - calle.



Tipo I

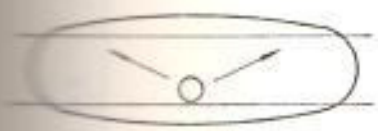


Tipo I - 4 vías

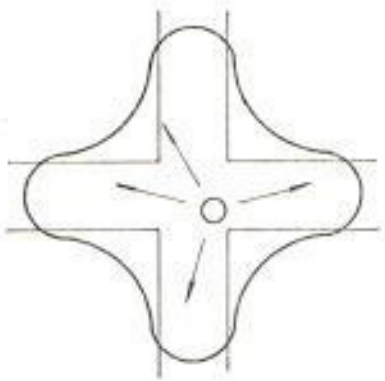


Tipo V

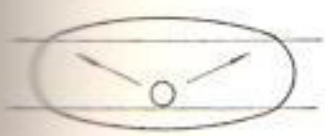
LUMINARIAS LOCALIZADAS A UN LADO DE LA VIA



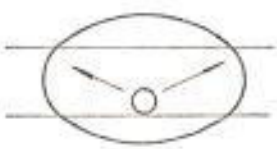
Tipo II



Tipo II - 4 vías



Tipo III



Tipo IV

Fig. Nº 3-3

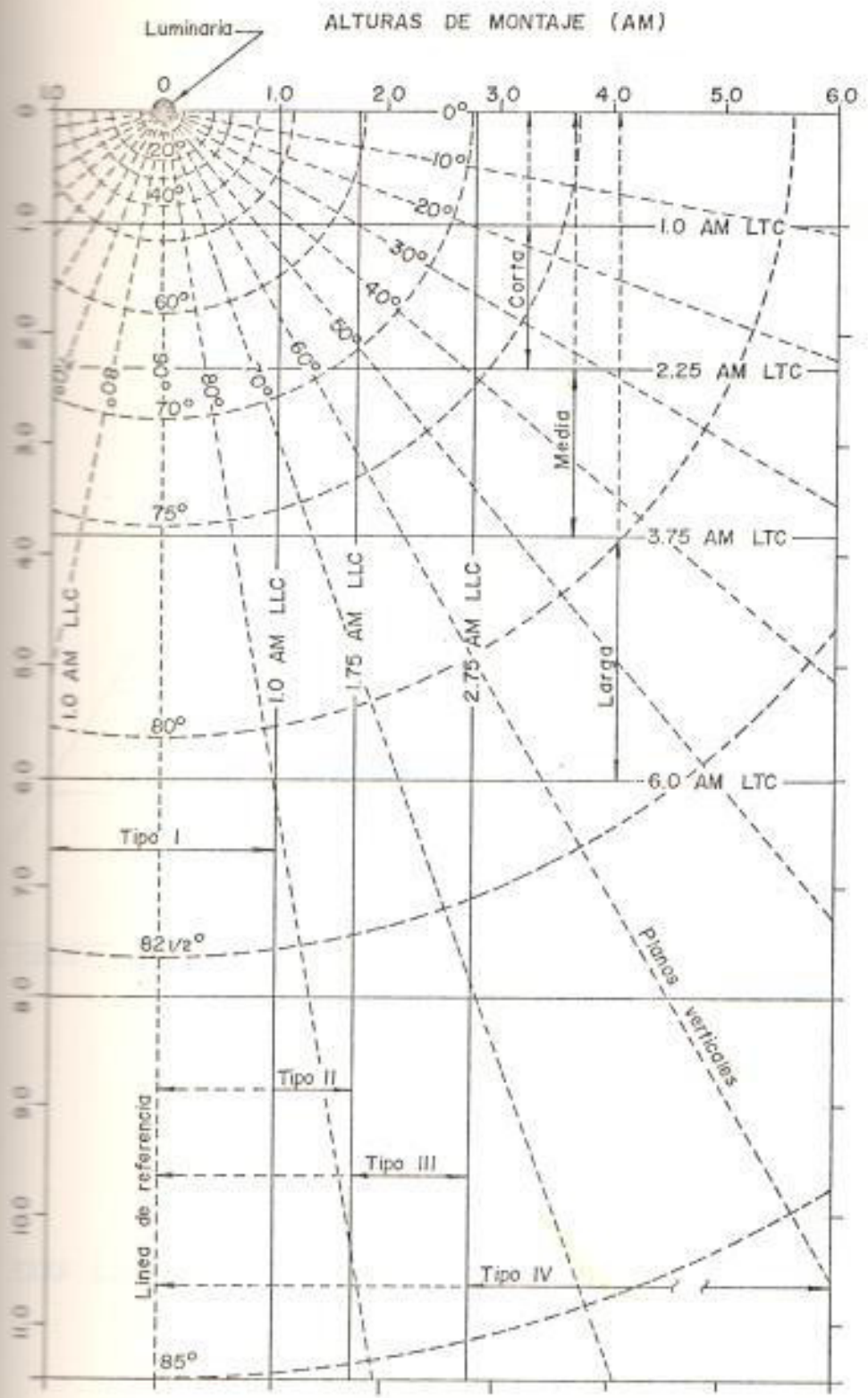
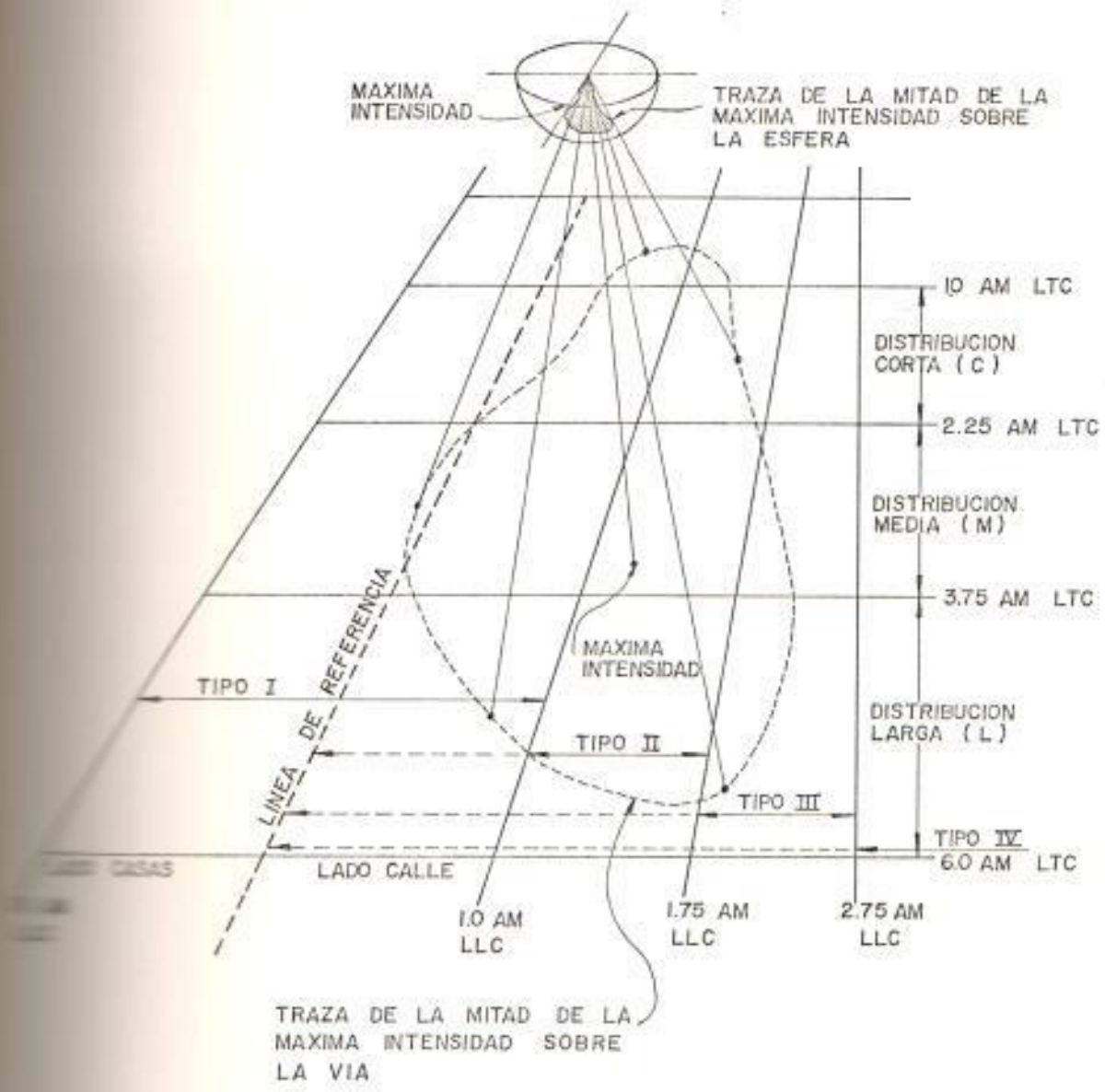


FIGURA Nº 3.4.

CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS SEGUN LA DISTRIBUCION DE LA LUZ



ESTA LUMINARIA ES DE DISTRIBUCION MEDIA Y TIPO III

FIGURA Nº 3.5.

APLICACION DE LA CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS

CONTROL DE LA DISTRIBUCION DE LA LUZ

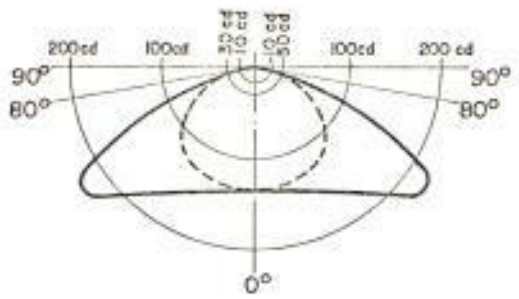
En 1.965, la CIE clasificó a las luminarias utilizadas en alumbrado de vías públicas en: Cut-off, semi Cut-off y Non Cut - Off, sin embargo se ha tratado de reemplazarlos por otras que a continuación se detallarán, pero como el viejo sistema todavía se utilizan en determinadas recomendaciones nacionales, cabe la oportunidad para mencionarlos.

- LUMINARIAS CUT - OFF O DE HAZ RECORTADO:

Son aquellas luminarias que distribuyen la luz, de forma que suprimen prácticamente la totalidad de los rayos luminosos que forman un ángulo - superior a 75° con el eje perpendicular al - plano de la calzada y que pasa por el centro de la luminaria.

En esta luminaria la intensidad luminosa en la horizontal debe ser inferior al 5 % de la máxima y la intensidad a 80°será inferior a 30 Cd. por mil (lm).

Este tipo de luminarias es el más empleado en alumbrado público, ya que tiene como ventaja principal - la ausencia del deslumbramiento, aunque exige una reducción en la interdistancia entre las fuentes.



a)
Cut-off

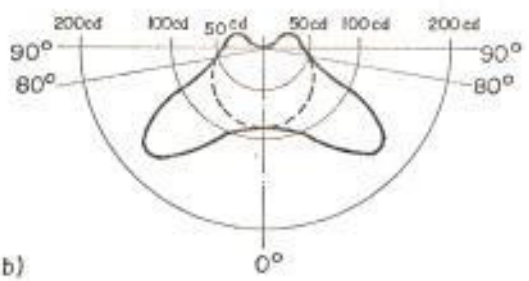
FIGURA Nº 3.6.

CURVA FOTOMETRICA PARA LUMINARIA TIPO CUT - OFF

- LUMINARIA SEMI CUT - OFF O DE HAZ SEMI RECORTADO:

En esta luminaria prácticamente a un ángulo de 80°-85° se suprimen los rayos luminosos.

En ellas la intensidad luminosa en la horizontal no debe ser superior al 5 % de la máxima y la intensidad a 80° será inferior a 100 cd - por 1000(lm).



b)
Semi cut-off

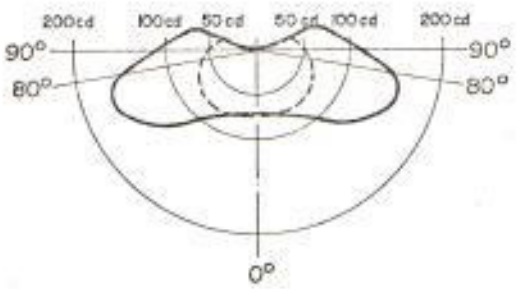
FIGURA Nº 3.7.

CURVA FOTOMETRICA PARA LUMINARIA TIPO SEMI CUT OFF.

- LUMINARIAS NON - OFF O DE HAZ RECORTADO

Son las luminarias que prácticamente no suprimen los rayos luminosos emitidos por encima del plano horizontal que pasa por su centro geométrico.

En la dirección que forma un ángulo de 85° con su eje vertical, la intensidad luminosa alcanza todavía un valor de 1/3 a 1/2 de la intensidad máxima.



c)
Non cut-off

FIGURA Nº 3.8.

CURVA FOTOMETRICA PARA LUMINARIA TIPO NON-CUT OFF

En la siguiente página encontraremos la tabla Nº3.8., donde se muestran las intensidades luminosas máximas admisibles para los diferentes tipos de luminarias.

TABLA Nº 3.8.

INTENSIDADES LUMINOSAS MAXIMAS ADMISIBLES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE LUMINARIAS

TIPO DE LUMINARIAS	DIRECCION DE MAXIMA INTENSIDAD	VALOR MAXIMO DE LA INTENSIDAD LUMINOSA ADMISIBLE EMITIDA A:	
		90°	80°
Cut - off	0 - 65°	10 cd/1000 lm*	30 cd/1000 lm*
Semi Cut-off	0 - 75°	50 cd/1000 lm*	100 cd/1000 lm*
Non Cut - off	------	1000 cd	----------

Fuente: Manual de Alumbrado PHILIPS

NOTA: Hasta un máximo de 1000 cd, sea cual fuere el flujo luminoso de la fuente.

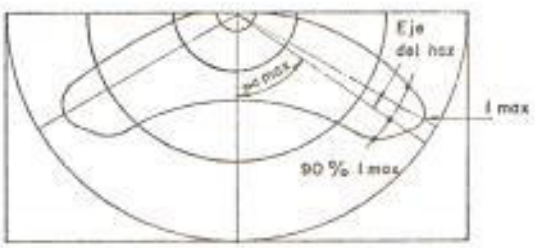
SISTEMA NUEVO DADO PARA LA CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS UTILIZADAS EN ALUMBRADO PUBLICO PROPORCIONADO POR LA CIE:

Esta clasificación se basa en tres características básicas de la luminaria que son:

- ALCANCE:

  Se lo denomina alcance a la extensión de la emisión luminosa a lo largo de la vía.

  El alcance queda determinado por el ángulo de elevación del rayo central αmax, éste es el ángulo medio entre los dos ángulos obtenidos para la emisión equivalente al 90 % de la intensidad máxima del plano que pasa por el máximo, como se muestra en la siguiente figura.



Se definen tres grados de alcance como son:

α max. $< 60°$ alcance corto

$60° \leq \alpha$ max. $\leq 70°$ alcance intermedio

α max. $> 70°$ alcance largo

FIGURA Nº 3.9.

FIGURA POLAR DE INTENSIDAD EN EL PLANO DE INTENSIDAD LUMINOSA MAXIMA CON INDICACION DEL ANGULO α MAX PARA DETERMINAR EL ALCANCE DE LA LUMINARIA.

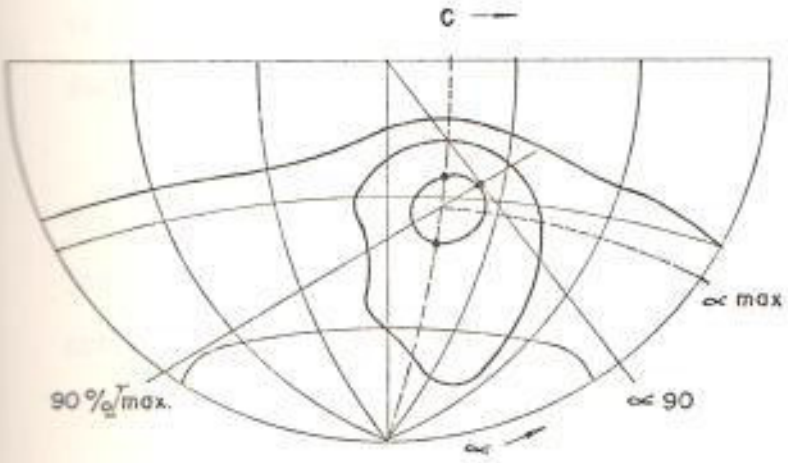


Fig. 3 - 10 a. Diagrama isocandela relativo en proyección azimutal (sinusoidal) con indicación de los ángulos ∝ max. y ∝ 90 para la determinacion del alcance y el avance.

- AVANCE:

Se lo denomina avance a la cantidad de luz incidente sobre la vía en el sentido transversal.

El avance queda determinado por la posición de la línea paralela al eje de la vía, que corta la curva isocandela correspondiente al 90 % de la intensidad máxima sobre la vía.

Dos líneas pueden ser encontradas tomando la más alejada de la luminaria y su posición se indica - con α 90.

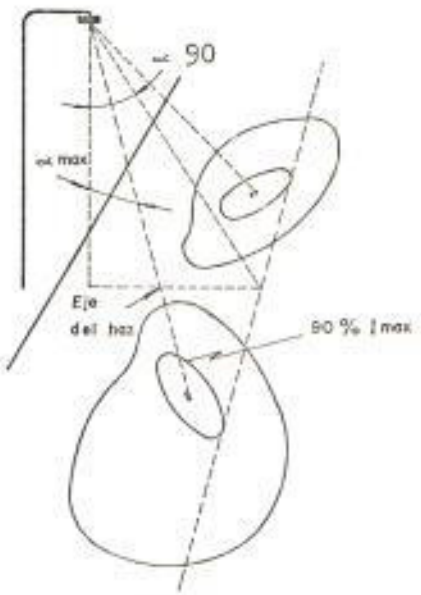


FIGURA Nº 3.10.

DIAGRAMA ISOCANDELA RELATIVO PROYECTADO EN LA CALZADA QUE INCLUYE UNA INDICACION DEL ANGULO α 90 PARA LA DETERMINACION DEL AVANCE.

Los tres grados de avance se definen como siguen:

α 90 < 45° avance estrecho

45 $\leq \alpha$ 90 $\leq$ 55° avance medio

α 90 > 55° avance ancho

- CONTROL (SLI) DEL DESLUMBRAMIENTO:

Se lo determina por el índice específico de la luminaria, calculado por la siguiente expresión:

$$SLI = 13.84 - 3.31 \text{ Log}(I80) + 1.3 \text{ Log } (I\ 80/I\ 88)^{0.5}$$
$$0{,}08 \text{ Log } (I\ 80/I\ 88) \div 1.29 \text{ Log } (F) + C.$$

Donde:

I 80 = intensidad luminosa en el ángulo de elevación de 80° en la dirección paralela al eje de la vía. (candelas)

I80/I88 = radio de la intensidad luminosa entre 80° y 88°

F = Area proyectada de la superficie luminosa de la luminaria en la dirección de 76°(mt^2)

C = factor de color

Baja presión sodio	+ 0.4
Otras fuentes	0.0

Los tres grados de control son definidos:

SLI < 2 restringido

2 ≤ SLI ≤ 4 moderado

SLI > 4 no controlado

TABLA Nº 3.9.

RESUMEN DEL SISTEMA DE CLASIFICACION DE LA CIE

ALCANCE		AVANCE		CONTROL	
Corto	α max < 60°	Estrecho	α 90 < 45	Limitado	SLI < 2
Intermedio	60° ≤αmax≤70°	Medio	45≤ α90≤55	Moderado	2 ≤ SLI ≤4
Largo	α max>70°		α 90 > 55	Intenso	SLI > 4

Fuente: Manual de Alumbrado PHILIPS

3.3.2. Rendimiento de las luminarias

El rendimiento de una luminaria depende esencialmente de sus características.

Se lo define como la relación del flujo luminoso emitido por la luminaria al flujo total -

emitido por la lámpara desnuda.

Se lo representa por la letra R.

$$R = \frac{\text{Flujo de la luminaria}}{\text{Flujo de la lámpara desnuda}} \quad (\%)$$

En la práctica el rendimiento de las luminarias es del orden del 60 % al 75 %.

CAPITULO IV

PARAMETROS QUE INCIDEN EN EL CALCULO DEL ALUMBRADO DE VIAS PUBLICAS

El alumbrado de calidad de calles y avenidas, no sólo procu ra condiciones de seguridad para los conductores, sino que también proporciona una mayor seguridad para los peatones . Realza el valor comunitario de una calle por su aspecto - atractivo, el cual se refleja normalmente en valores más ele vados de la propiedad.

Las calles bien iluminadas también actuan como impedimento - de la actividad criminal.

Los niveles de iluminación aceptados en alumbrado de vías públi- cas son muchos más bajos que otros utilizados en diversos tipos de iluminación, ya que la tarea visual del usuario - no está tan exigida y lo que se pretende es llegar a ni veles de iluminación que permitan visualizar con mucho menor detalles los objetos en las vías públicas.

Para satisfacer todas las necesidades requeridas y realizar

un alumbrado público verdaderamente efectivo es necesario - tener muy presente las siguientes consideraciones:

4.1. ZONA DE LA VIA A ILUMINARSE

Para iniciar un proyecto de alumbrado de vías públicas es muy importante recopilar toda la información correspondiente a las características de la vía donde se va a ejecutar el trabajo.

Las características principales a saber son:

- Dimensión de la vía
- Ubicación de la vía
- Constitución de la vía
- Tipo de vía
- Flujo y velocidad de automotores
- Flujo peatonal, etc.

4.2. SELECCION DE LUMINARIAS

El diagrama de distribución de la intensidad luminosa - (candela) es una de las primeras consideraciones que se debe tener en cuenta, atendiendo al sistema de - iluminación elegido, para la elección de la luminaria.

El rendimiento de una luminaria no es un factor de compa-

ración entre ellas, si no producen el mismo tipo de control luminoso. En cambio si resulta importante - comparar entre sí luminarias que tengan el mismo - tipo de control y de ellas será procedente elegir - aquella de mayor eficacia.

Las luminarias deberán satisfacer las condiciones de luminancia máxima admisibles.

La construcción mecánica ha de atender al hecho de ser lo suficientemente resistentes para soportar el manipuleo y para soportar los accesorios y las fuentes de luz.

Se debe tener previsto un fácil recambio de la fuente de luz y de cualquiera de sus accesorios, así mismo permitir comodidad para realizar su limpieza.

La apariencia externa de la luminaria atenderá al criterio del proyectista para que armonice con el criterio general adoptado para la vía.

Las luminarias de distribución asimétricas son las de mayor aplicación en alumbrados en calles y carreteras ya que ofrecen un mayor aprovechamiento de flujo luminoso en dirección longitudinal que transversal.

4.3. DETERMINACION DEL NIVEL MEDIO DE ILUMINACION

Cada asociación nacional de luminotécnicos, hace sus propias recomendaciones y normas, por eso es necesario revisarlas y renovarlas cada cierto tiempo.

En la práctica resulta que todos los países europeos recomiendan iluminaciones prácticamente parecidas, mientras que en E.E.U.U., los niveles de iluminación recomendados son mayores que los europeos.

En vista de esta diferencia, los especialistas han insistido siempre en que los valores recomendados constituyan un compromiso técnico y económico, frente a lo que sería para la vista.

El criterio para determinar los valores de iluminación, está dado en función de la capacidad visual. Esta capacidad visual se determina de acuerdo al tamaño de los detalles, del objeto a percibir, la relación del contraste entre el objeto y el fondo, y al tiempo - de percepción.

Los niveles de iluminación aconsejados están dados en las tablas del Anexo.

4.4. ALTURA DEL MONTAJE DE LA LUMINARIA Y SEPARACION ENTRE ELLAS

La altura (h) de las luminarias, se define como la altura del centro geométrico de la luminaria del nivel de la calzada.

Dos consideraciones son de mayor importancia para la determinación de la altura óptima de montaje.

- Minimizar el deslumbramiento directo de la luminaria.
- Una distribución razonable de la iluminación sobre la superficie de la calle.

Cuando la luminaria está montada más alta, provoca menor deslumbramiento lo cual permite instalar lámparas de mayor potencia luminosa por punto de luz, hay mejor distribución de luminancia sobre la calzada y se puede conseguir mayor separación entre punto de luz, ayudando con ésto a reducir el número de unidades luminosas y el costo total de la instalación.

Surgen algunos inconvenientes como es la dificultad del mantenimiento, el factor de utilización disminuye por cuanto - gran parte del flujo luminoso emitido incide fuera del área a iluminar.

Algunos valores de altura recomendables del punto de luz en función de la potencia luminosa instalada se encuentran en el Anexo.

SEPARACION O INTERDISTANCIAS DE LAS LUMINARIAS

La separación entre luminarias (D) de un alumbrado público, es la distancia comprendida entre dos luminarias sucesivas, medidas según el eje de la vía.

La determinación de las interdistancias entre luminarias guardan un gran compromiso con la altura del montaje y la relación de uniformidad del alumbrado.

En la actualidad de la tecnología del alumbrado, la interdistancia varía practicamente entre 20 y 60 metros.

Valores aconsejados de interdistancia con respecto a la altura de montaje se encuentran en la tabla (A,5) del Anexo.

4.5. LONGITUD DEL BRAZO PORTA - LUMINARIA

Este brazo sirve para suspender las luminarias, y están montados sobre postes o edificios.

Los brazos porta-luminarias están construídos por un ensamble de tubos metálicos o de perfiles soldados.

La longitud del brazo porta - luminaria es la distancia entre la base del poste o del edificio y la ubicación de la luminaria prolongada en la base.

La longitud es determinada de acuerdo sean las características de la calle, ya sean anchas o cortas y de las luminarias.

4.6. DISTRIBUCION DE LAS LUMINARIAS

Hay algunas formas de disponer las luminarias sobre las vías públicas que dependen del ancho de ellas.

4.6.1. Disposición Unilateral

Se utilizan en ésta disposición cuando el ancho de la vía por iluminar es inferior a la altura de las luminarias.

En calles angostas son muy utilizadas, pues representan gran economía en el costo de las líneas de alimentación.

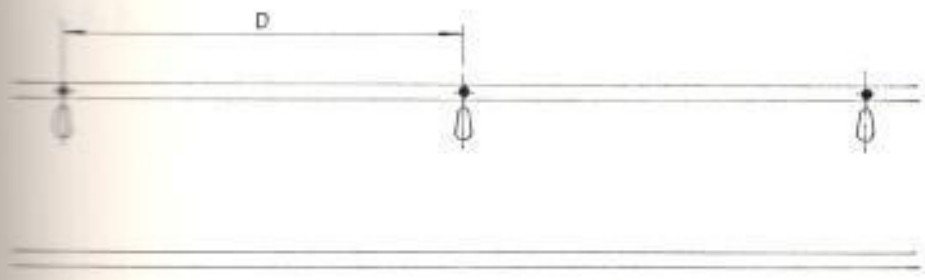


FIGURA Nº 4.1.

DISPOSICION UNILATERAL

4.6.2. Disposición Bilateral alternada o al tres bolillo

En estas disposiciones son utilizadas, generalmente cuando el ancho de la calle es igual o menor al doble de la altura de la instalación prevista.

Es decir cuando la calle es medianamente ancha. En esta disposición se debe seleccionar una interdistancia conveniente para evitar el efecto del serpenteo.

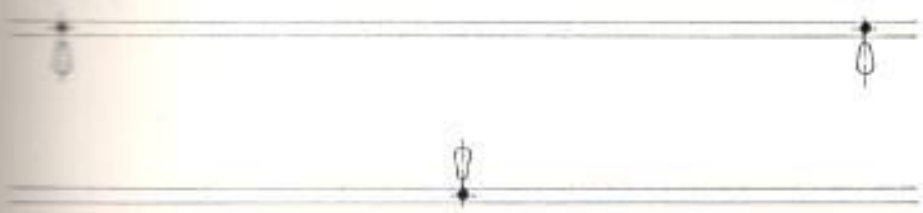


FIGURA Nº 4.2.

DISPOSICION BILATERAL ALTERNADA O AL TRES BOLILLO

4.6.3. Disposición Bilateral Opuesta

Esta disposición es recomendada para vía donde el ancho de la calle es superior a la altura de la fuente, es decir para anchuras superiores a las recomendadas para la disposición al tres- bolillo.

Esta disposición asegura en efecto una buena - repartición de las manchas brillantes sobre la calzada.

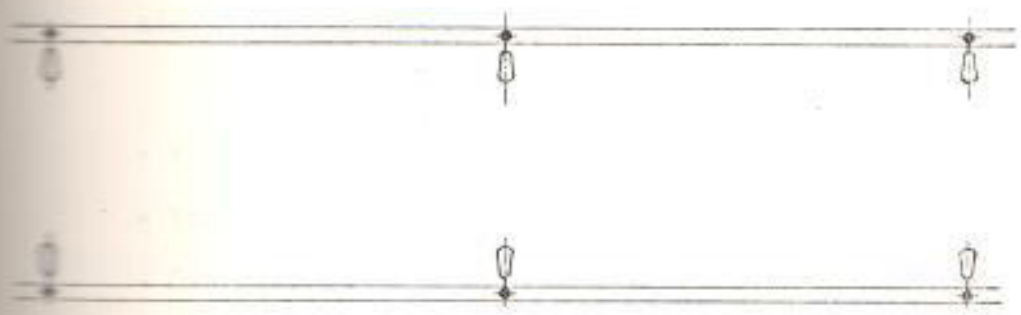


FIGURA Nº4.3.

DISPOSICION BILATERAL OPUESTA

4.6.4. Suspendida en la mitad de la vía

En esta disposición se usan generalmente con luminarias suspendidas de cables.

Presentan una serie de inconvenientes de los cuales se enumeran las siguientes:

- Las luminarias en el centro de la calle pueden ocasionar el deslumbramiento del automovilista, por su falta de estabilidad bajo la acción del viento.

- El personal de mantenimiento se expone a grandes peligros.

Por todas estas razones se recomienda esta disposición sólo en casos especiales como son:

- Vías muy estrechas de barrios antiguos
- Vías arborizadas antiguas
- Calles que tienen edificios de ambos lados, que permitan la suspensión de las lámparas.

4.6.5. Disposición Central con Brazo Doble

En esta disposición son utilizadas cuando se tienen vías de dos calzadas.

Pueden realizarse algunas combinaciones y se

la trata como si fueran de una sola calzada independiente.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Dpto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. P07-062

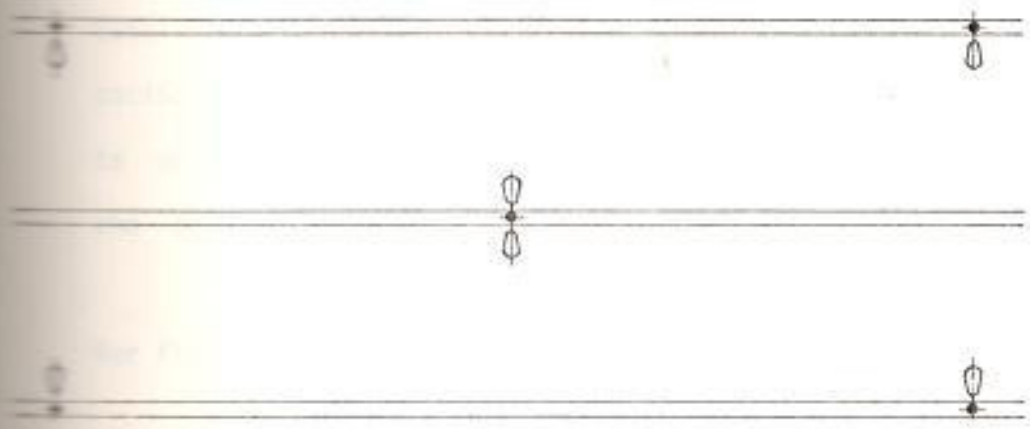


FIGURA Nº 4.4.

DISPOSICION CENTRAL CON BRAZO DOBLE

4.3. COEFICIENTE DE UTILIZACION Y CONSERVACION

Se lo define como la relación entre el flujo útil y el flujo nominal emitido por la lámpara instalada.

$$Fu = \frac{\text{Flujo útil sobre la calzada}}{\text{Flujo total de la lámpara}}$$

- Flujo total:

Es el flujo luminoso emitido por la lámpara.

- Flujo útil:

Es el flujo luminoso que recibe el plano del trabajo que será siempre menor que el total emitido.

Este factor se lo obtiene de las curvas de utilización de las luminarias facilitadas por el fabricante de ellas que vienen expresadas en función del ancho de la calle.

Ver figura Nº 4.5.

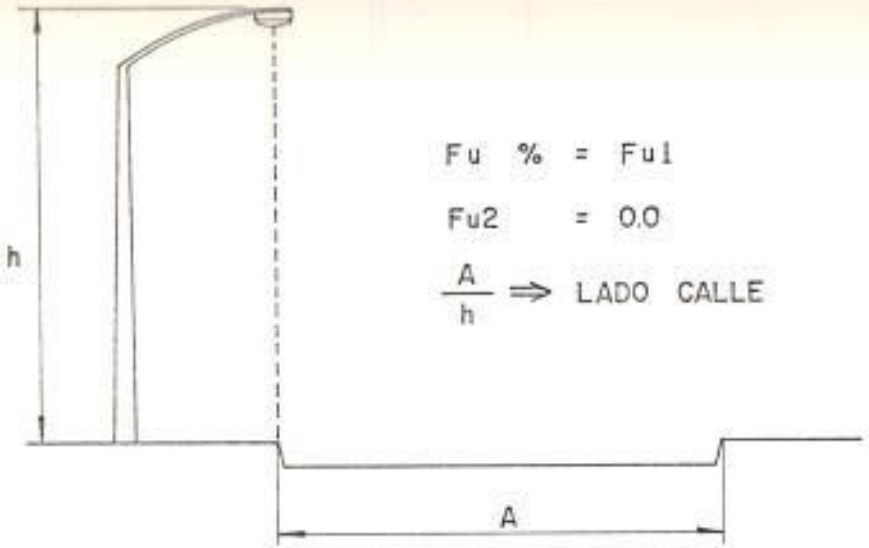
COEFICIENTE DE CONSERVACION

Se lo define como la relación entre la iluminancia media en el plano de trabajo después de que una instalación de alumbrado ha estado en uso durante un período especificado y la iluminancia media de una nueva instalación en las mismas condiciones.

El factor de conservación puede considerarse como el producto de dos factores: uno debido a la reducción del flujo luminoso de la lámpara y otro debido a la acumulación de suciedad sobre el punto de luz.

Fc = (Fc1). (Fc2)

Cuando no se disponen de datos sobre estos factores, se utilizan los datos de la tabla 1.7 y 1.8 del anexo.



Fu % = Ful

Fu2 = 0.0

$\frac{A}{h}$ ⇒ LADO CALLE

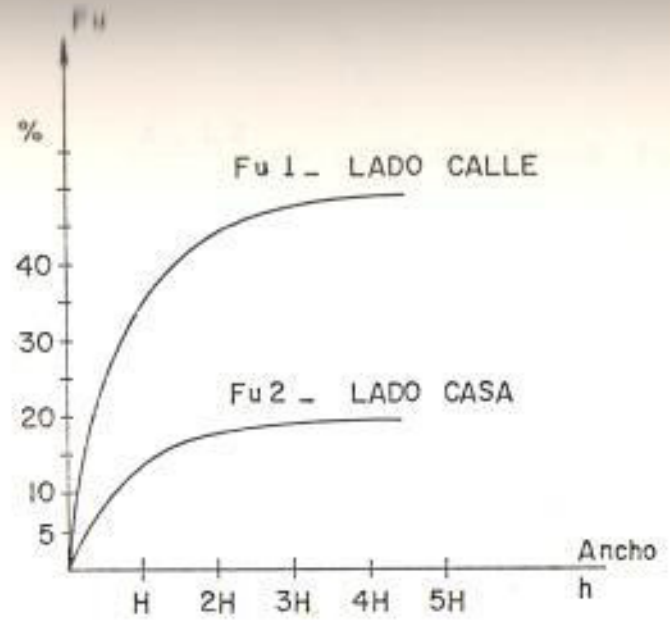
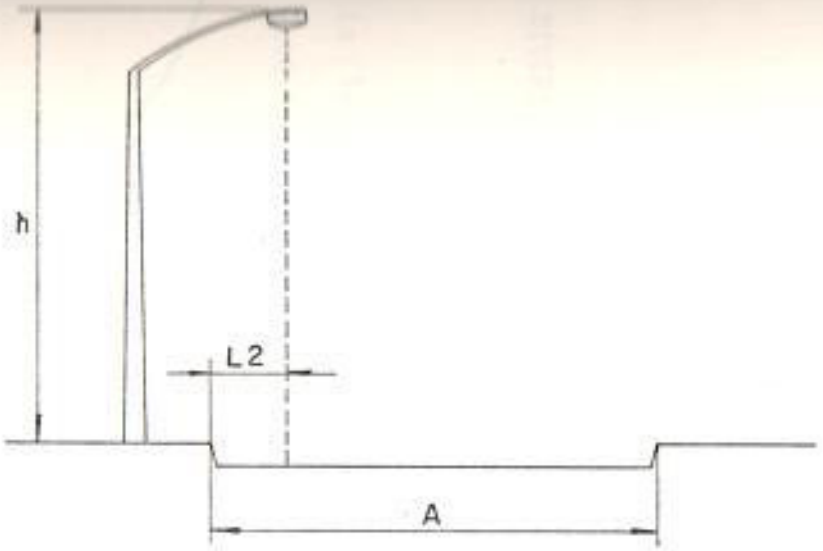


FIGURA Nº 4.5.

DIVERSAS FORMAS QUE SE PRESENTAN EN EL CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION



$\frac{A - L2}{h} \Rightarrow$ LADO CALLE $\Longrightarrow$ Fu1

$\frac{L2}{h} =$ LADO CASA $\Longrightarrow$ Fu2

Fu % = Fu1 + Fu2

FIGURA Nº 4.6.

DIVERSAS FORMAS QUE SE PRESENTAN EN EL CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

La luminaria está sobre la acera a L2 de la calzada.

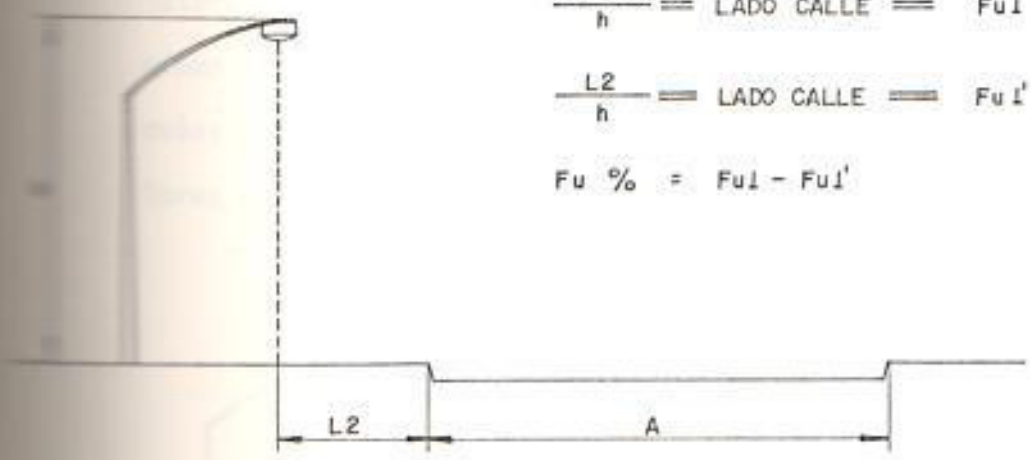


FIGURA Nº 4.7.

DIVERSAS FORMAS QUE SE PRESENTAN EN EL CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

La luminaria ilumina la calzada con el flujo de atras y está localizada a L2 de la calzada.

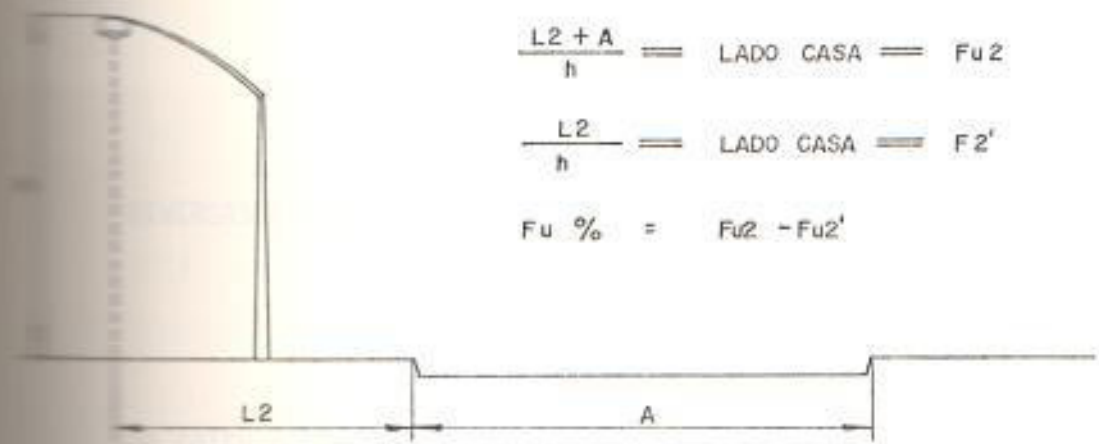


FIGURA Nº 4.8.

DIVERSAS FORMAS QUE SE PRESENTAN EN EL CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

Localización bilateral alternada con diferentes L2.

El cálculo es idéntico al realizado en la localización unilateral, suponiendo todas las luminarias localizadas del mismo lado con relación al otro, se deben efectuar dos cálculos y el coeficiente (Fu) será el promedio de los dos valores encontrados.

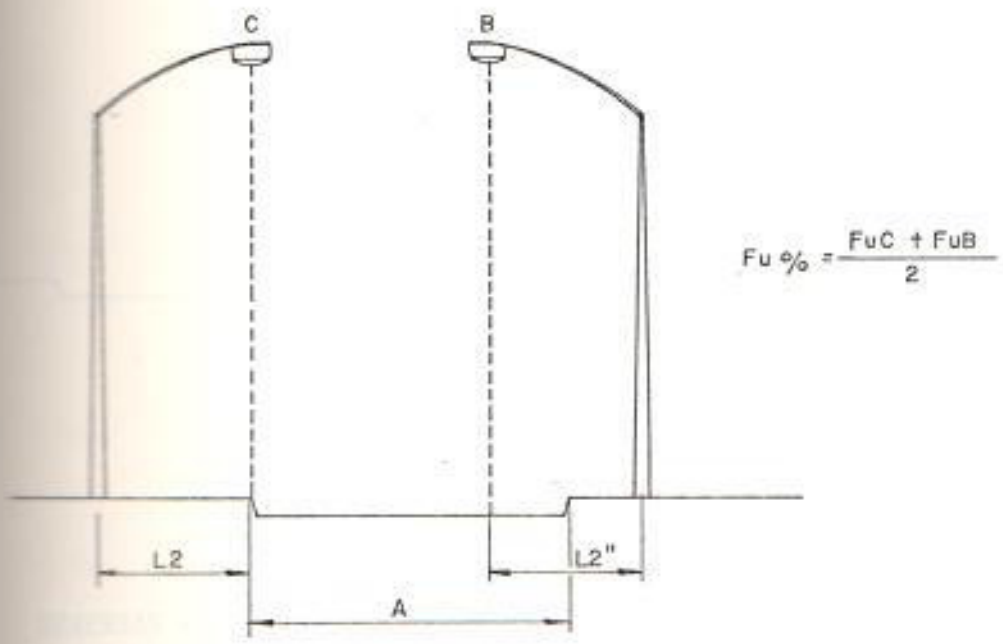


FIGURA Nº 4.9.

DIVERSAS FORMAS QUE SE PRESENTAN EN EL CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

Se calcula separadamente el coeficiente de utilización de cada luminaria.

Localización central doble.

El coeficiente (fu) será igual a:

$$Fu = \frac{(Fu)C + (Fu)B}{2}$$

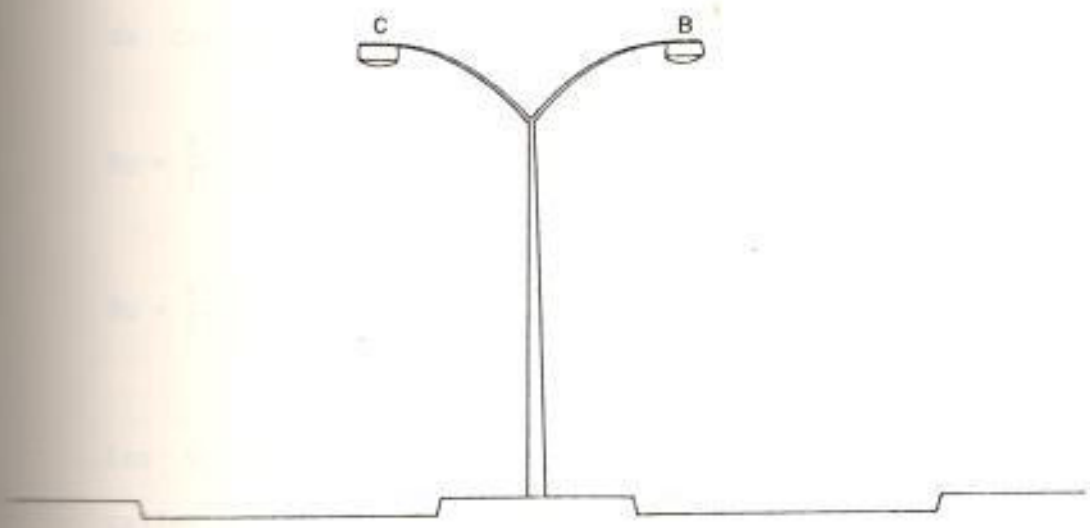


FIGURA Nº 4.10.

DIVERSAS FORMAS QUE SE PRESENTAN EN EL CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

4.8. FACTOR DE UNIFORMIDAD

Es la medida de la variación de iluminancia en un plano, se lo expresa con las letras Ru.

Se lo define como la razón de la iluminancia mínima a

la máxima o también como la razón de la iluminancia mínima a la media.

En algunos países se utilizan valores inversos a lo dicho anteriormente, por lo que la uniformidad queda caracterizada por valores mayores que la unidad.

$$R_u = \frac{E\ mínima}{E\ media}$$

$$R_u = \frac{E\ mínima}{E\ máxima}$$

Los valores de uniformidad para diversos tipos de calles se los da en la tabla (A.1) y (A.2) del Anexo.

EL BRILLO

La calidad de una buena instalación de alumbrado se reconoce fundamentalmente por la relación de luminancia con que las personas la han de percibir.

Cada material tiene de acuerdo a las características de su superficie su propia textura, color y también su propio coeficiente de reflección.

En consecuencia según como la energía luminosa incida so

bre la superficie a iluminar y según la forma como los observadores vean esa superficie, se presentan diferencias de brillo o luminancia, las cuales no deben superar ciertos límites para no causar molestias al observador.

Seleccionando un buen apantallamiento de las luminarias una altura de suspensión adecuada se puede evitar en gran proporción el deslumbramiento dando así mayor elasticidad en la etapa de proyecto.

En general se puede decir que el apantallamiento debe ser más riguroso para calzada con tráfico denso, en zonas urbanizadas donde se hallan presente vidriería, letreros luminosos, etc.

TABLA Nº 4.1.

FACTORES DE CONVERSION PARA DIVERSAS UNIDADES DE BRILLO

	Candela por cm^2	Candela plg^2.	Lamberts	Mili-lamberts
Candela por cm^2	1	6,45	3,14	3.140
Candela por $pulg^2$	0,155	1	0,487	487
Lamberts	0,318	2,054	1	1.000
Mililamberts	0,000318	0,00205	0,001	1

CAPITULO V

MÉTODOS PARA EL CALCULO DE ILUMINACION

Los métodos para el cálculo del alumbrado público de ma yor utilización son los siguientes:

5.1. CALCULO BASADO EN EL METODO DE LOS LUMENES

Por medio de éste método se permite determinar median te un proceso sencillo el nivel de iluminación medio en la zona o vía a iluminarse, suministrado por un - cierto número de luminarias, donde es muy importante tener presente la disposición de ellas, las dimensio- nes de la zona, y demás características de la vía que determinan una variación en el aprovechamiento de la intensidad de iluminación producida por la fuente luminosa.

Se aplica la siguiente expresión:

$$E\,med = \frac{(\emptyset).(Fu).(Fc)}{(A)\ .\ (D)}$$

De donde:

E med = iluminancia media en (lux) necesaria de la zona a iluminarse.

$\emptyset_T$ = lumenes totales requeridos para dicha zona que son proporcionadas por las luminarias.

Fu = factor de utilización (obtenido de las curvas - de utilización correspondiente a la luminaria y lámpara elegida que son proporcionadas por el fabricante.

A = ancho de la calzada en metros

D = distancia entre dos puntos de luz consecutivos - en dirección longitudinal dados en metros.

Fc = (Fc1) . (Fc2)

Fc1 = factor debido a la reducción del flujo luminoso de la lámpara.

Fc2 = factor debido a la acumulación de suciedad sobre la luminaria.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Para usar el método de los lumenes en la resolución de un problema de alumbrado público, se deben seguir los siguientes pasos:

PASO I

Recopilación de datos de la vía que se va a iluminar como son:

Dimensiones: Longitud de la vía (L) en metros

Ancho de la vía (A) en metros

Características: Tipo de vía

Constitución de la vía

Intensidad del tráfico vehicular

Velocidad del tráfico, etc.

PASO II

Determinación del nivel de iluminación y relación de uniformidad aconsejados:

Con ayuda de las tablas A.1, A.2, y A.3 del Anexo, se puede determinar estos parámetros según el tema de que se trate.

PASO III

Elección de luminarias, fuentes luminosas:

Conocido el nivel medio de iluminación aconsejado, es posible conocer el flujo luminoso total, requerido por dicha - zona, para lo cual se requiere inicialmente una fuente que

cumpla con éste propósito, hasta no realizar la verificación y ratificar o rectificar dicha elección.

Luego es posible definir el tipo de luminaria que apriori mejor se adapte al proyecto en estudio, para ello se tendrá en cuenta factores tales como: condiciones de trabajo, curva de distribuciones de intensidades, control del deslumbramiento.

La fuente luminosa seleccionada deberá cumplir los requerimientos de lúmenes , cromatizidad espectral, mantenimiento, y que presente ser económica.

La altura de montaje será seleccionada de acuerdo a la tabla A.4. Por consiguiente es necesario considerar las estructuras resistentes adecuadas a la solución propuesta.

PASO IV

Selección de la interdistancia entre los puntos de luz:

Con ayuda de la tabla A.5 se puede obtener los valores aconsejados.

PASO V

Disposición de los puntos de luz:

Se puede determinar la disposición de los puntos de luz con

ayuda de la tabla A.6.

PASO VI

Determinación del factor de utilización:

Con ayuda de las curvas de utilización de las luminarias y las relaciones:

$$\text{Lado - calle} = \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}}$$

$$\text{Lado - casa} = \frac{\text{distancia transversal}}{\text{altura de montaje}}$$

Se obtiene el factor de utilización teniendo en - cuenta las diferentes disposiciones de luminarias.

PASO VII

Determinación del factor de conservación:

El factor de conservación se lo obtiene de los datos proporcionados por el fabricante, o utilizando las tablas: A.7 y A.8.

PASO VIII

Análisis de la iluminación obtenida por una luminaria y lámpara tipo para un sector significativo del conjunto:

De la expresión descrita anteriormente se puede obte

mer la siguiente:

$$\emptyset_T = \frac{(E\ med)\ .\ (A)\ .\ (D)}{(Fu)\ .\ (Fc)}$$

Que nos dá una herramienta para hacer un análisis de la iluminación requerida por dicha zona.

PASO IX

Ajuste y verificación:

Si el valor del ($\emptyset_T$) se encuentra en un rango menor - que el proporcionado por la lámpara seleccionada se dice que la solución es considerada válida.

En caso contrario hay que realizar variaciones tanto en la lámpara como en los otros parámetros.

Luego de la evaluación y los ajustes que se propongan será necesario volver a realizar una nueva verificación.

La solución está limitada por las condiciones de oferta - del mercado, pero en rango no demasiado amplio.

CALCULO BASADO EN EL METODO PUNTO POR PUNTO

Este método está basado en la ley de los inversos

de los cuadrados, en la que la intensidad del flujo luminoso es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente de luz al punto de medida.

Se requiere de las siguientes expresiones:

$$E_\alpha = \frac{I}{d^2}$$

$$E = E_\alpha \ Cos_\alpha \qquad \text{Ley de Cosenos}$$

y de las curvas polares de distribución fotométricas de las luminarias.

Con estas expresiones se puede determinar el nivel de iluminación en un punto cualquiera de la zona a iluminarse.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Este método está basado en una sucesión de pasos que se detallan a continuación:

PASO I

Recopilación de datos de la vía que se va a iluminar.

PASO II

Determinación del nivel de iluminación y relación de uniformidad aconsejado.

PASO III

Elección de luminarias, y fuentes luminosas y altura del punto de luz.

PASO IV

Selección de la interdistancia entre los puntos de luz.

PASO V

Disposición de los puntos de luz

Estos cinco pasos están detallados en el METODO DE LOS LUMENES.

PASO VI

Análisis de la iluminancia obtenida por una luminaria tipo.

Para tener más claridad de este tópico,se detallará a continuación la metodología de la utilización de las curvas fotométricas.

Las curvas fotométricas vienen dadas en los diferentes planos verticales cuando la luminaria no es simétrica en caso

contrario vendrá representada por una sola curva.

Cuando se requiere conocer el nivel de iluminación en un determinado punto, se requiere la curva dada para el plano que pase por ese punto. Luego se trazan paralelas a la dirección del punto de luz con el punto seleccionado, se toma el dato que corresponde a la intensidad luminosa en esa dirección.

Cuando el punto no coincide con la vertical, sino que forma un ángulo, entonces el nivel de iluminación será calculado basado en dicho ángulo de incidencia.

En la siguiente figura se desea calcular el nivel de iluminación (E) de los puntos: P1 - P2 - P3 - P4, que se encuentran en el plano vertical AA, y el punto P5 que se encuentra en el plano vertical BB , y un punto P6 que se encuentra localizado en un punto intermedio a estos dos planos.

Se dan las curvas fotométricas correspondientes a estos dos planos y se procede al cálculo de la intensidad luminosa que corresponde para cada punto.

$$E\,\alpha_1 = \frac{I_{\alpha 1}\ \mathrm{Cos}\ \alpha 1}{d_1^2}$$ Curva AA

$$E_{\alpha 2} = \frac{I_{\alpha 2} \cos \alpha 2}{d_2^2} \qquad \alpha_2 = 0 \qquad \text{Curva AA o BB}$$

$$E_{\alpha 3} = \frac{I_{\alpha 3} \cos \alpha 3}{d_3^2} \qquad \text{Curva AA}$$

$$E_{\alpha 4} = \frac{I_{\alpha 4} \cos \alpha 4}{d_4^2} \qquad \text{Curva AA}$$

$$E_{\alpha 5} = \frac{I_{\alpha 5} \cos \alpha 5}{d_5^2} \qquad \text{Curva BB}$$

Como no se dispone de la curva para el plano donde se encuentra ubicado el punto P6, se lo realiza mediante la interpolación de datos de las curvas más cercanas a este plano.

$$E_{\alpha 6} = \frac{I_{\alpha 6} \cos \alpha 6}{d_6^2} \qquad \text{Interpolación entre las curvas AA con BB}$$

De donde:

E_α = nivel de iluminación en lux para la dirección

I_α = intensidad luminosa en candela para el ángulo

d = distancia en metro desde el punto a la fuente luminosa.

α = ángulo de emisión formado por el rayo incidente.

Para el análisis de la iluminancia obtenida por una luminaria tipo, se calcula la iluminación que se obtendrá con esta sola luminaria para el sector que la misma afecte, y luego se extrapola ese resultado para varias luminarias.

La iluminación total de un punto cualquiera en un plano será en definitiva, la suma de las iluminaciones que provengan de las luminarias cercanas y también de las relativamente lejanas.

Luego, aplicando las fórmulas explicadas anteriormente se puede determinar para cualquier punto el valor del nivel de iluminación en lux (E) debido a esa luminaria.

Cuando se conoce la altura de montaje la formula a aplicar se convierte en:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h^2}$$

De donde:

E = iluminación en lux

I_{α} = intensidad de emisión de la luminaria en la dirección α en candela.

α = ángulo de emisión o de incidencia cuando se trata de planos horizontales.

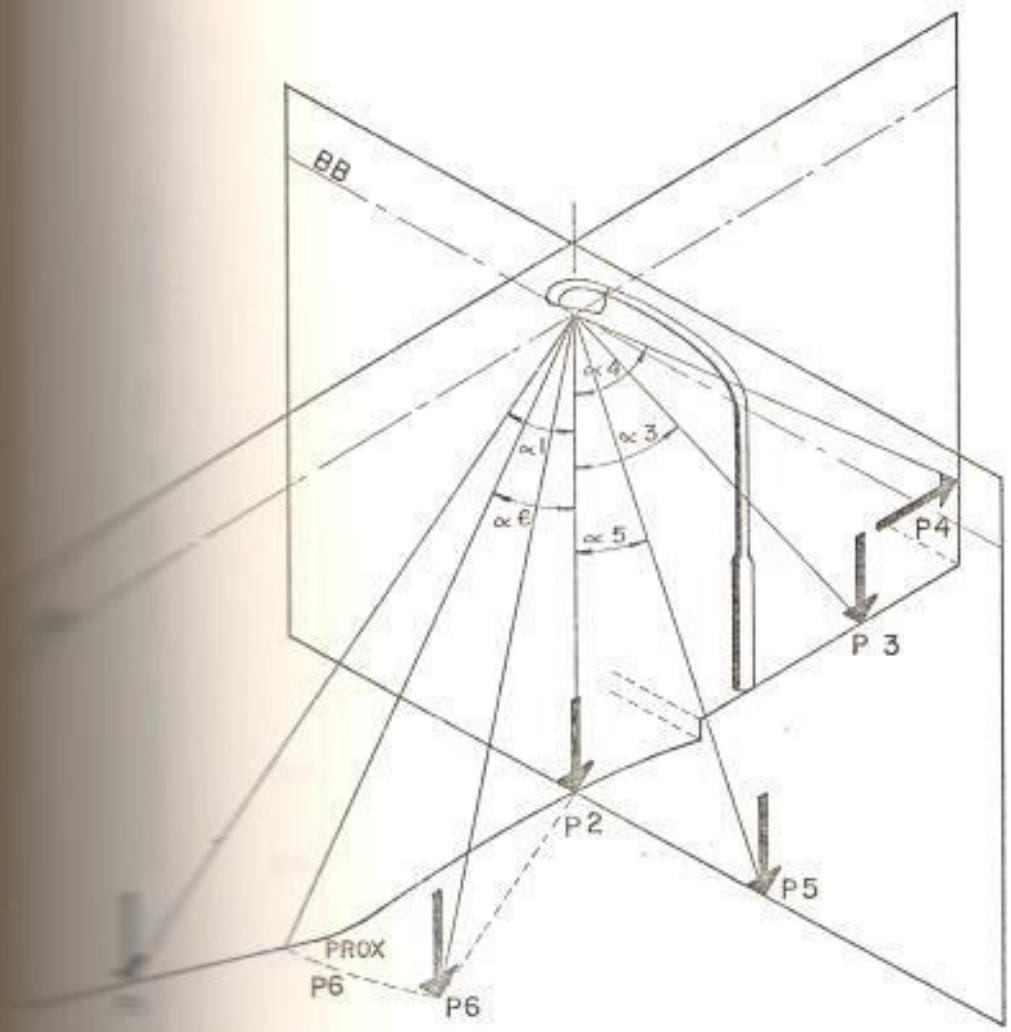


FIGURA Nº 5.1.

DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION PARA LOS PUNTOS DESCRITOS

CURVA DE DISTRIBUCION LUMINOSA DE UNA LUMINARIA

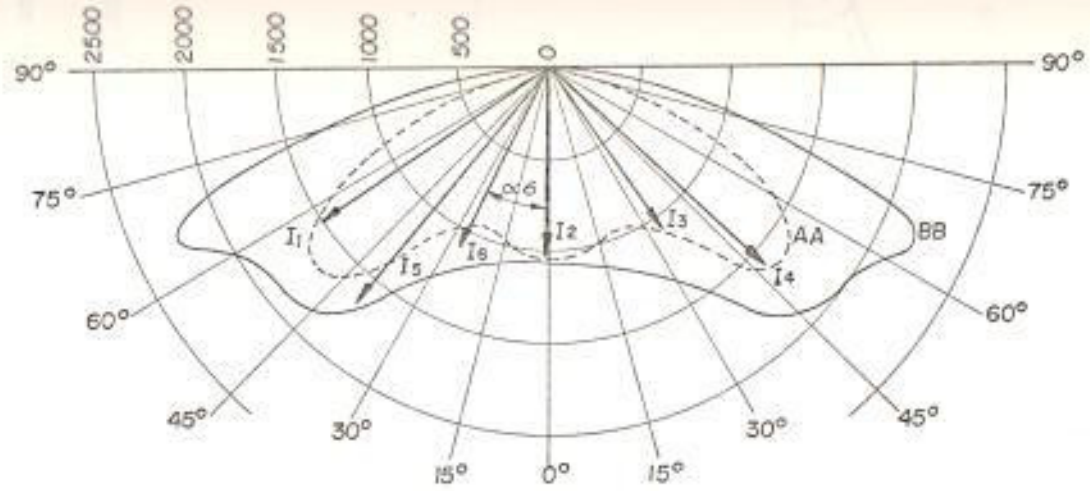


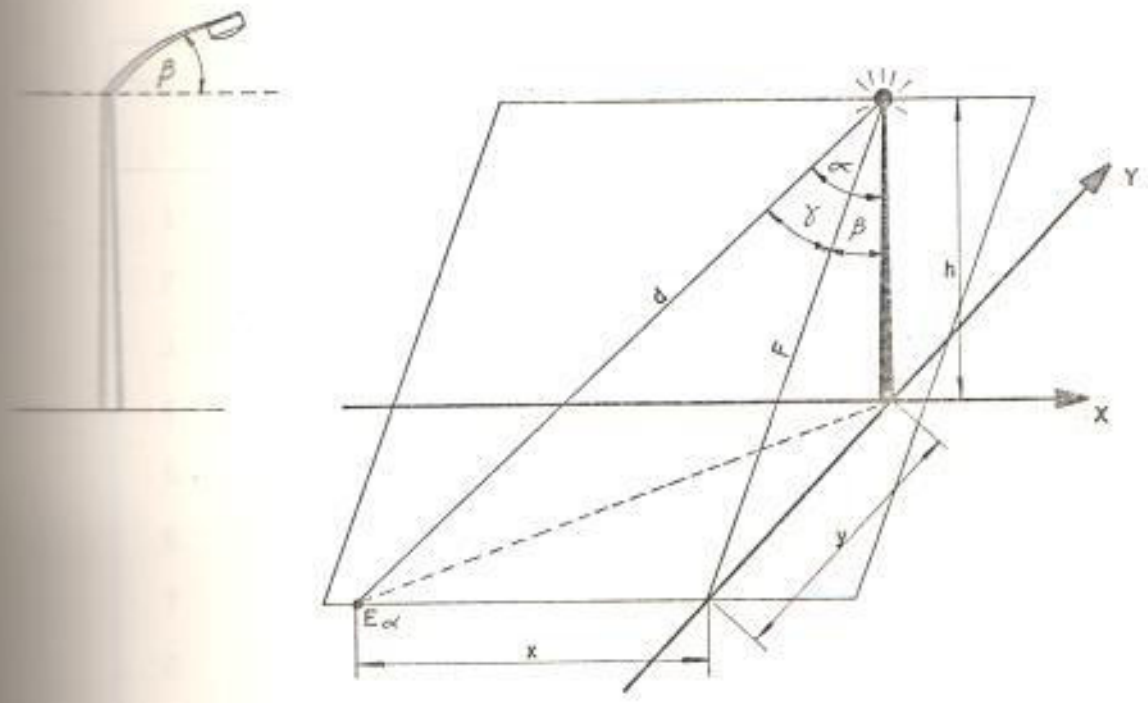
FIGURA Nº 5.2.

CURVA DE DISTRIBUCION LUMINOSA DE UNA LUMINARIA

h = altura de la luminaria sobre el plano a iluminar en metros.

Cuando la luminaria es montada formando un ángulo - (β) con la horizontal la fórmula se convierte en:

$$E_\alpha = \frac{I_\alpha}{h^3} \quad \cos^3 \gamma \cos^3 \beta$$



$$\cos \beta = \frac{h}{F}$$

$$\cos \gamma = \frac{F}{d} \qquad d = \sqrt{x^2 + F^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{d} \qquad \cos \beta \cdot \cos \gamma = \frac{h}{F} \cdot \frac{F}{d} = \frac{h}{d}$$

$$\cos \alpha = \cos \beta \cdot \cos \gamma$$

FIGURA Nº 5.3.

LUMINARIA MONTADA CON UN ANGULO DE INCLINACION

PASO VII

Análisis de la iluminación obtenida por todas las luminarias incidentes sobre un sector significativo del conjunto:

De lo visto anteriormente, se puede generar una planilla tal como se indica a continuación:

TABLA Nº 5.1.

PUNTO	LUMINARIAS INCIDENTES				Σ E
	A	B	C	D	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

PLANILLA DE ILUMINACION OBTENIDA POR LAS LUMINARIAS INCIDENTE EN UN SECTOR SIGNIFICATIVO POR EL METODO PUNTO POR PUNTO.

En esta planilla se van colocando para cada punto escogido el valor de iluminación que le corresponderá a causa de cada luminaria, luego se suman cada renglón horizontal, donde se obtiene el valor total de iluminación debido a todas las luminarias incidentes.

Es muy importante saber seleccionar los puntos para ahorrar cálculos repetidos debido a que guardan cierta simetría con respecto a un eje.

En la siguiente página, en la figura Nº 5.4., se seleccionan nueve puntos, de acuerdo a las diferentes disposiciones de las luminarias.

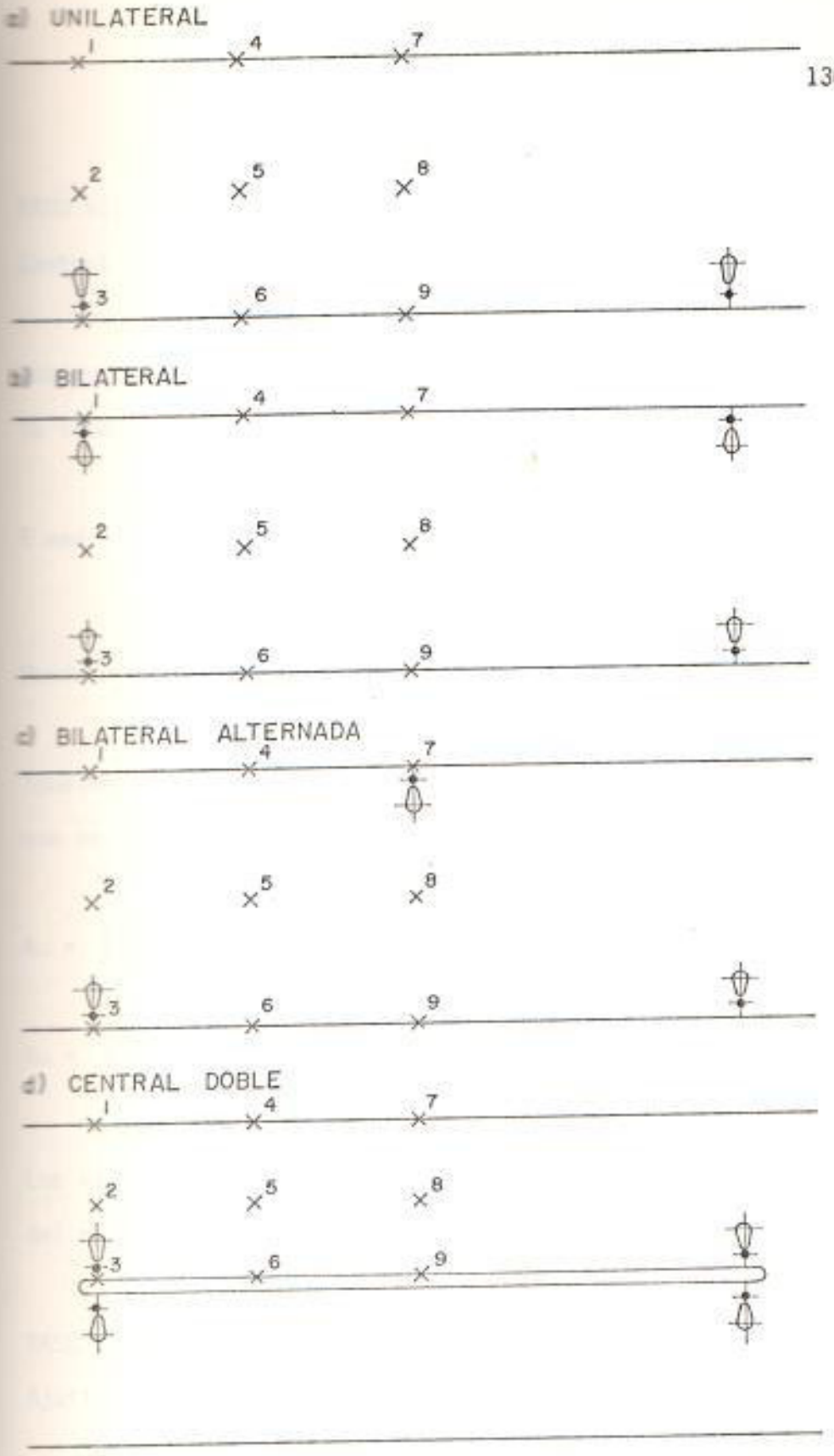


FIGURA Nº 5.4.

SELECCION DE LOS NUEVE PUNTOS CRITICOS PARA LAS DIFERENTES DISPOSICIONES DE LAS LUMINARIAS.

PASO VIII

Control del resultado:

Una vez que se obtiene la tabla Nº 5.1, se puede determinar la iluminación media con ayuda de la siguiente expresión:

$$E\ med = \frac{E1 + E2 + \text{----------} + En}{n}$$

Donde n es el número de puntos seleccionados.

Igualmente se puede determinar la relación de uniformidad que se consigue con la ayuda de la expresión:

$$Ru = \frac{E\ min}{E\ max} \qquad \text{ó}$$

$$Ru = \frac{E\ min}{E\ med}$$

Los valores de E med y de Ru deben encontrarse dentro del rango aconsejado por las normas.

PASO IX

Ajuste y verificación:

Si el, (E med) y el, (Ru) no se encuentran dentro de los límites admisibles, habrá que hacer correcciones en los parámetros de diseños así:

Si el (E med) resultare mayor o menor que el aconsejado - por las normas, pero el Ru se encuentran en los rangos admisibles, hay que hacer posibles correcciones disminuyendo o aumentando el flujo luminoso a instalar por luminaria.

Si el caso fuera a la inversa es decir que el (E med) se encuentra dentro del rango aconsejado, pero el (Ru) está fuera de los límites aconsejados, se podrá corregir esta situación modificando en algún caso la separación entre luminarias o tal vez modificando la altura de montaje - de la fuente luminosa o en algún caso se podrá realizar ambos movimientos.

Por esta razón la fórmula para el cálculo de la interdistancia tiene su flexibilidad.

Después de cualquier cambio que se logre hacer, es necesario volver a producir una nueva verificación siguiendo los pasos antes dichos.

Este es un método bastante exacto pero muy lento y laborioso.

5.3. METODO GRAFICO UTILIZANDO CURVAS ISOLUX

Las curvas Isolux son aquellas que unen todos los puntos

que tienen el mismo valor de nivel de iluminación en Lux, estas curvas son proporcionadas por el fabricante de la luminaria, que vienen dadas en función de la altura de montaje y tomando como referencia 1000 (lm) de la lámpara. En los cálculos es necesario hacer las conversiones pertinentes de acuerdo a los datos proporcionados para el diseño.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Este método está basado en una sucesión de pasos que se detallan a continuación:

PASO I

Recopilación de datos de la vía que se va a iluminar

PASO II

Determinación del nivel de iluminación y relación de uniformidad aconsejado.

PASO III

Elección de la luminaria y fuente luminosa

PASO IV

Selección de la interdistancia entre los puntos de luz.

El espaciamiento entre luminarias se lo logra mediante la siguiente expresión:

$$D = \frac{(\emptyset_T) \cdot (Fu) \cdot (Fe)}{(A) \cdot (Emed)}$$

De donde los parámetros que se indican en esta expresión fueron detallados en el método de los lúmenes.

$\emptyset_T$ = lúmenes totales iniciales de la lámpara seleccionada

Fu = factor de utilización calculado mediante las curvas de utilización.

Fc = factor de conservación

Emed= nivel de iluminación media exigida para ésta vía.

A = ancho de la vía en metros.

El valor de la distancia determinada por esta fórmula no es tan rígida, ya que su valor será variado dependiendo si la (Ru) y el (E med) no se encuentran dentro de los límites aconsejados por las normas.

PASO V

Disposición de los puntos de luz:

Estos cinco pasos fueron detallados en el método de los lúmenes.

PASO VI

Análisis de la iluminancia obtenida por una luminaria tipo:

Se seleccionan los nueve puntos analizados anteriormente de

acuerdo al tipo de disposiciones de las luminarias.

Para cada punto se calcula las relaciones transversales y longitudinales con respecto a la altura de montaje de la fuente luminosa, y con éste par ordenado se lo lleva a las curvas Isolux, el valor que se lee en ellas es la contribución en pies - candela de cada fuente.

PASI VII

Análisis de la iluminación obtenida por todas las luminarias incidentes sobre un sector significativo del conjunto:

Con lo dicho en el paso VI se puede general la siguiente planilla como se indica a continuación:

TABLA Nº 5.2.

PLANILLA DE ILUMINACION OBTENIDA PARA LAS LUMINARIAS INCIDENTES EN UN SECTOR SIGNIFICATIVO POR EL METODO UTILIZANDO - CURVAS (ISOLUX.)

PUNTOS DE PRUEBA		LUMINARIAS CONTRIBUYENTES				Σ E
		A	B	C	D	
P_1	R_T					
	R_L					
	E_1					E_{1T}
P_2	R_T					
	R_L					
	E_2					E_{2T}

En donde:

RT = Relación distancia transversal por altura de montaje.

RL = Relación distancia longitudinal por altura - de montaje.

E1T,E2T,..E9T= Iluminación total en ese punto.

PASO VIII

Control del resultado:

Con la ayuda de la tabla Nº 5.2., se determina el valor del nivel de iluminación mínimo, que luego hay que corregirlo para llevarlo a los valores reales.

Igualmente con la ayuda de esta tabla se calcula el valor de la iluminación media mediante la siguiente expresión:

$$E\ med=\frac{1}{4}\ E5 + \frac{1}{8}\ (E2 + E4 + E6 + E8)+\frac{1}{16}\ (E1 + E3 + E7 + E9)$$

FACTORES DE CORRECCION

$$\text{Factor de la lámpara (FL)}= \frac{\text{Lumenes de la lámpara actual}}{1.000\ \text{lm.}}$$

Factor de corrección de la altura de montaje (Fh)

$$Fh = \frac{(Mh)^2}{(Mh)^2} = \frac{\text{altura de montaje de la curva}}{\text{altura de montaje deseado}}$$

Las curvas siempre vienen dadas a 1.000 lm y 30 pies.

Las expresiones corregidas quedan determinadas de la siguiente forma:

$$E\ min - real = E\ min.\ (FL)\ .\ (Fh)\ .\ (FM)$$

$$E\ med - real = E\ med.\ (FL)\ .\ (Fh)\ .\ (FM)$$

De donde:

E min - real	= el valor de la iluminación real mínima
E min	= el valor obtenido de las curvas
FL	= factor de la lámpara
Fh	= factor de la altura de montaje
FM	= factor de mantenimiento
E med-real	= valor de la iluminación media real
E med	= valor obtenido por las curvas

Con los valores corregidos se procede a determinar la relación de uniformidad.

$$Ru = \frac{E\ min - real}{E\ max - real}$$

$$Ru = \frac{E\ min - real}{E\ med - real}$$

PASO IX

Ajuste y verificación:

Los valores de E med y la relación de uniformidad deberán estar dentro de los límites admisibles aconsejados por las normas, en caso contrario habrá que hacer correcciones de los parámetros de diseños como son: altura de montaje de la fuente de luz, interdistancia entre luminarias, selección de nueva fuente luminosa, etc.

Cualquier corrección que se logre hacer, es necesario volver a producir una nueva verificación siguiendo los pasos indicados por este método.

El ajuste y verificación se lo realiza de la misma manera para los tres métodos.

5.4. RESUMEN RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Para resumir la metodología en el cálculo de iluminancia - de vías públicas se realizará mediante un ejemplo tipo para cada método.

EJEMPLO Nº 1

TEMA: Iluminación de una calle por el método de los lúmenes

PASO I

Recopilación de datos de la vía que se va a iluminar.

Dimensiones: Ancho de calle (A) = 10 mt.

Longitud de la vía (L) = 1.500 mt.

Características: La vía es de una sola calzada y de dos aceras laterales sin vegetación, limitadas por edificios con alturas medias.

Intensidad media horaria del tráfico 2.400 vehículos/hora, con tráfico de peatones denso.

PASO II

De acuerdo con el tema y con ayuda de la tabla Nº A.1., se determina el nivel medio de iluminación y la relación de uniformidad.

E med = 30 lux

$$Ru = \frac{E\ min}{E\ med} = 0,30$$

PASO III

Elección de luminarias:

Se selecciona una luminaria tipo hermética de distribución asimétrica ANSI/IES TIPO II - MEDIO NON CUTOFF.

Se preveen lámparas de vapor de mercurio color corregido de 400 vatios, con un flujo luminoso de 23.000 lúmenes.

Altura del punto de luz:

Con ayuda de la tabla Nº A.4., para una fuente de 23.000 lúmenes le corresponde una altura de montaje h = 9 metros.

PASO IV

Selección de la interdistancia entre los puntos de luz:

De acuerdo a la tabla A.5., se tiene para E med = 30 lux, le corresponde una relación separación/altura de (2-3,5).

Se escoge el valor de 2,3

D/h = 2,3.

D = 2,3. (h)

D = 2,3.(9) = 20 metros.

PASO V

Disposición de los puntos de luz:

La tabla A.6., aconseja que para R = h/A = 9/10 = 0,9, el tipo de disposición adecuado es el del bilateral al tresbo lillo.

PASO VI

Determinación del factor de utilización:

Con ayuda de las curvas de utilización de las luminarias y

las relaciones siguientes:

$$\text{Lado calle} = \frac{10-1,9}{9} = 0,9$$

Lado casa = 1,9/9 = 0,2

Se selecciona un brazo portalámpara de 2,50 metros y la base del poste dista 0,60 metros del borde de la calzada.

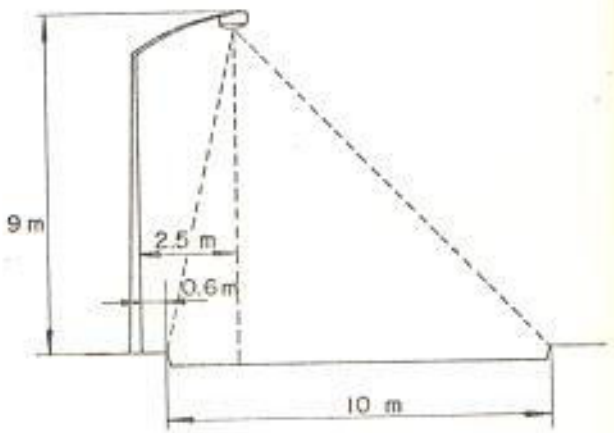


FIGURA Nº 5.5.

CURVA DE UTILIZACION PARA LUMINARIA TIPO

Para relación lado - calle 0,9 le corresponde en la curva lado - calle un valor de FU1 = 0,32.

Para relación lado casa 0,2 le corresponde en la curva lado casa un valor de FU2 = 0,05, luego el valor del factor de utilización total será:

FU total = FU1 + FU2

= 0,32 + 0,05

= 0,37

PASO VII

Determinación del factor de conservación:

El factor de conservación se obtiene utilizando la tabla Nº A.7 y A.8.

FC = (0,82) (0,87) = 0,71

PASO VIII

Flujo total requerido para un sector significativo de la zona seleccionada.

$$\phi_T = \frac{(E\ med)\ .\ (A).\ (D)}{(Fu)\ .\ (Fc)}$$

$$\phi_T = \frac{(30\ lux)\ .\ (10\ mt)\ .\ (20\ mt)}{(\ 0,37).\ (0,71)} = 22.840$$

PASO IX

Verificación:

El valor del flujo total requerido por el sector seleccionado es de 22.840 que es menor al proporcionado por la lámpara seleccionada, lo que nos dice que la solución es considerada válida.

EJEMPLO Nº 2

TEMA: Iluminación de una vía pública por el método punto por punto.

PASO I

Recopilación de datos de la vía que se va a iluminar:

Dimensiones: Ancho de calle (A) = 20 mt.
Ancho de vereda = 4 mt.

Características: La vía está formada por un pavimento - claro, con una intensidad media horaria del tráfico mayor de 1.200 vehículos/hora.

La vía es de una sola calzada con dos aceras laterales sin vegetación.

PASO II

Determinación del nivel medio de iluminación y la relación - de uniformidad:

Se aconseja un nivel medio de iluminación = 18 lux y una

relación de uniformidad.

RU = E min/E med = 1/1,5 = 0,67

Datos proporcionados por la tabla A.9.

PASO III

Elección de luminarias, fuente de luz y altura de montaje:

Se selecciona una luminaria tipo hermética de distribución asimétrica ANSI/IES TIPO II - MEDIO - NON CUTOFF, cuyas características fotométricas están indicadas en la curva de distribución polar referida a candelas para cada 1.000 lúmenes.

Se propone el uso de lámparas de vapor de mercurio de alta presión, color corregido, modelo estandard de 400 vatios, con un flujo luminoso inicial de 11.500 lúmenes y con un rendimiento luminoso igual a 51 lm/vatios.

Altura del punto de luz:

Se proporcionan postes de una altura de doce metros para suspender las lámparas, con un portalámpara de 2 metros de longitud.

PASO IV

Selección de la interdistancia entre los puntos de luz:

De acuerdo a la tabla A.5., se tiene para E med = 18 lux y para una altura de montaje = 12 mt., una relación seleccionada de separación/altura de 2,08.

Se obtiene:

D = (2,08).(h)
= (2,08).(12)
= (25) mt.

PASO V

Disposición de los puntos de luz:

La tabla A.6., aconseja que para la relación altura del punto de luz/ancho de la calzada.

Relación = 12/20 = 0,6 que corresponde al tipo de disposición bilateral variadas.

PASO VI

Análisis de la iluminación obtenida por las luminarias en los nueve puntos seleccionados:

Para un análisis demostrativo se asume que las únicas lámparas que intervienen en contribuir a la iluminación de los puntos seleccionados son las lámparas descritas en el

dibujo que a continuación se detalla pero para un diseño es necesario realizar el cálculo de todas las lámparas que intervienen en dicho sector.

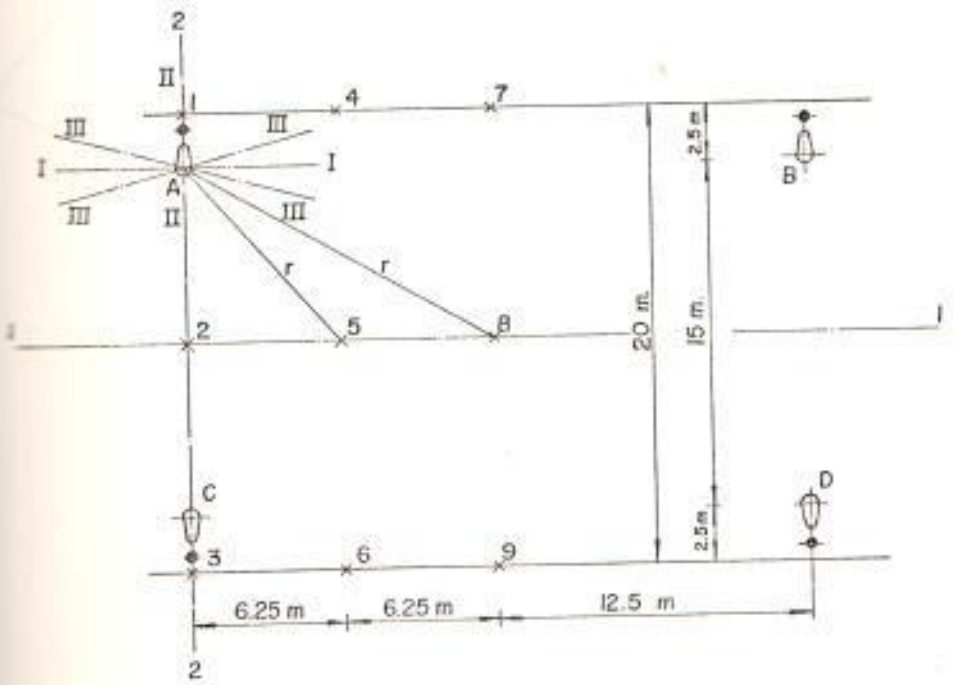


FIGURA Nº 5.6.

REPRESENTACION DE LOS PLANOS VERTICALES DE LAS CURVAS FOTOMETRICAS PARA UNA LAMPARA TIPO .

En unas tablas se recopilan los siguientes parámetros como son:

El ángulo de incidencia de los rayos luminosos para los diferentes puntos en el plano horizontal.

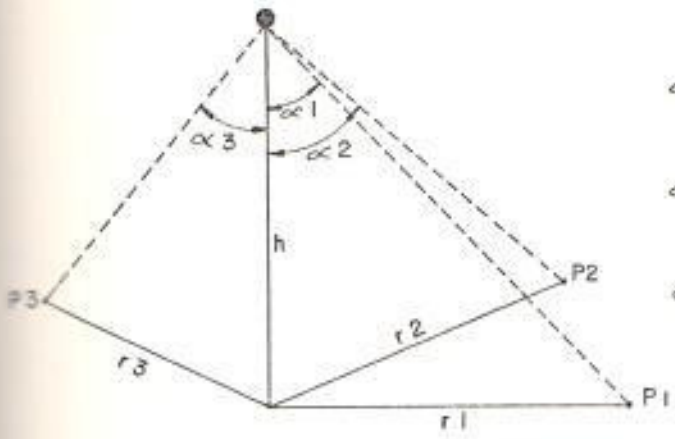


FIGURA Nº 5.7.

OBTENCION DEL ANGULO α PARA DIFERENTES PUNTOS

El valor de la intensidad luminosa I_α en candela obtenida de las curvas. El resultado del nivel de iluminación obtenido mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{I_\alpha \, Cos^3 \alpha}{h^2}$$

El factor de corrección K obtenido de la siguiente forma:

$$K = \frac{\text{flujo de la lámpara}}{1.000 \text{ lm}}$$

Llamado también factor de lámpara.

El nivel de iluminación corregido con ayuda del factor de lámpara.

$Ec = K.E$

Estas tablas son obtenidas para cada una de las luminarias contribuyentes.

TABLA Nº 5.3.

LUMINARIA A

PUNTO	r (mt)	tg α =r/h	α	Cos^3 α	Iα (cd)	E α (lux)	K 11.500 / 1.000	Ec = K.E α
1	2,5	0,21	11,77	0,94	230	1,5	11,5	17,25
2	7,5	0,63	32,01	0,61	230	0,97	11,5	11,16
3	17,5	1,46	55,56	0,18	140	0,18	11,5	2,07
4	6,73	0,56	29,29	0,66	235	1,08	11,5	12,42
5	9,73	0,81	43,47	0,47	180	0,59	11,5	6,79
6	18,58	1,55	63,49	0,16	180	0,20	11,5	2,30
7	12,75	1,06	51,93	0,32	160	0,36	11,5	4,14
8	14,58	1,22	56,16	0,26	180	0,33	11,5	3,8
9	21,51	1,79	67,6	0,12	220	0,18	11,5	2,07

APORTE DE LA ILUMINACION DE LA LUMINARIA A PARA UN SECTOR SIGNIFICATIVO

METODO PUNTO POR PUNTO.-

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Depto. de Ingeniería Eléctrica
BIBLIOTECA
Inv. No. POT-062

TABLA Nº 5.4.

LUMINARIA B

	r m/t	tgα = (r/h)	α	$Cos^3\alpha$	I α (cd)	E α (lux)	K 11.500 / 1.000	Ec = K.E α
	25,12	2,09	71,63	0,08	205	0,11	11,5	1,27
	26,10	2,18	72,56	0,071	180	0,09	11,5	1,04
	30,52	2,54	76,15	0,05	300	0,10	11,5	1,15
	18,92	1,58	64,02	0,15	280	0,29	11,5	3,34
	20,19	1,68	65,86	0,13	285	0,26	11,5	2,99
	25,65	2,14	72,14	0,08	250	0,14	11,5	1,61
	12,75	1,06	51,93	0,32	160	0,36	11,5	4,14
	14,58	1,22	56,16	0,26	170	0,31	11,5	3,57
	21,51	1,79	67,6	0,12	200	0,17	11,5	1,96

DE LA ILUMINACION DE LA LUMINARIA B PARA UN SECTOR SIGNIFICATIVO .

PUNTO POR PUNTO.

TABLA Nº5.5.

LUMINARIA C

PUNTO	r (mt)	tg = α (r/h)	α	$Cos^3 \alpha$	I α (cd)	E α (lux)	K 11.500 / 1.000	Ec = K.E α
1	17,5	1,46	55,56	0,18	140	0,18	11,5	2,07
2	7,5	0,63	32,01	0,61	230	0,97	11,5	11,16
3	2,5	0,21	11,77	0,94	230	1,5	11,5	17,25
4	18,58	1,55	63,49	0,16	180	0,20	11,5	2,30
5	9,76	0,81	43,47	0,47	180	0,59	11,5	6,79
6	6,73	0,56	29,29	0,66	235	1,08	11,5	12,42
7	21,51	1,79	67,6	0,12	220	0,18	11,5	2,07
8	14,58	1,22	56,16	0,26	180	0,33	11,5	3,8
9	12,75	1,06	51,93	0,32	160	0,36	11,5	4,14

Aporte de la iluminación de la luminaria C para un sector significativo Método punto por punto.

TABLA Nº5.6.

LUMINARIA D

PUNTO	r (mt)	tg α = r/h	α	$Cos^3 \alpha$	I α (cd)	E α (lux)	K 11.500 / 1.000	Ec = K.E α
1	30,52	2,54	76,15	0,05	300	0,10	11,5	1,15
2	26,10	2,18	72,56	0,07	180	0,09	11,5	1,04
3	25,12	2,09	71,63	0,08	205	0,11	11,5	1,27
4	25,65	2,14	72,14	0,08	250	0,14	11,5	1,61
5	20,19	1,68	65,68	0,13	285	0,26	11,5	2,99
6	18,92	1,59	64,02	0,15	280	0,29	11,5	3,34
7	21,51	1,79	67,6	0,12	200	0,17	11,5	1,96
8	14,58	1,22	56,16	0,26	170	0,31	11,5	3,57
9	12,75	1,06	51,93	0,32	160	0,36	11,5	4,14

Aporte de la iluminación de la luminaria D para un sector significativo. Método punto por punto.

PASO VII

Iluminación total obtenida en cada punto por todas las luminarias incidentes en él.

Con las tablas anteriores se puede resumir en una nueva planilla los valores de iluminación total para cada punto .

TABLA Nº 5.7.

PLANILLA DE ILUMINACION TOTAL PARA LAS LUMINARIAS INCIDENTES DEL EJEMPLO TIPO PUNTO POR PUNTO

PUNTO	LUMINARIAS INCIDENTES					E (lux)	
	A	B	C	D	-		
1	17,25	1,27	2,07	1,15	-	21,74	
2	11,16	1,04	11,16	1,04	-	24,40	máx.
3	2,07	1,15	17,25	1,27	-	21,74	
4	12,42	3,34	2,3	1,61	-	19,67	
5	6,79	2,99	6,79	2,99	-	19,56	
6	2,3	1,61	12,42	3,34	-	19,67	
7	4,14	4,14	2,07	1,96	-	12,31	mín.
8	3,8	3,57	3,8	3,57	-	14,75	
9	2,07	1,96	4,14	4,14	-	12,32	

PASO VIII

Control del resultado:

Se calcula el nivel de iluminación media con la siguiente expresión:

$$Emed = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5 + E6 + E7 + E8 + E9}{9}$$

$$Emed = \frac{21,74+ 24,40+ 21,74+ 19,67+ 19,56+ 19,67+ 12,31+ 14,75+ 12,32}{9}$$

$$Emed = 18,46 \text{ lux}$$

$$RU = \frac{Emin}{Emed} = \frac{12,31}{18,4}$$

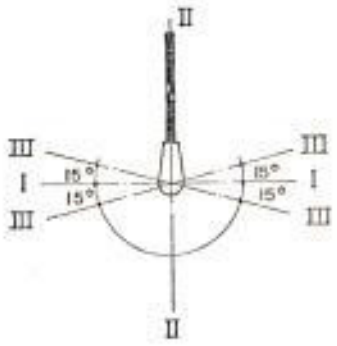
$$RU = 0,67$$

PASO IX

Verificación:

Los valores de Emed y RU obtenidos se encuentran en los límites recomendados por las normas por tal razón, la solución es considerada válida.

CURVA POLAR DE DISTRIBUCION DE INTENSIDAD EN CANDELAS PARA 1000 LM



Relación de transformación se calcura con la fórmula :

$$T = \frac{\text{Flujo total de la lámpara a usar}}{1000}$$

Para lámpara a vapor de mercurio color corregido, alta presión de 400 W. con 11.500 LUM.

$$T = \frac{11.500}{1000} = 11.5$$

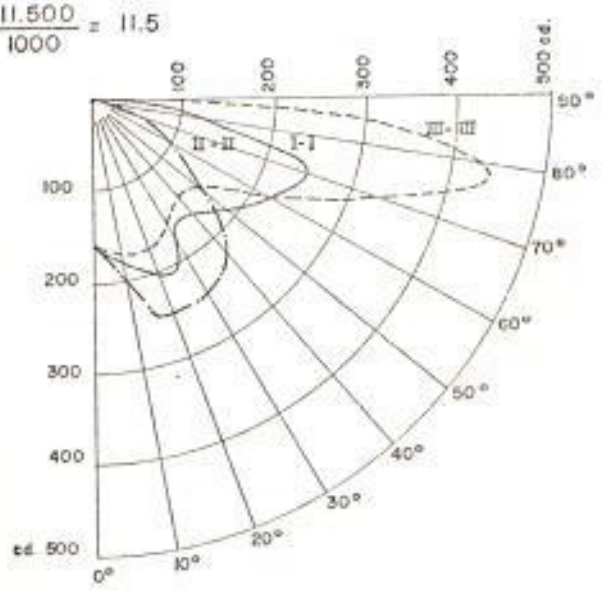


Fig. 5-8

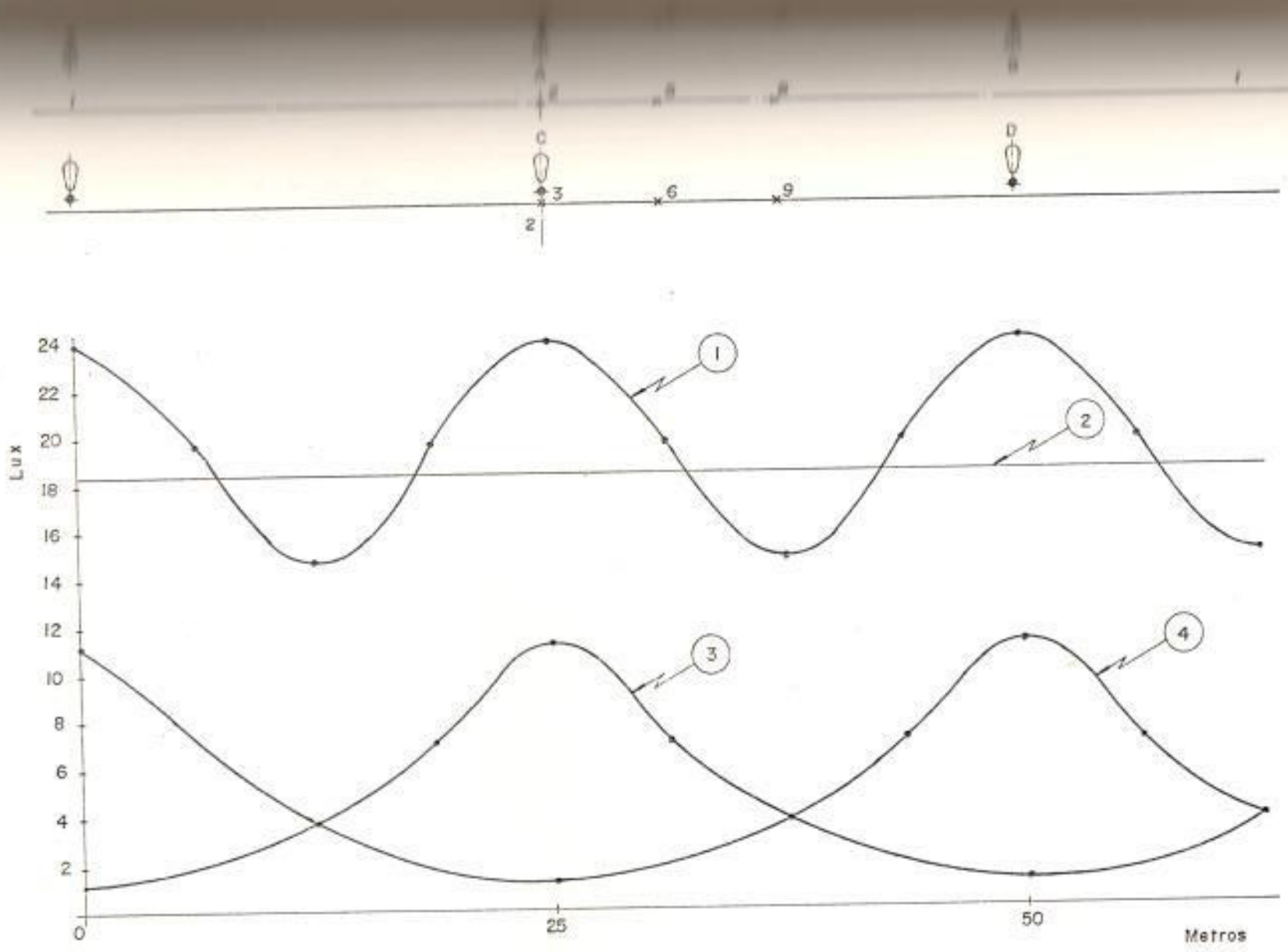


Fig. 5 - 9 : Curvas de iluminación para ejemplo tipo (punto por punto)

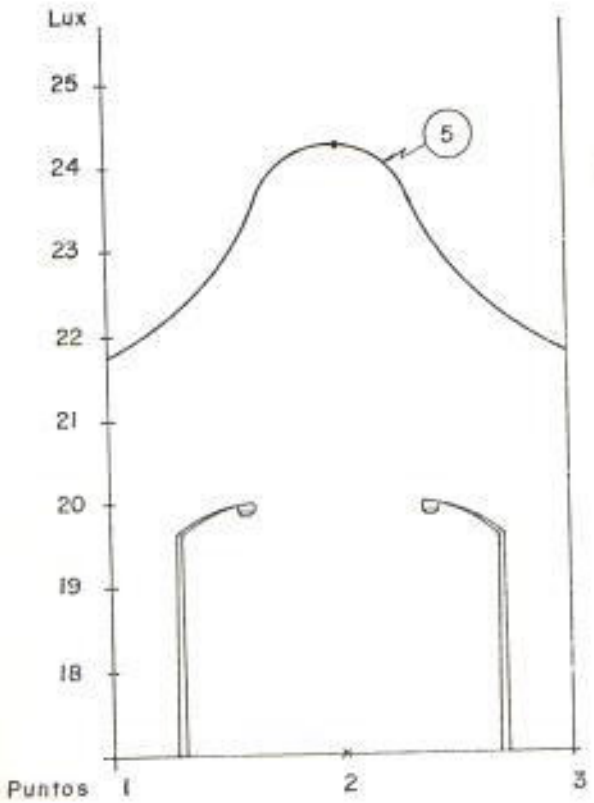


Fig. 5-9a

CURVAS DE ILUMINACION PARA EJE 2-2

1.- Curva de iluminación total para eje 1-1 de luminarias A + B + C + D .....

2.- Curva de iluminación media Emed = 18.4 Lux

3.- Curva de iluminación para eje 1-1 de luminarias A o C

4.- Curva de iluminación para eje 1-1 de luminarias B o D

5.- Curva de iluminación total para eje 2-2

EJEMPLO Nº 3

TEMA: Iluminación de una vía pública por el método gráfico utilizando las curvas Isolux.

PASO I

Recopilación de datos de la vía que se va a iluminar:

DIMENSIONES: Ancho de calle (A) = 15 mt.
Ancho de vereda = 2 mt.

CARACTERISTICAS: La intensidad del tráfico vehicular es mayor de 1.200 vehículos por hora.

La vía está formada de una sola calzada con dos aceras laterales sin vegetación.

PASO II

Determinación del nivel medio de iluminación y la relación de uniformidad:

Para este tipo de vía, la tabla A-1 aconseja un nivel medio de iluminación y una relación de uniformidad como sigue:

$E_{med} = 22$ lux

$Ru = \frac{E_{min}}{E_{med}} = 0,30$

CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

Relación lado calle

$$\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{15 - 3}{12} = 1$$

RELACION LADO CASA

$$\frac{\text{Distancia - transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{3}{12} = 0{,}25$$

De la curva de utilización se tiene:

Relación lado - calle 1 corresponde a	Fu = 40 %
Relación lado - casa 0,25 corresponde a	Fu = 3 %
Total :	Fu = 43 %

Cálculo del factor de conservación:

Con ayuda de la tabla A.7 y A.8., se tiene:

Fc1 = factor por suciedad 0,86

Fc2 = factor por reducción de flujo luminoso 0,80

Fc = 0,80 x 0,86

Fc = 0,69

PASO III

Elección de luminarias, fuente de luz y altura de montaje:

Se sugiere una luminaria tipo hermética de distribución asimétrica ANSI/IES TIPO III MEDIO - NON CUTOFF, las curvas Isolux son dadas en las figuras siguientes. (5.10).

Se propone el uso de lámparas de vapor de sodio de alta presión de 400 vatios, con un flujo lumínoso inicial de 50.000 - lúmenes.

Se dan postes de concreto con una altura de 12 metros.

El brazo portaluminaria = 3,5 metros.

PASO IV

Selección de la interdistancia entre los puntos de luz:

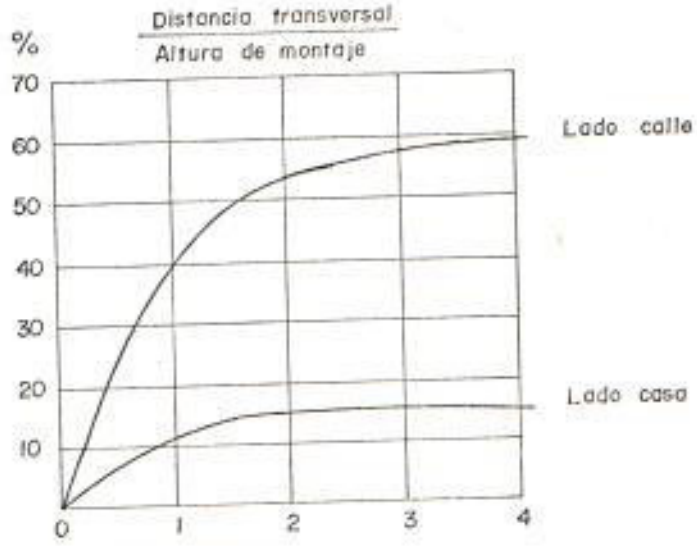
Mediante la siguiente expresión se obtiene el valor de la interdistancia de los puntos de luz.

$$D = \frac{\emptyset_T \cdot (Fu) \cdot (Fc)}{(A).(Emed)}$$

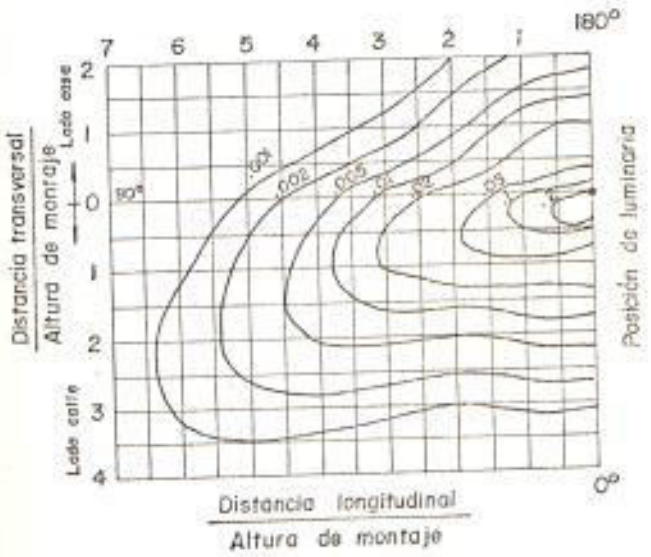
$$D = \frac{50.000 \text{ lm} \times 0,43 \times 0,69}{15 \text{ mt} \times 22 \text{ lux}}$$

$$D = 45 \text{ mt.}$$

CURVA DE UTILIZACION



CURVA ISOCANDELA



Luminaria tipo ANSI / IES
MEDIO - NON CUT OFF - tipo III

Curvas dadas a 1000 LUMENES y 30 Pies de altura.

FIGURA Nº 5.10.

PASO V

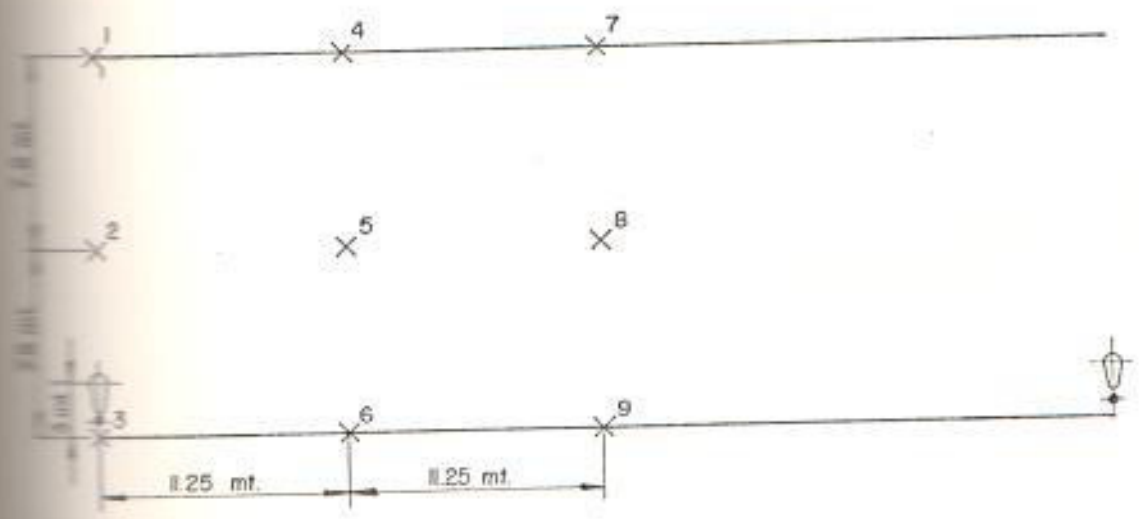
Disposición de los puntos de luz:

La tabla A.6., aconseja que para la relación altura del punto de luz/ancho de la calzada.

Relación = 12/15 = 0,80 que corresponde al tipo de disposición unilateral.

PASO VI

Análisis de la iluminación obtenida por una luminaria tipo:



Se selecciona los nueve puntos críticos. Para cada punto se calcula las relaciones transversales y longitudinales - con respecto a la altura de montaje de la luminaria tipo,y con este par ordenado y con ayuda de las curvas Isolux, se obtiene de ella el valor de la contribución de la iluminación - en pies candela para ese punto y para ésta luminaria.

PASO VII

Análisis de la iluminación obtenida por todas las luminarias incidentes sobre un sector significativo del conjunto:

Con el procedimiento del paso VI efectuado para todas las luminarias incidentes, se genera la siguiente planilla. (Ver página siguiente Tabla Nº 5.8.)

TABLA Nº 5.8.

PLANILLA DE ILUMINACION. METODO UTILIZANDO CURVAS ISOLUX

PUNTOS	$\frac{r}{h}$	LUMINARIAS CONTRIBUYENTES				Σ E (Cd)	Σ E (Lux)
		A	B	C	D		
1	RT	1,0	1,0	1,0	1,0		
	RL	3,75	---	3,75	7,5		
	E	0,01	0,04	0,01	--	0,06	0,646
2	RT	0,38	0,38	0,38	0,38		
	RL	3,75	----	3,75	7,5		
	E	0,007	0,2	0,007	---	0,21	2,26
3	RT	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25		
	RL	3,75	----	3,75	7,5		
	E	0,003	0,1	0,003	---	0,11	1,184
4	RT	1,0	1,0	1,0	1,0		
	RL	4,69	0,94	2,81	6,56		
	E	0,003	0,045	0,025	----	0,073	0,785
5	RT	0,38	0,38	0,38	0,38		
	RL	4,69	0,94	2,81	6,56		
	E	0,003	0,15	0,02	----	0,173	1,86
6	RT	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25		
	RL	4,69	0,94	2,81	6,56		
	E	0,001	0,04	0,008	----	0,049	0,53
	RT	1,0	1,0	1,0	1,0		
	RL	5,63	1,88	1,88	5,63		
	E	0,0015	0,03	0,03	0,0015	0,063	0,678
8	RT	0,38	0,38	0,38	0,38		
	RL	5,63	1,88	1,88	5,63		
	E	----	0,05	0,05	----	0,1	1,076
9	RT	-,025	-,025	-,025	-,025		
	RL	5,63	1,88	1,88	5,63		
	E	----	0,018	0,18	---	0,036	0,387

PASO VIII

Control del Resultado:

$$Emed = \frac{1}{4} E5 + \frac{1}{8} (E2 + E4 + E6 + E8) + \frac{1}{16} (E1 + E3 + E7 + E9)$$

$$Emed = \frac{1}{4} (1,88) + \frac{1}{8} (2,26 + 0,785 + 0,53 + 1,076) + \frac{1}{16} (0,646 + 1,184 + 0,678 + 0,387)$$

$$Emed = 1,228 \text{ lux}$$

Corrección de Emed a los valores reales:

$$Emed - corregido = Emed \times \frac{900}{h^2} \times \frac{\phi_T}{1000} \times Fm$$

$$= \frac{1,228 \times 900 \times 50000 \times 0,69}{1600 \times 1000}$$

$$= 23,82 \text{ lux}$$

Emin = 0,387 lux se corrige a los valores reales.

$$Emin \text{ real} = \frac{0,387 \times 900 \times 50000 \times 0,63}{1600 \times 1000}$$

$$= 6,857 \text{ lux}$$

Verificación de la relación de uniformidad:

$$Ru = \frac{6,857}{22} = 0,31$$

Este resultado se encuentra dentro de las normas requeridas de tal manera la solución se considera válida.

El método más exacto es el punto por punto, con el inconveniente que es muy lento y tedioso, pero con ayuda de un computador se puede llegar a obtener mejores resultados.

El método utilizando curvas Isolux es más práctico ya que solo se necesita una sola curva que viene dada para todo el plano horizontal que es proporcionada por el fabricante, por tal razón se recomienda utilizar este método en el diseño de alumbrado de vías públicas.

El método de los lúmenes es un método rápido, pero que no proporciona mayor confiabilidad.

CAPITULO VI

SELECCION TECNICA Y ECONOMICA DE LUMINARIAS Y FUENTES DE LUZ

Para la elección de las luminarias habrán de tenerse en cuenta razones técnico - económico y estético.

Una buena selección técnica en sus elementos van a proporcionar un mejor resultado en las metas propuestas y así mismo jugar en el plano más económico sin entorpecer las normas aconsejadas.

6.1. ANALISIS DEL RENDIMIENTO LUMINOSO

Las luminarias deben cumplir con los requerimientos necesarios que exijan una determinada instalación como son:

El diagrama de distribución de la intensidad luminosa(candelas) debe ser la primera consideración a tenerse en cuenta, atendiendo al sistema de iluminación elegido,es decir una buena distribución lumínica de tal manera que sea aprovechado al máximo sin causar molestias en di

rección de observación usual de la de un conductor.

Un buen rendimiento de la luminaria da idea de la calidad de los materiales empleados en su construcción , como así también de lo acertado de su diseño.

Se comprende que cualquier control aplicado a la emisión luminosa de una lámpara desnuda se traducirá siempre en absorción de luz en general en cuanto mayor - sea el grado de control aplicado, mayor será la pérdida de flujo luminoso dentro de la luminaria.

Es muy importante comparar entre sí a las luminarias que tengan el mismo tipo de control en lo que respecta a su rendimiento.

Las luminarias deben satisfacer las condiciones de luminancias máxima admisible.

6.2. ANALISIS DEL MANTENIMIENTO

El diseñador debe preveer buenas condiciones para realizar mantenimiento temporal como son:

- Cómodo acceso a la lámpara y equipo eléctrico.
- Facilidad de montar, desmontar y limpieza de la luminaria.

- Debe estar provista contra las inclemencias del tiempo: humedad, lluvias y otros agentes atmosféricos.
- El material que está constituído la luminaria debe ser anticorrosivo, liviano que permita el fácil montaje y desmontaje para su mantenimiento.

6.3. ANALISIS DEL FACTOR DE CONSERVACION

El factor de conservación o de mantenimiento en una consecuencia del buen mantenimiento que tenga una luminaria, está definido como una pérdida del flujo luminoso durante un período específico que el alumbrado a estado en uso.

En lo que se refiere a la estética, la apariencia externa de la luminaria atenderá al criterio del proyectista para que armonice con el criterio general de la zona a iluminarse, cuando están apagadas durante el día.

La selección económica de las luminarias está limitada por la bondad del sistema de iluminación propuesto.

Sin embargo se puede escoger varias luminarias de diferentes tipos que presten condiciones similares pa

ra la selección de la más adecuada.

La selección de las lámparar tiene que ver con las variables como son: flujo luminoso iniciales, tipo de lámpara, ya sea incandescente, de descarga de medio gaseoso (sodio o mercurio).

De acuerdo a las características de la zona y a sus exigencias se seleccionará el tipo más conveniente de lámparas que vayan a cumplir con los requerimientos de una buena instalación.

Otro factor que hay que tener presente es que la lámpara elegida sea apta para el tipo de luminaria escogida.

Todas las fuentes luminosas tienen un nivel de vida útil, no es necesario entonces esperar que la fuente llegue a dejar de iluminar en su totalidad, sino hay que reemplazarla para así no variar los niveles de iluminación aconsejados.

En la tabla A-10 se da un seguimiento para seleccionar una luminaria con dos tipos diferentes.

CAPITULO VII

APLICACION

7.1. SISTEMA DE ALUMBRADO DE LA AVENIDA QUITO

PASO I

Recopilación de datos de la vía que se va a ilumi nar:

DIMENSIONES: Ancho de calle (A) = 25 mt.

CARACTERISTICAS: Esta avenida se la considera para el cálculo del alumbrado como una vía formada por tres calzadas separadas por dos parterres de 1,5 metros cada - uno, y de dos aceras laterales sin vegetación, limitadas por edificios de altura media.

PASO II

Determinación del nivel medio de iluminación y la relación de uniformidad:

Para una intensidad media horaria del tráfico de 1000 a 1800 vehículos/hora, la tabla A.1, aconseja un nivel medio de iluminación y una relación de uniformidad de:

Emed = 22 lux

$$Ru = \frac{E\ min}{E\ med} = 0,30$$

PASO III

Elección de luminarias, fuente de luz y altura de montaje:

Se sugiere una luminaria tipo hermética de distribución asimétrica ANSI/IES TIPO II MEDIO - CUTOFF. Considerando - una estandarización a lo largo de toda la vía, sin tomar en cuenta los puntos más críticos donde se requiere tipo de luminarias especiales, como son cruces de calle, parques, intersección con avenidas principales (Avenida Nueve de Octubre), puentes a desnivel, etc.

La lámpara propuesta es de vapor de sodio de alta presión de 250 vatios, con un flujo luminoso inicial de 26.000 lumenes, las razones de seleccionar este tipo - de lámparas son: la vía a iluminarse no requiere de mayor exigencia en la coloración de la luz, pero si es muy importante una buena claridad que es proporcionada

por este tipo de lámpara a causa de su buen rendimiento luminoso que justifica una inversión económica inicial un poco mayor que al de otras lámparas en consideración.

Se propone utilizar los mismos postes montados en la actualidad con una altura de 9 metros.

Los datos fotométricos de este tipo de luminarias se dan en la siguiente figura:

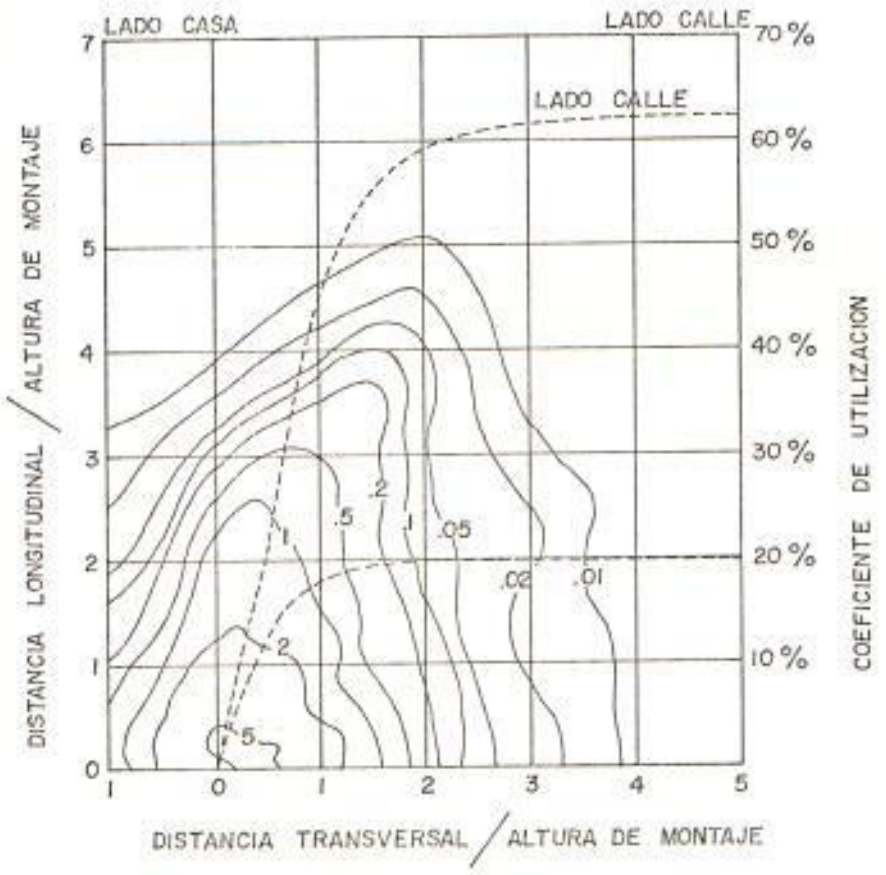


FIGURA Nº 7.1.

CURVAS ISOCANDELA Y DE UTILIZACION

Luminaria tipo II-medio-cutoff. Curvas obtenidas a una altura de montaje igual a 40 pies y a 47.000 lumenes.

PASO IV

SELECCION DE LA INTERDISTANCIA ENTRE LOS PUNTOS DE LUZ

Para el cálculo de la interdistancia es necesario conocer primeramente el factor de utilización y el factor de conservación.

CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

Relación lado calle:

$$\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{25 - 1}{9} = 2,67$$

Relación lado casa:

$$\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{1}{9} = 0,11$$

De la curva de utilización se tiene:

Relación lado - calle 2,67 corresponde a	Fu= 61 %
Relación lado - casa 0,11 corresponde a	Fu= 3 %
Total------	64 %

Cálculo del factor de conservación:

Con ayuda de la tabla Nº A.7 y A.8., se tiene:

Fc1 = factor por suciedad 0,86

Fc2 = factor por reducción de flujo luminoso 0,80

Fc = Fc1 . Fc2

Fc = 0,80 x 0,86

Fc = 0,69

Mediante la siguiente expresión se calcula el valor de - la interdistancia de los puntos de luz.

$$D = \frac{(\emptyset_T) \cdot (Fu).(Fc)}{(A).\ (Emed)}$$

$(\emptyset_T)$ = 2 (26.000) lúmenes

Flujo luminoso total proporcionado por las dos luminarias para un sector significativo, a causa de la dispocición de los puntos de luz.

$$D = \frac{(52.000).\ (0.64).\ (0.69)}{(25).\ (22)}$$

D = 41,7 mt.

PASO V

DISPOSICION DE LOS PUNTOS DE LUZ

La tabla A.6., aconseja que para la relación altura del punto de luz/ancho de la calzada Relación=9/25 = 0,35 que corresponde al tipo de disposición bilateral pareada.

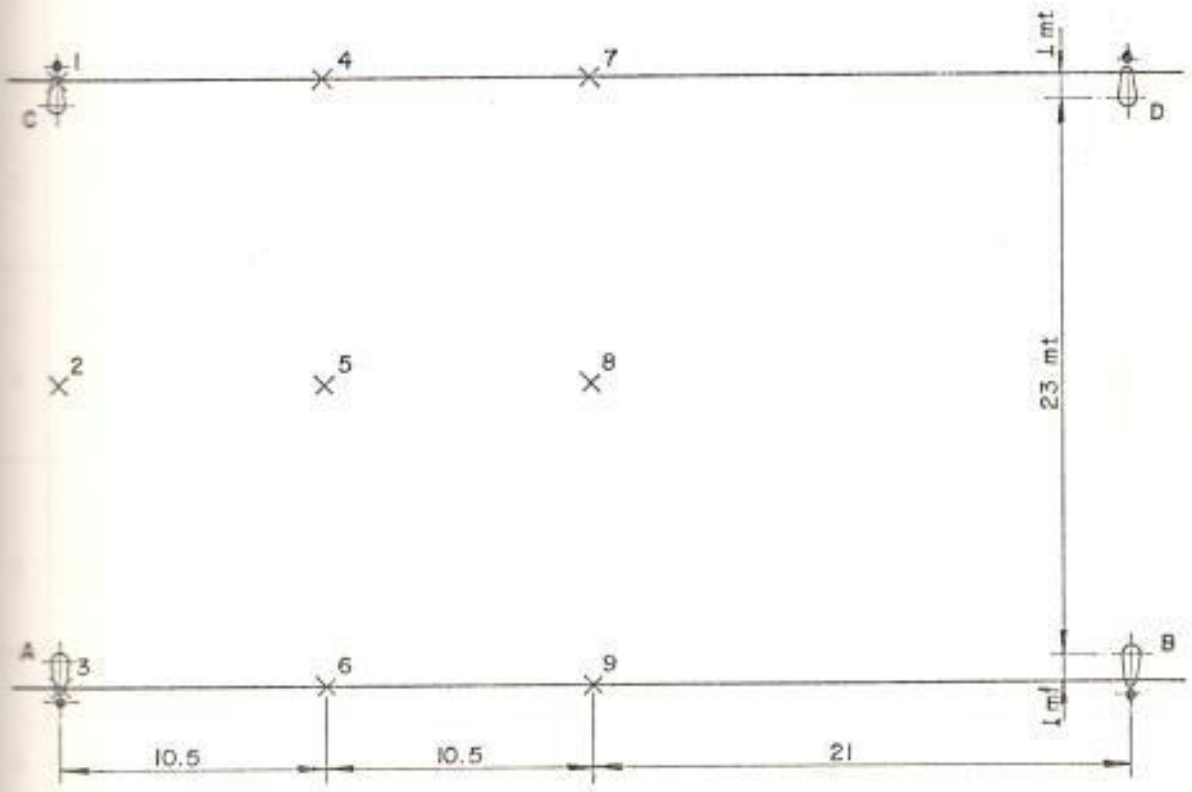


TABLA Nº7.1.

PLANILLA DE ILUMINACION DE LAS LUMINARIAS INCIDENTES. METODO UTILIZANDO CURVA ISOLUX DEL DISEÑO AVENIDA QUITO

PUNTOS	$\frac{r}{h}$	LUMINARIAS CONTRIBUYENTES				Σ E (Cd)	Σ E (Lux)
		A	B	C	D		
	RT	2,67	2,67	-0,11	-0,11		
1	RL	----	4,67	----	4,67		
	E	0,05	---	4,00	----	4,05	43,58
	RT	1,28	1,28	1,28	1,28		
2	RL	---	4,67	----	4,67		
	E	1,915	0,015	1,915	0,015	3,86	41,53
	RT	-0,11	-0,11	2,67	2,67		
3	RL	----	4,67	---	4,67		
	E	4,00	----	0,05	---	4,05	43,58
	RT	2,67	2,67	-0,11	-0,11		
4	RL	1,17	3,5	1,17	3,5		
	E	0,04	0,015	2,2	0,02	2,28	24,53
	RT	1,28	1,28	1,28	1,28		
5	RL	1,17	3,5	1,17	3,5		
	E	0,8	0,4	0,8	0,4	2,40	25,82
	RT	-0,11	-0,11	2,67	2,67		
6	RL	1,17	3,5	1,17	3,5		
	E	2,2	0,02	0,058	0,018	2,30	24,75
	RT	2,67	2,67	-0,11	-0,11		
7	RL	2,39	2,39	2,39	2,39		
	E	0,04	0,04	0,5	0,5	1,08	11,62

sigue.....

PASO VI

ANALISIS DE LA ILUMINACION OBTENIDA POR UNA LUMINARIA TIPO

Se seleccionan los nueve puntos críticos y para cada punto se calcula las relaciones transversales y longitudinales con respecto a la altura de montaje de la luminaria tipo, y con este par ordenado y con ayuda de las curvas isolux, se obtiene de ella el valor de la contribución de la iluminación en pies candela para ese punto y para esa luminaria.

PASO VII

ANALISIS DE LA ILUMINACION OBTENIDA POR TODAS LAS LUMINARIAS INCIDENTES SOBRE UN SECTOR SIGNIFICATIVO DEL CONJUNTO

Con el procedimiento del paso VI, efectuado para todas las luminarias incidentes, se genera la siguiente planilla:

viene.....

	RT	1,28	1,28	1,28	1,28		
8	RL	2,39	2,39	2,39	2,39		
	E	0,45	0,45	0,45	0,45	1,80	19,37
	RT	-0,11	-0,11	2,67	2,67		
9	RL	2,39	2,39	2,39	3,39		
	E	0,5	0,5	0,04	0,04	1,08	11,62

PASO VIII

CONTROL DEL RESULTADO

$$Emed = \frac{1}{4} E5 + \frac{1}{8} (E2 + E4 + E6 + E8) + \frac{1}{16} (E1 + E3 + E7 + E9)$$

$$Emed = \frac{1}{4} (2,4) + \frac{1}{8} (3,86 + 2,28 + 2,3 + 1,8) + \frac{1}{16} (4,05 + 4,05 + 1,08 + 1,08)$$

Emed = 2,52 isocandela.

CORRECCION DEL Emed A LOS VALORES REALES

$$Emed - corregido = E\ med \times \frac{1600}{h^2} \times \frac{\phi_T}{47000} \times Fm$$

$$= \frac{2,52 \times 1600 \times 26.000 \times 0,69 \times 10,76}{900 \times 47.000}$$

$$= 18,44 \text{ lux}$$

CORRECCION DEL Emin A LOS VALORES REALES

$$Emin = corregido\ es = Emin \times \frac{1600}{h^2} \times \frac{\phi_T}{47.000} \times Fm$$

$$= \frac{1,08 \times 1600 \times 26.000 \times 0,69 \times 10,76}{900 \times 47.000}$$

$$= 7,8 \text{ lux.}$$

VERIFICACION DE LA RELACION DE UNIFORMIDAD

$$Ru = \frac{7,8}{22} = 0,35$$

Este resultado se encuentra en los límites aconsejados por las normas, por tal razón esta solución puede considerarse válida.

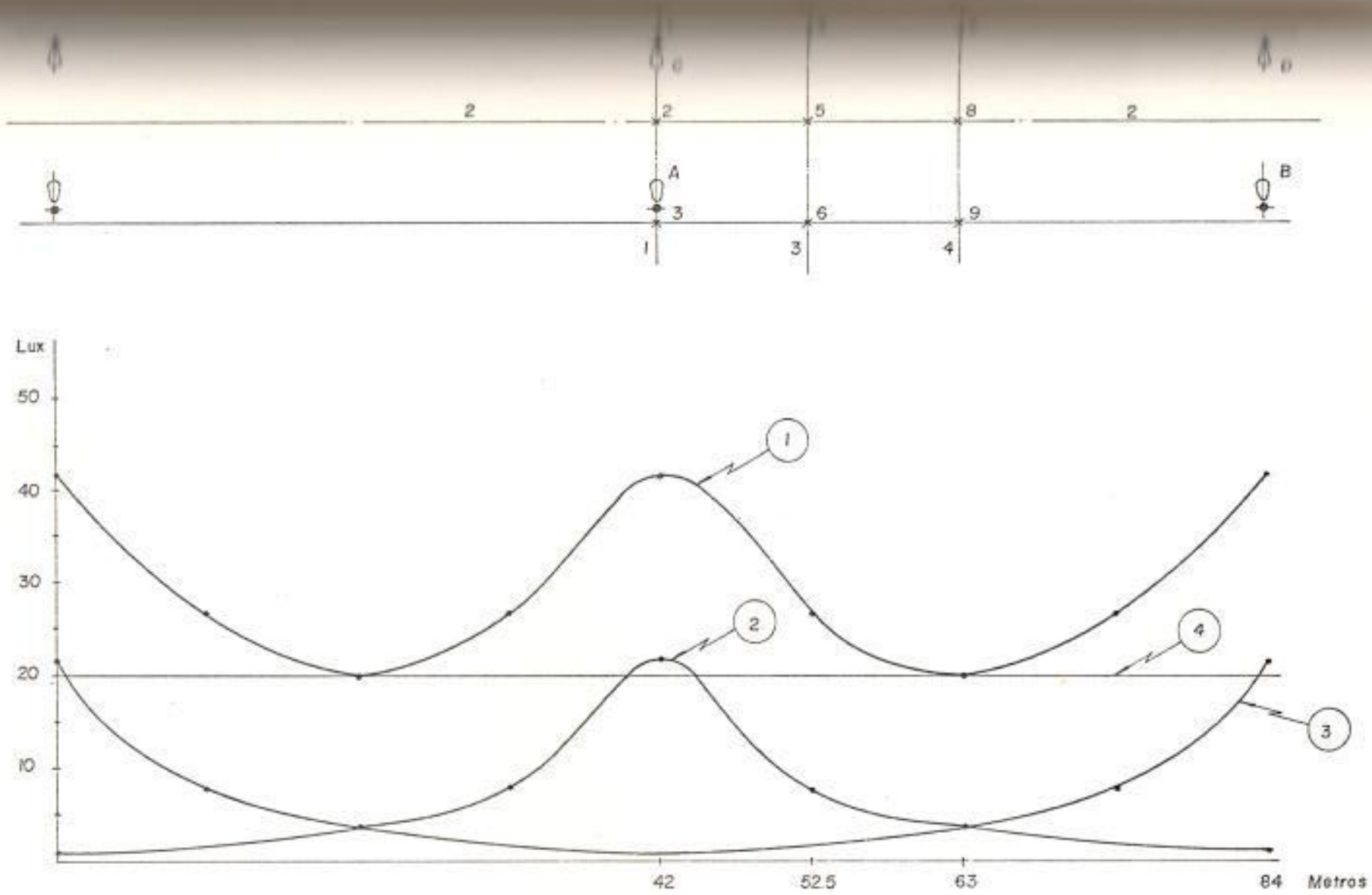
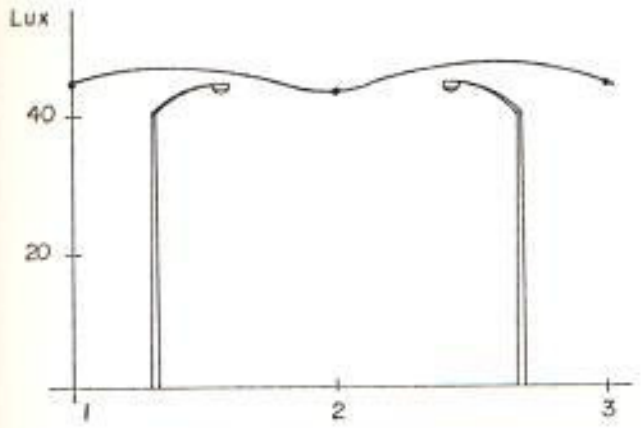
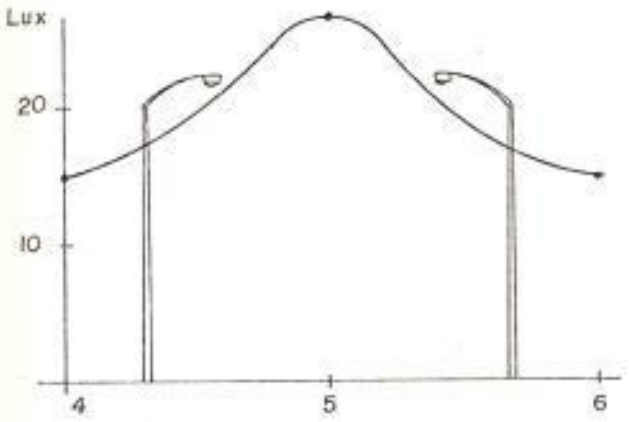


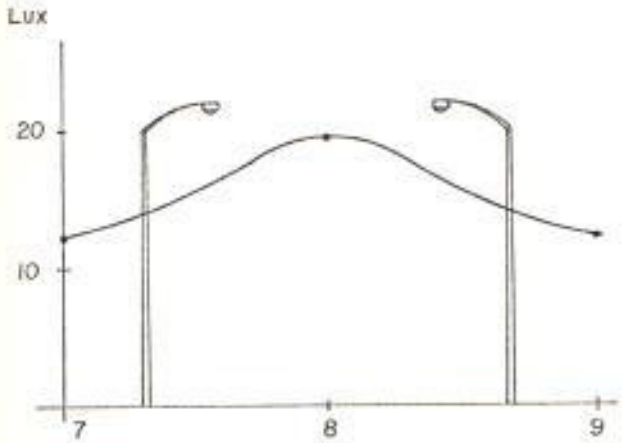
Fig. 7 - 2 Curvas de iluminación obtenida para determinados ejes de la vía, Avda. Quito.



Eje 1 - 1



Eje 3 - 3



Eje 4 - 4

Fig. 7-2a

CURVAS:

1.- Curva de iluminación total para eje 2-2 luminarias A + B + C + D + ...

2 y 3.- Curva de iluminación para eje 2-2 de luminarias A o C, B o D

4.- Curva del nivel medio de iluminación

7.2. SISTEMA DE ALUMBRADO DE LA AVENIDA MACHALA

PASO I

RECOPILACION DE DATOS DE LA VIA QUE SE VA A ILUMINAR

DIMENSIONES: Para los efectos del cálculo de alumbrado para la Avenida Machala se considerarán dos tramos, de la siguiente manera:

Desde Vicente Piedrahita hasta la Avenida Nueve de Octubre se considera un ancho de calle de 20 metros.

Desde la Avenida Nueve de Octubre hasta la calle Sucre se considera un ancho de calle de 15 metros.

CARACTERISTICAS: Esta avenida está formada por tres - calzadas y dos aceras laterales sin vegetación, limitada por edificios - con alturas medias.

Se la considera como vía principal con

una intensidad media horaria del tráfico de 1.000 a 1.800 vehículos por hora.

PASO II

DETERMINACION DEL NIVEL MEDIO DE ILUMINACION Y LA RELACION DE UNIFORMIDAD

Con la ayuda de la tabla A.1.,se considera un nivel - de iluminación y una relación de uniformidad como sigue:

Emed = 22 lux

$$Ru = \frac{Emin}{Emed} = 0,30$$

PASO III

ELECCION DE LUMINARIAS, FUENTE DE LUZ Y ALTURA DE MONTAJE

Se sugiere una luminaria tipo hermética de distribución asimétrica ANSI/IES TIPO II MEDIO - CUTOFF.

La lámpara propuesta es de vapor de sodio de alta presión de

250 vatios con un flujo luminoso inicial de 26.000 lumenes.

Las razones en escoger éste tipo de lámpara y luminaria son las mismas que las que se dieron en el diseño de la Avenida Quito.

Se sugiere utilizar los postes que están montados en la actualidad que son tubulares de concreto de 10 metros de altura. Por consiguiente se escoge una altura de montaje de la luminaria igual a 9 metros.

Los datos fotométricos para este tipo de luminarias - son los mismos que se dieron en el diseño de la Avenida Quito.

PASO IV

SELECCION DE LA INTERDISTANCIA ENTRE LOS PUNTOS DE LUZ

Para el cálculo de la interdistancia se calcula primero el factor de utilización y el factor de conservación.

CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

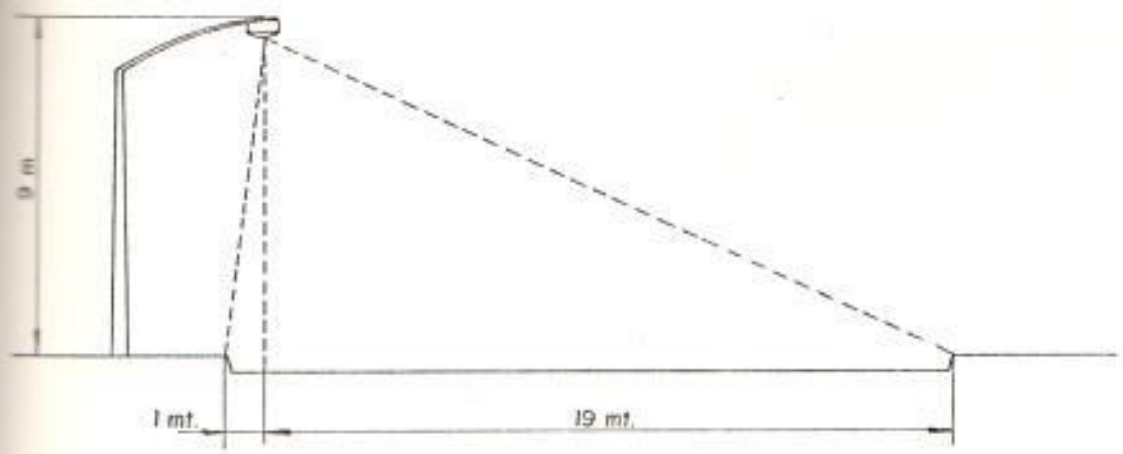
Relación lado-calle: $\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{20-1}{9} = 2,11$

Relación lado-casa: $\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{1}{9} = 0,11$

De la curva de utilización se tiene:

Relación lado-calle 2,11 corresponde a	Fu = 59 %
Relación lado-casa 0,11 corresponde a	Fu = 3 %
TOTAL:	Fu = 62 %

El factor de conservación Fc para este tipo de luminaria se considera igual a 0,69 como en el caso anterior.



Con la siguiente expresión se calcula el valor de la interdistancia de los puntos de luz:

$$D = \frac{(\emptyset_T).\ (Fu).\ (Fc)}{(A)\ .\ (Emed)}$$

$$D = \frac{(52.000)\ .\ (0,62)\ .\ (0.69)}{(20)\ .\ (22)}$$

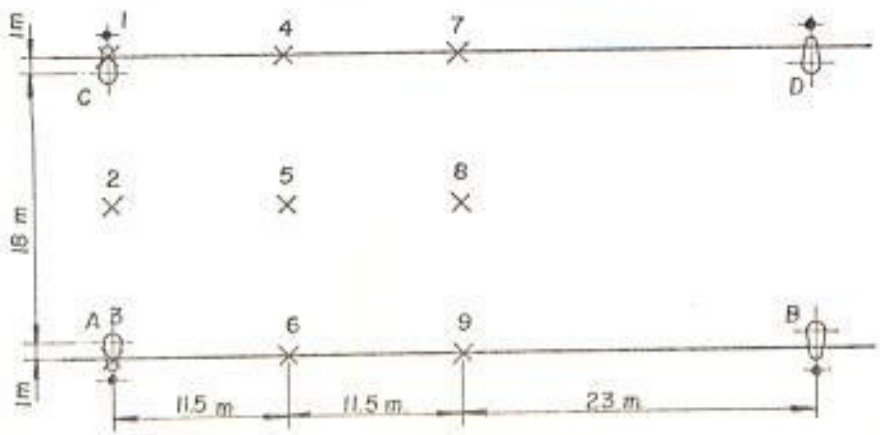
D = 50 metros

En la verificación de los resultados con el valor de esta interdistancia la solución no se encontraba en los margenes aceptables, luego se vió en la necesidad de variar este valor a D = 46 metros.

PASO V

DISPOSICION DE LOS PUNTOS DE LUZ

La tabla A.6., aconseja que para la relación altura del punto de luz/ancho de la calzada 9/20 = 0,45, le corresponde el tipo de disposición bilateral pareada.



PASO VI

ANALISIS DE LA ILUMINACION OBTENIDA POR UNA LUMINARIA TIPO

Se seleccionan los nueve puntos críticos y para cada uno de ellos se determinan las relaciones longitudinales y transversales con respecto a la altura de montaje de la luminaria tipo, con este par ordenado y con ayuda de las curvas isolux se obtiene el valor de la contribución de la iluminación en pie candela para ese punto y para esa luminaria.

PASO VII

ANALISIS DE LA ILUMINACION OBTENIDA POR TODAS LAS LUMINARIAS INCIDENTES SOBRE UN SECTOR SIGNIFICATIVO DEL CONJUNTO

Con el procedimiento del paso 6, efectuados para todas las luminarias incidentes se genera la siguiente planilla.

TABLA Nº7.2.

PLANILLA DE ILUMINACION DE LAS LUMINARIAS INCIDENTES. METODO UTILIZANDO CURVAS ISOLUX DE LA AVENIDA MACHALA

PUNTOS	$\frac{r}{h}$	LUMINARIAS CONTRIBUYENTES				E (Cd)	E (Lux)
		A	B	C	D		
	RT	2,11	2,11	-0,11	-0,11		
1	RL	---	5,11	---	5,11		
	E	0,21	0,01	4,00	---	4,22	45,41
	RT	1,0	1,0	1,0	1,0		
2	RL	--	5,11	---	5,11		
	E	3,0	---	3,0	---	6,0	64,56
	RT	-0,11	-0,11	2,11	2,11		
3	RL	---	5,11	---	5,11		
	E	4,0	---	0,21	0,01	4,22	44,41
	RT	2,11	2,11	-0,11	-0,11		
4	RL	1,28	3,83	1,28	3,83		
	E	0,1	0,05	1,6	0,01	1,76	18,94
	RT	1,0	1,0	1,0	1,0		
5	RL	1,28	3,83	1,28	3,83		
	E	1,35	0,05	1,35	0,05	2,81	30,25
	RT	-0,11	-0,11	2,11	2,11		
6	RL	1,28	3,83	1,28	3,83		
	E	1,6	0,01	0,1	0,05	1,76	18,94
	RT	2,11	2,11	-0,11	-0,11		
7	RL	2,56	2,56	2,56	2,56		
	E	0,05	0,05	0,4	0,4	0,90	9,68

sigue.....

vienen .....

	RT	1,0	1,0	1,0	1,0		
8	RL	2,56	2,56	2,56	2,56		
	E	0,7	0,7	0,7	0,7	2,8	30,13
	RT	-0,11	-0,11	2,11	2,11		
9	RL	2,56	2,56	2,56	2,56		
	E	0,4	0,4	0,05	0,05	0,90	9,68

PASO VIII

CONTROL DEL RESULTADO

$$Emed = \frac{1}{4} E5 + \frac{1}{8} (E2 + E4 + E6 + E8) + \frac{1}{16} (E1 + E3 + E7 + E9)$$

$$Emed = \frac{1}{4} (2,81) + \frac{1}{8} (6,0 + 1,76 + 1,76 + 2,8) + \frac{1}{16} (4,22 + 4,22 + 0,9 + 0,9)$$

Emed = 2,86 Isocandela

CORRECCION DEL Emed A LOS VALORES REALES

$$Emed\ corregido = Emed \times \frac{1600}{h^2} \times \frac{\emptyset_T}{47000} \times Fm$$

$$= \frac{2,86 \times 10,76 \times 26,000 \times 1600 \times 0,69}{871 \times 47.000}$$

$$= 21,56\ lux$$

CORRECCION DEL Emin A LOS VALORES REALES

$$Emin\ corregido = Emin \times \frac{1600}{h^2} \times \frac{\emptyset_T}{47.000} \times Fm \times 10,76$$

$$= \frac{0,9 \times 1600 \times 26.000 \times 0,69 \times 10,76}{871 \times 47.000}$$

$$= 6,78\ lux$$

VERIFICACION DE LA RELACION DE UNIFORMIDAD

$$Ru = \frac{6,78}{22} = 0,31$$

Los resultados obtenidos están encuadrados dentro de los límites que las normas aconsejan, por tal razón esta solución se la considera como válida.

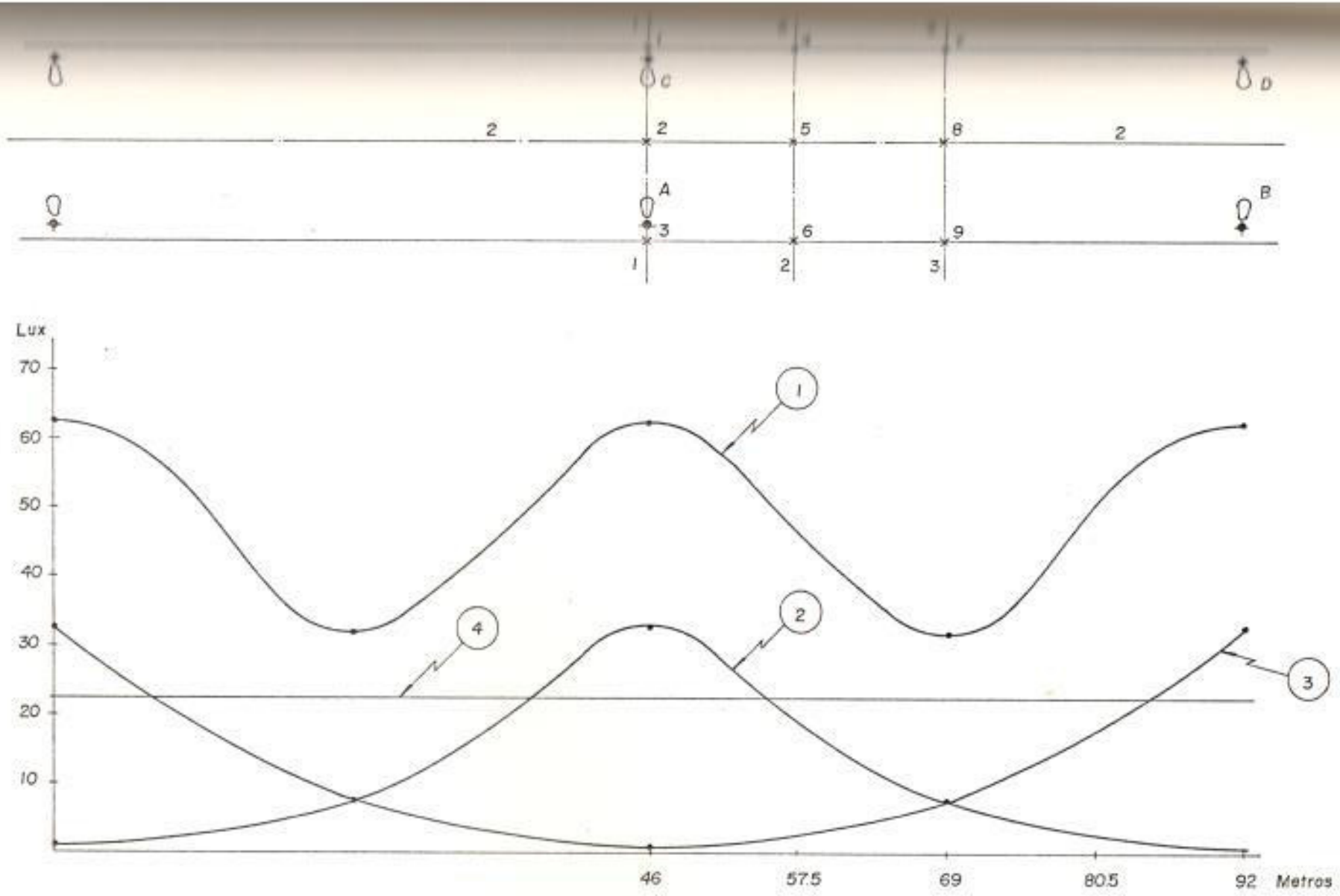
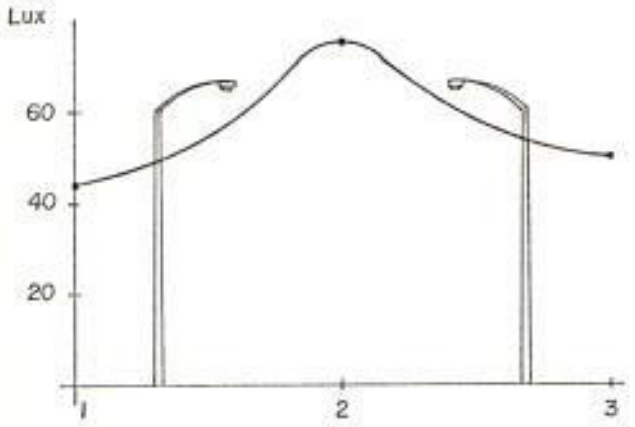
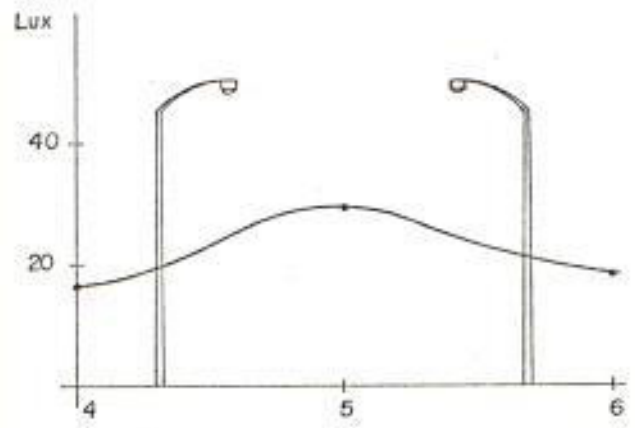


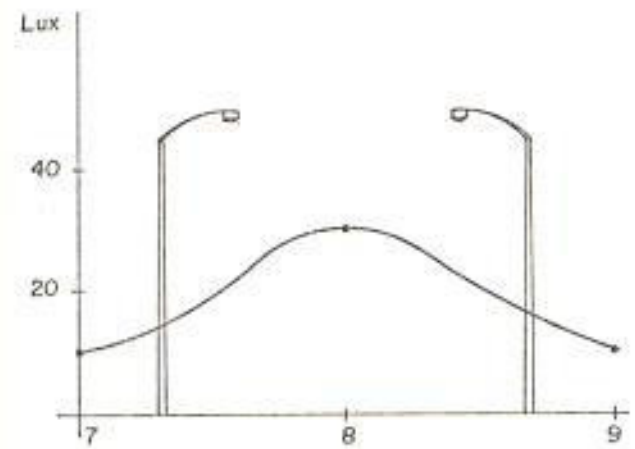
Fig. 7 - 3 Curvas de iluminación obtenida para determinados ejes de la vía , Avda. Machala. Método utilizando curvas isolux



Eje 1 - 1



Eje 3 - 3



Eje 4 - 4

Fig. 7 - 3 a

CURVAS :

1.- Curva de iluminación total para eje 2 - 2 luminarias A + B + C + D + ...

2 y 3.- Curva de iluminación para eje 2 - 2 de luminarias A o C , B o D

4.- Curva del nivel medio de iluminación.

CALCULO DE LA ILUMINACION DE LA AVENIDA MACHALA EN SU SEGUNDO TRAMO QUE CORRESPONDE DESDE LA AVENIDA NUEVE DE OCTUBRE HASTA LA CALLE SUCRE, CON UN ANCHO DE 15 METROS

Los tres primeros pasos fueron detallados en el primer - tramo.

PASO IV

SELECCION DE LA INTERDISTANCIA ENTRE LOS PUNTOS DE LUZ

$$D = \frac{\emptyset_T \times Fu \times Fm}{E\ med \times A}$$

$$= \frac{26.000 \times 0,62 \times 0,69}{22 \times 15} = 33,7 \text{ mt.}$$

Después de la verificación se logra variar este valor a:

D = 32 metros

PASO V

DISPOSICION DE LOS PUNTOS DE LUZ

Con ayuda de la tabla A.6., y para una relación altura del

punto de luz/ancho de la calzada 9/15 = 0,45 le corresponde el tipo de disposición de tres bolillos.

Se seleccionan los nueve puntos críticos luego se procede al cálculo y determinación de la siguiente planilla:

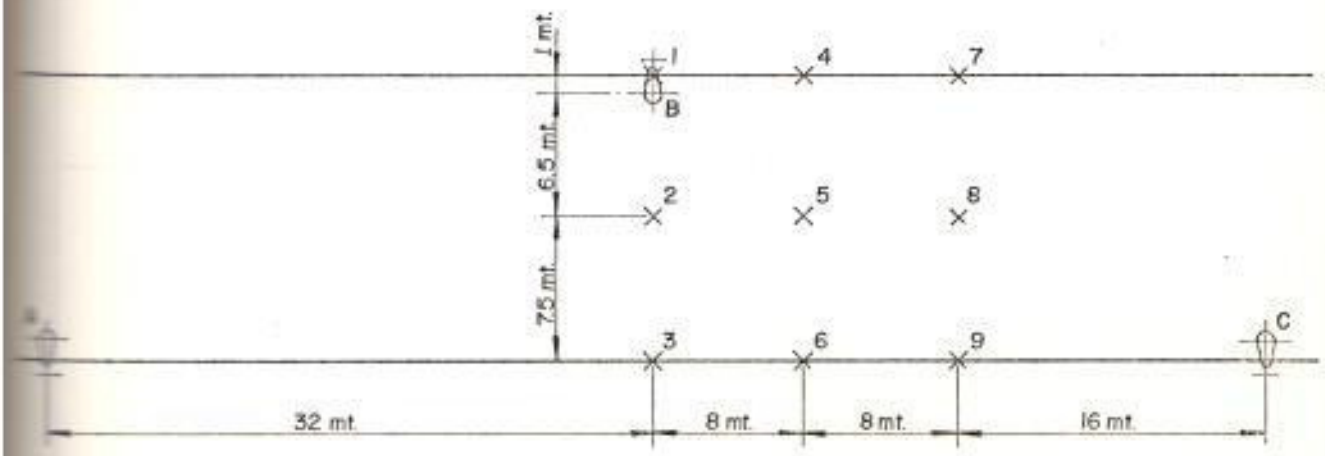


TABLA Nº7.3.

PLANILLA DE ILUMINACION DE LAS LUMINARIAS. INCIDENTES DEL SEGUNDO TRAMO AVENIDA MACHALA. METODO UTILIZANDO CURVAS ISOLUX

PUNTOS	$\frac{r}{h}$	LUMINARIAS CONTRIBUYENTES				Σ E (Cd)	Σ E (Lux)
		A	B	C	D		
	RT	1,56	-0,11	1,56			
1	RL	3,56	----	3,56			
	E	0,25	4,0	0,25		4,50	48,42
	RT	0,72	0,72	0,72			
2	RL	3,56	---	3,56			
	E	0,1	4,0	0,1		4,20	43,93
	RT	-0,11	1,56	-0,11			
3	RL	3,56	----	3,56			
	E	0,018	1,3	0,018		1,34	14,41
	RT	1,56	-0,11	1,56			
4	RL	4,44	0,89	2,67			
	E	0,20	3,0	0,3		3,32	35,72
	RT	0,72	0,72	0,72			
5	RL	4,44	0,89	2,67			
	E	----	3,00	0,8		3,8	40,89
	RT	-0,11	1,56	-0,11			
6	RL	4,44	0,89	2,67			
	E	---	0,50	0,40		0,90	9,68
	RT	1,56	-0,11	1,56			
7	RL	5,33	1,78	1,78			
	E	---	1,3	0,3		1,6	17,22

Vienen.....

	RT	0,76	0,72	0,72			
8	RL	5,33	1,78	1,78			
	E	---	1,3	1,3		2,6	27,98
	RT	-0,11	1,56	-0,11			
9	RL	5,33	1,78	1,78			
	E	----	0,3	1,3		1,6	17,22

VERIFICACION DE DATOS

$$Emed = \frac{1}{4}(3,8) + \frac{1}{8}(4,2 + 3,32 + 0,90 + 2,6) + \frac{1}{16}(4,5 + 1,34 + 1,6 + 1,6)$$

Emed = 2,90 Isocandela

$$Emed\ corregido = \frac{2,90 \times 10,76 \times 1600 \times 26.000 \times 0,69}{871 \times 47.000}$$

Emed corregido = 21,87 lux

Corrección del Emin.

$$Emin\ corregido = \frac{0,90 \times 10,76 \times 1600 \times 26.000 \times 0,69}{871 \times 47.000}$$

Emin corregido = 6,79 lux

VERIFICACION DE LA RELACION DE UNIFORMIDAD

$$Ru = \frac{6,79}{22} = 0,31$$

La solución se considera válida ya que los resultados se encuentran dentro de los límites aconsejados por las normas.

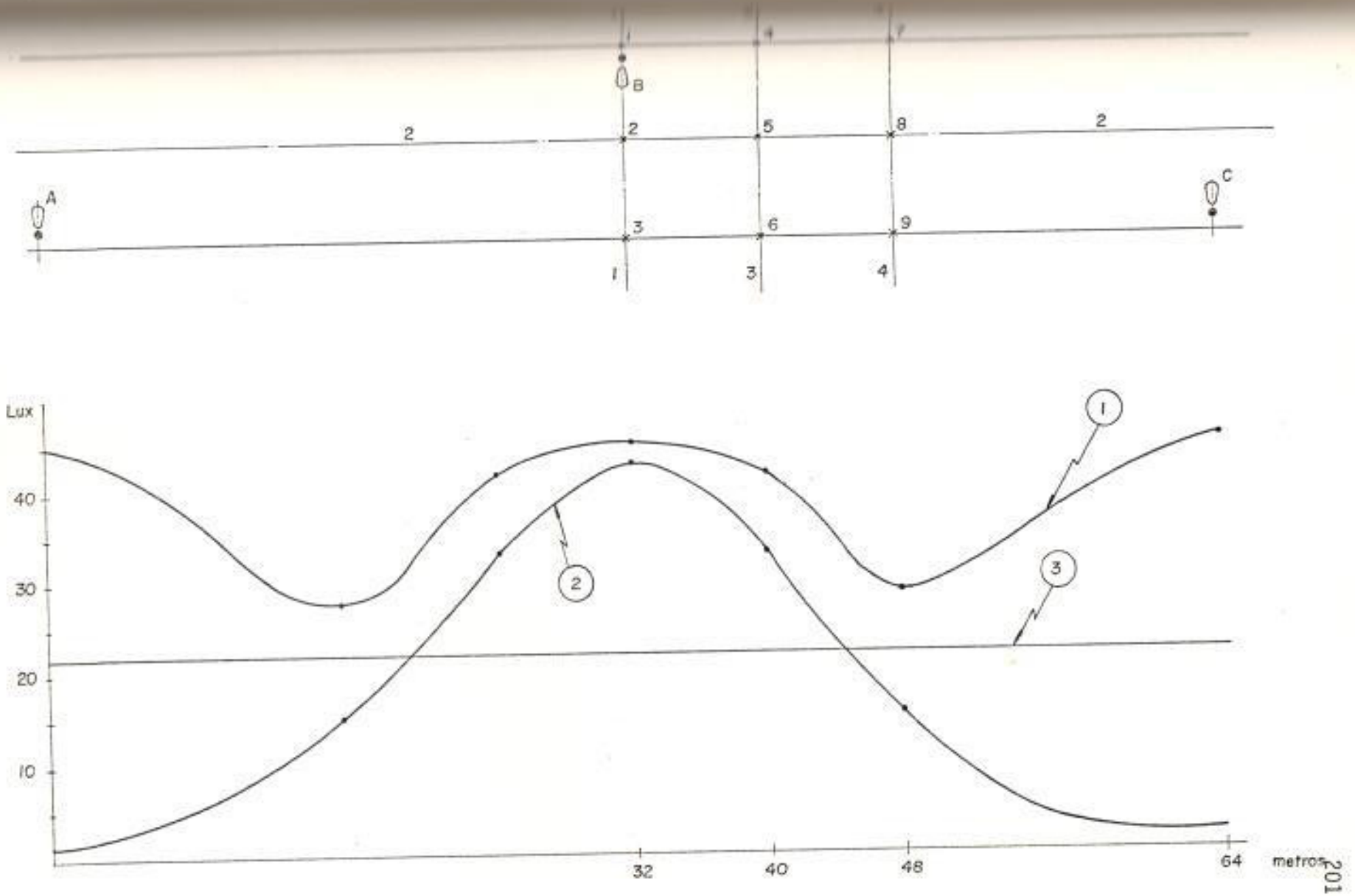
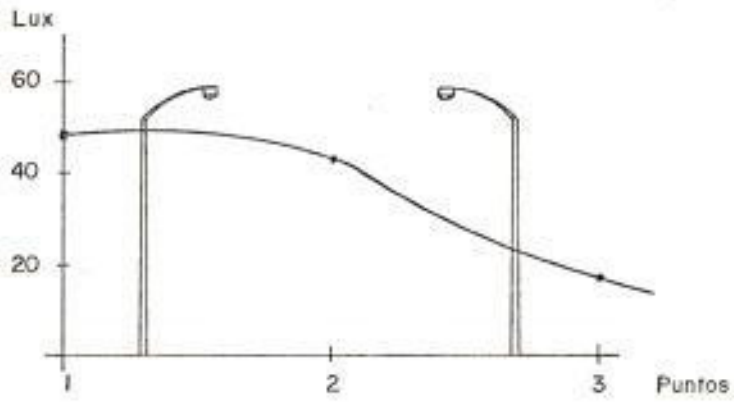
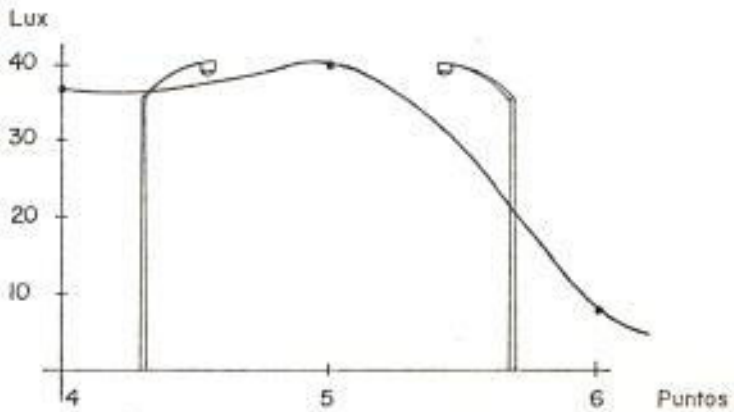


Fig. 7-4 Curvas de iluminación obtenida para determinados ejes de la vía, avda. Machala 2 tramo. Método utilizando curvas isolux.

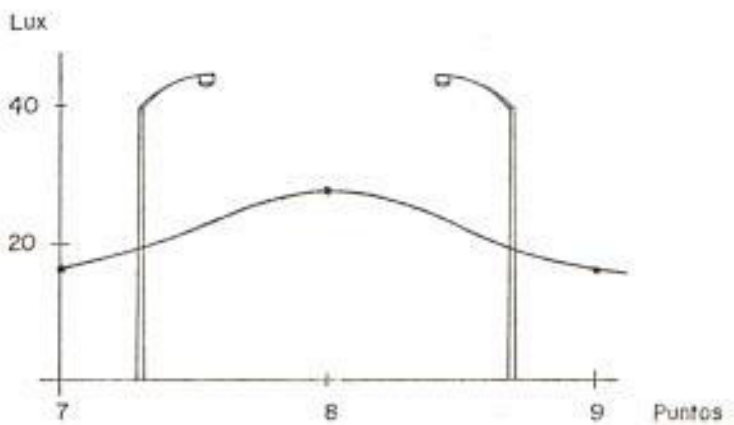
CURVAS DE ILUMINACION TOTALES PARA LOS DIFERENTES EJES



Eje 1 - 1



Eje 3 - 3



Eje 4 - 4

Fig. 7-4 a

CURVAS :

1.- Curva de iluminación total para eje 2-2 luminarias A + B + C + ...

2.- Curva de iluminación para eje 2-2 de la luminaria tipo B

3.- Nivel medio de iluminación.

7.3. SISTEMA DE ALUMBRADO DE UNA CALLE SECUNDARIA

CALLE AGUIRRE:

PASO I

RECOPILACION DE DATOS DE LA VIA QUE SE VA A ILUMINAR

DIMENSIONES: Ancho de la calle: a 12 metros

CARACTERISTICAS: La calle Aguirre, está considerada dentro de la clasificación como comercial tipo colector, pues se encuentra dentro del área central de la ciudad, en una zona de influencia de negocios, y es colector - pues es una arteria de conección del área central con zonas residenciales industriales y comerciales.

Se considera como una vía con un tráfico de peatones medio - con una intensidad del tráfico - vehicular de 500 a 1200 vehículos por hora y con un pavimento claro.

PASO II

DETERMINACION DEL NIVEL MEDIO DE ILUMINACION Y LA RELACION DE UNIFORMIDAD

Con ayuda de la tabla A.9, se considera un nivel de iluminación y una relación de uniformidad, como sigue:

Emed = 12 lux

$Ru = \frac{Emin}{Emed} = 0,30$

PASO III

ELECCION DE LUMINARIAS FUENTE DE LUZ Y ALTURA DE MONTAJE

Se sugiere una luminaria tipo hermética de distribución asimétrica ANSI/IES TIPO II MEDIO CUTOFF.

La lámpara seleccionada es de vapor de sodio de alta presión de 150 vatios y 15.000 - lumenes iniciales.

Se utilizan postes de concreto con una altura de montaje del punto de luz h = 9 metros.

Se utiliza un brazo porta luminaria con una longitud = 0,8 metros.

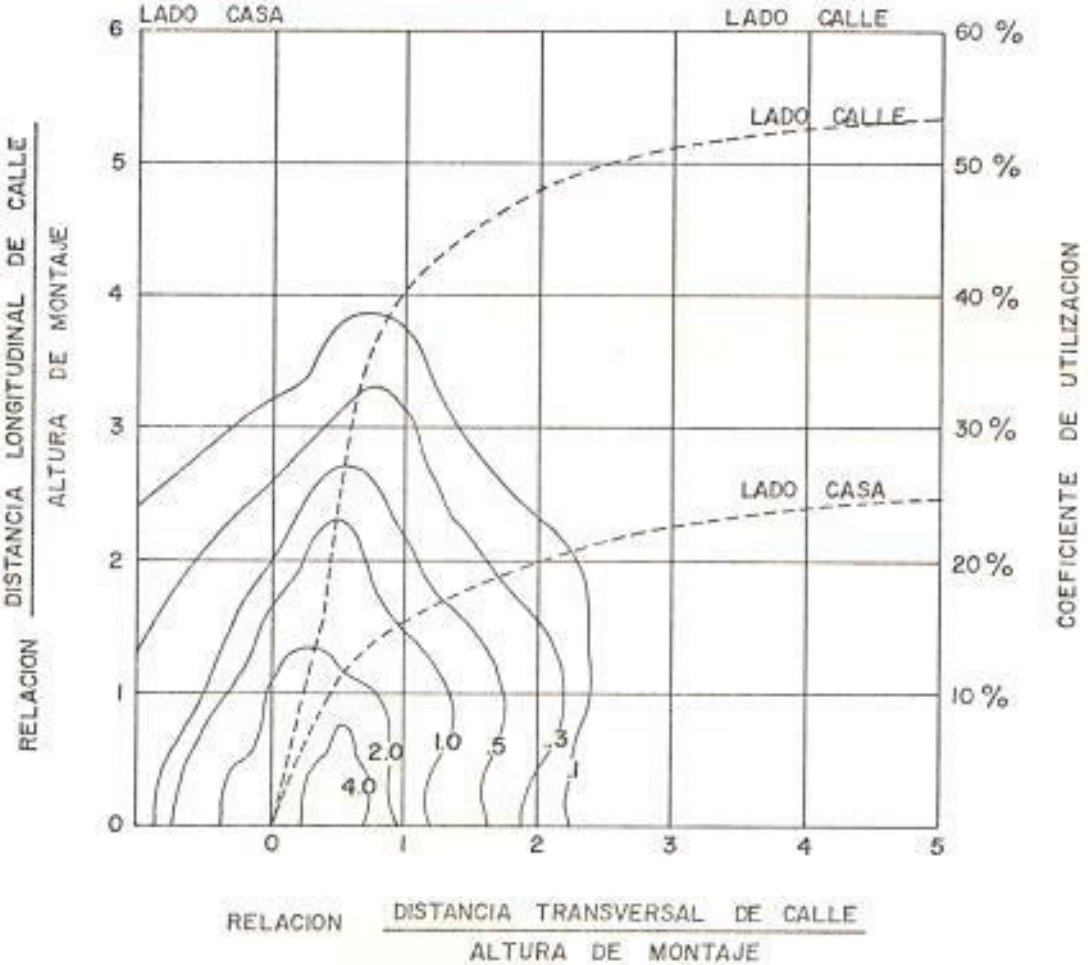
Los datos fotométricos son dados en la figura Nº 7.5.

FIGURA Nº 7.5.

CURVA DE UTILIZACION E ISOCANDELA

Toda la información está basada en una luminaria montada a 25 pies de altura, y a 16.000 lumenes.

Información fotométrica, lámpara de 150 vatios de sodio de alta presión de 15.000 lumenes iniciales. ANSI/IES TIPO II



PASO IV

SELECCION DE LA INTERDISTANCIA ENTRE LOS PUNTOS DE LUZ

CALCULO DEL FACTOR DE UTILIZACION

$$\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{20 - 0,5}{9} = 1,28$$

RELACION LADO CASA

$$\frac{\text{Distancia transversal}}{\text{Altura de montaje}} = \frac{0,5}{9} = 0,6$$

De la curva de utilización se tiene:

Relación lado calle 1,28 corresponde a	Fu = 45 %
Relación lado calle 1,28 corresponde a	Fu = 2 %
TOTAL:	Fu = 47 %

El factor de conservación para este tipo de luminaria se considera = 0,64

$$D = \frac{\emptyset_T \times Fu \times Fc}{Emed \times A}$$

$$D = \frac{15.000 \times 0,47 \times 0,64}{12 \times 12} = 31,3 \text{ metros}$$

En la reconsideración de la interdistancia se seleccio na como sigue:

D = 35 metros.

PASO V

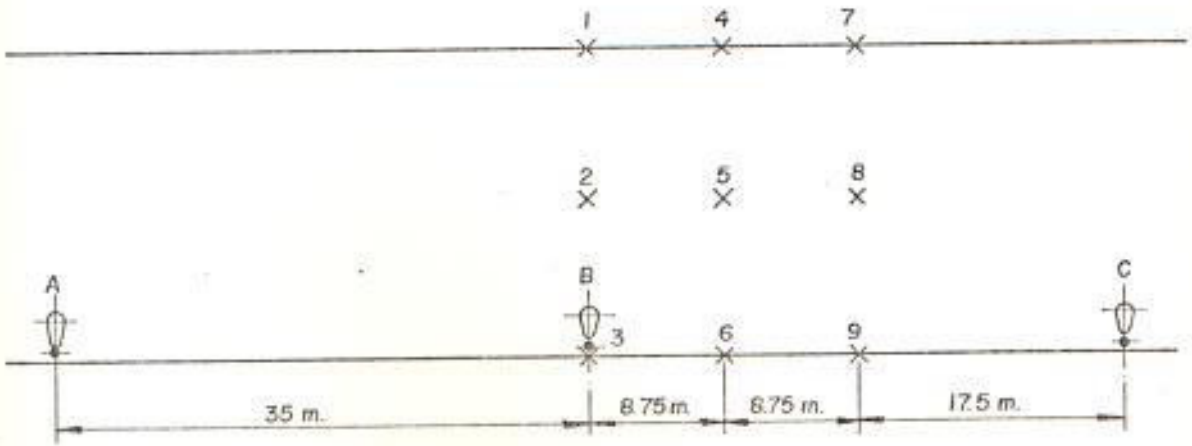
DISPOSICION DE LOS PUNTOS DE LUZ

La tabla A.6., aconseja que para la relación altura del pun to de luz/ancho de la calzada 9/12 = 0,75 , le corresponde - al tipo de disposición unilateral.

PASO VI

ANALISIS DE LA ILUMINACION OBTENIDA POR UNA LUMINARIA TIPO

Se seleccionan los nueve puntos críticos y para cada punto de ellos por la metodología prescrita anteriormente se de termina la contribución de iluminación que dá la luminaria tipo.



PASO VII

ANALISIS DE LA ILUMINACION OBTENIDA POR TODAS LAS LUMINARIAS INCIDENTES SOBRE UN SECTOR SIGNIFICATIVO DEL CONJUNTO.

Se determinan las contribuciones de todas las luminarias para los diferentes puntos siguiendo lo dicho en el paso VI ,y se continua hasta obtener la siguiente planilla.

TABLA Nº7.4.

PLANILLA DE ILUMINACION DE LAS LUMINARIAS INCIDENTES CALLE AGUIRRE. METODO UTILIZANDO CURVAS ISOLUX

PUNTOS	r/h	LUMINARIAS CONTRIBUYENTES				Σ E (Cd)	Σ E (Lux)
		A	B	C	D		
	RT	1,20	1,20	1,20			
1	RL	3,89	----	3,89			
	E	----	1,0	----		1,0	10,76
	RT	0,61	0,1	0,1			
2	RL	3,89	---	3,89			
	E	0,10	4,5	----		4,6	49,50
	RT	-0,06	-0,06	-0,06			
3	RL	3,89	----	3,89			
	E	----	3,5	----		3,5	37,66
	RT	1,20	1,20	1,20			
4	RL	0,86	0,97	2,92			
	E	---	1,40	0,30		1,70	18,29
	RT	0,61	0,61	0,61			
5	RL	4,86	0,97	2,92			
	E	----	3,0	0,35		3,35	36,05
	RT	-0,06	-0,06	-0,06			
6	RL	4,86	0,97	2,92			
	E	----	2,0	0,2		2,2	23,67
	RT	1,20	1,20	1,20			
7	RL	5,83	1,94	1,94			
	E	---	0,42	0,42		0,84	9,04

Sigue.....

Viene.....

	RT	0,61	0,61	0,61			
8	RL	5,83	1,94	1,94			
	E	---	1,3	1,3		2,6	27,98
	RT	-0,06	-0,06	-0,06			
9	RL	5,83	1,94	1,94			
	E	---	0,5	0,5		1,0	10,76

PASO VIII

CONTROL DEL RESULTADO

$$Emed = \frac{1}{4}\ E5 + \frac{1}{8}\ (E2+ E4+ E6+ E8)+ \frac{1}{16}\ (E1+ E3+ E7+ E9)$$

$$Emed = \frac{1}{4}\ (3,35)+ \frac{1}{8}\ (4,6+ 1,7+ 2,6+ 2,6) + \frac{1}{16}\ (1,0+ 3,5+0,84+1,0)$$

Emed = 2,68 Isocandela

CORRECCION DE Emed A LOS VALORES REALES

$$Emed\ corregido = Emed \times \frac{625}{h^2} \times \frac{\phi_T}{16.000} \times Fm \times 10.76$$

$$= \frac{2,68 \times 10,76 \times 15,000 \times 625 \times 0,64}{16.000 \times 900}$$

$$= 11,98\ lux$$

CORRECCION DEL Emin A LOS VALORES REALES

$$Emin\ corregido = Emin \times 10,76 \times \frac{625}{h^2} \times Fm \times \frac{\phi_T}{16.000}$$

$$= \frac{0,84 \times 10,76 \times 15.000 \times 625 \times 0,64}{16.000 \times 900}$$

$$= 3,77 \text{ lux}$$

VERIFICACION DE LA RELACION DE UNIFORMIDAD

$$Ru = \frac{3,77}{12} = 0,31$$

Los resultados obtenidos están encuadrados dentro de los límites que las normas aconsejan, por tal razón esta - solución se la considera como válida.

7.4. EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE ALUMBRADO CON SUS MEDIDAS CORRECTICAS

El cálculo para la iluminación de estos tipos de vías públicas fueron realizados bajo el margen de las normas aconsejadas partiendo con la selección de los siguientes tópicos:

a. El nivel de iluminación y una relación de uniformidad de

finida y que sea sugerido como recomendable, bajo el compromiso técnicamente posible y económicamente aceptable.

Estos valores fueron corregidos a lo que actualmente se encuentran vigentes, por causas dichas anteriormente, es decir que el tiempo y el progreso de las ciudades modifican la clasificación de las vías, y el adelanto de la técnica va dejando atrás los valores que se aconsejan en un determinado tiempo al cual fue realizada dicha instalación.

b. Se sugiere un tipo de lámparas con una potencia eléctrica mucho menor y con un rendimiento lumínico mucho mayor que las montadas actualmente, con una pequeña desventaja como es la reproducción del color de la luz, como en este tipo de vía no es muy imprescindible la reproducción de colores de los objetos sino una buena claridad de la zona.

c. La altura de montaje de la luminaria es seleccionada la misma que se encuentra en la actualidad, ya que fueron tomadas en cuenta la misma posteria.

d. El tipo de disposición y la interdistancia entre fuentes de luz fueron corregidas para poder obtener los resulta

dos previstos.

e. Todos estos tópicos llevan a realizar un estudio de una instalación de alumbrado desde el punto de vista del costo de su instalación, en donde estarán considerados los precios unitarios de cada uno de sus elementos componentes como son: Luminarias, Lámparas, Postes, Instalación Eléctrica, Mano de Obra de - Instalación u Montaje y así mismo los costos relacionados con el mantenimiento o reposición sistemática de fuentes luminosas y de las luminarias, consumo de energía eléctrica al cabo de un determinado período.

Todos estos costos deberán ser considerados en un tiempo tal que permitan la comparación con otro o otros propuestos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la realización de este trabajo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

a. Los factores importantes que juegan un gran papel para la construcción de instalaciones de iluminación de vías públicas son:

- Diseño de la vía
- Propiedades reflexivas de la superficie de la vía
- Nivel y uniformidad de iluminación deseados
- Tipo de control de deslumbramiento
- Estructura de montaje
- Altura de montaje de la iluminación
- Clase de luminaria, tipo y potencia de la lámpara
- Sistema de alimentación de energía; y,
- Programas de mantenimiento.

Todos los parámetros guardan una relación técnico económica dependiendo de la bondad del sistema de iluminación.

b. De la metodología para el cálculo de iluminación de vías públicas, se consideran tres métodos:

- El método de los Lúmenes, que es el más simplificado pero menos exacto, trata de verificar el nivel medio de iluminación de una manera conjunta, sin entrar en mucho detalle con la distribución fotométrica de los luminarios.

- El método Punto por Punto es uno de los métodos más exactos, pero resulta muy lento y tedioso, ya que como su nombre lo dice, el cálculo es basado en una serie de puntos que deben ser estudiados utilizando las curvas polares de distribución, las que deben ser dadas para la mayor cantidad de planos verticales, para evitar la interpolación cuando se trata de luminarias asimétricas.

  Este método resultaría uno de los mejores con ayuda del computador.

- Todas estas molestias se evitan con un método que es muy práctico, el de Utilización de las Curvas ISOLUX que son proporcionadas por el fabricante.

  Este método también realiza la verificación del nivel

de iluminación para diferentes puntos seleccionados como críticos, con la salvedad de que son más prácticas la utilización de las curvas y además vienen dadas para todo el plano horizontal de la calzada.

Por tal razón se puede recomendar este método para el cálculo del alumbrado de vías públicas.

RECOMENDACIONES

Este trabajo puede ser recomendado a las personas responsables de la construcción de instalación de alumbrado de vías públicas, permitiéndoles determinar, con base a la tecnología disponible en cada caso particular, la mejor solución técnico - económica de un proyecto de iluminación.

Estas normas tendrán que ser revisadas cada cierto tiempo, debido al avance de la tecnología.

Los tres métodos estudiados para el cálculo de la iluminación de vías públicas son buenos y cada uno tiene su aplicación, se recomienda utilizar para el cálculo basado en las curvas ISOLUX por ser más práctico.

Como recomendación principal de este trabajo es que se -

constituya en el punto de partida para la elaboración del Código Eléctrico Nacional para el diseño de iluminación de vías públicas.

B I B L I O G R A F I A

1. BASCHUK BERNARD J. ARQ., VAINBERG Jorge D. Arq., Criterios de Predimensionado y Métodos de Cálculo de Iluminación, Argentina, 1.977.
2. CARRANZA CASTELLANOS EMILIO, Luminotecnia y sus aplicaciones.
3. CODIGO COLOMBIANO DE ALUMBRADO, Normas I CONTEC
4. ENCALADA SALVADOR, Tesis de Grado, Normas para Iluminación y Equipos de Alumbrados.
5. EQUIPO TECNICO FLECTOR, Luminotecnia, Principios y Aplicaciones.
6. E.E.U.U., Código Eléctrico Nacional.
7. GENERAL ELECTRIC, Product Aplication GUIDE.
8. ILUMINATING ENGINERING SOCIETY, Roadway Lighting.
9. OSRAM, Manual de Alumbrado, Noviembre de 1.975.
10. PHILIPS, Manual de Alumbrado, 1.975.
11. RAMIREZ VASQUEZ JOSE, Sistema de Iluminación Proyecto de Alumbrado, Noviembre de 1.979.
12. WATT JOHN H., Manual del Montador Electricista, España, 1.974
13. WESTINGHOUSE, Manual de Luminotecnia, 1.965.

A N E X O S

GLOSARIOS DE TERMINOLOGIAS APLICADAS EN LUMINOTECNIA

Los términos y definiciones que a continuación se detallan están ordenados alfabéticamente.

ALCANCE: Es la característica de una luminaria que indica cuando alcanza la luz a lo largo - de una calzada.

ALTURA DE MONTAJE(h): Es la distancia entre el plano de referencia y el plano en el cual se encuentran las luminarias.

ANCHURA DEL HAZ: El ángulo (en un plano a través del eje del has) para el cual la intensidad luminosa baja a un porcentaje establecido de la intensidad máxima.

ANGULO SOLIDO (w): Angulo subtendido en el centro de una esfera por un área de la superficie numéricamente igual al cuadrado del radio.
Unidad estereorradian.

BRILLO: Llamada también luminosidad es la propiedad

de la sensación visual según la cual una fuente luminosa parece emitir mayor o menor cantidad de luz.

CEBADOR: Dispositivo para encender una lámpara descarga (especialmente la fluorescente)que provee el precaldeo necesario de los electrodos y/o provoca una sobretensión momentánea en combinación con el balasto en serie.

CLARIDAD: Atributo de la sensación visual el cual - un cuerpo parece transmitir o reflejar - una mayor o menor porción de la luz incidente.

COEFICIENTE DE LUMINANCIA (q): Es la razón de la luminancia de un elemento de la superficie de la calzada a la iluminancia en ese elemento.

Unidad: $\frac{\text{candela x lux}}{\text{metros}^2}$

COEFICIENTE MEDIO DE LUMINANCIA(Qo): Se lo define por el valor promediado del coeficiente de luminancia q sobre un án

gulo sólido especificado de incidencia de luz.

COEFICIENTE REDUCIDO DE LUMINANCIA: Es el producto de luminancia q por $Cos^3\alpha$, siendo α el ángulo de incidencia de la luz.

CONTROL: Es la característica de una luminancia determinada por el valor del índice específico (SLI) y que indica el grado de control de deslumbramiento.

CROMATICIDAD: Calidad de color de un estímulo de color. Se puede definir por su longitud de onda dominante (o complementaria) y su pureza tratadas como conjunto.

CURVA DE DISTRIBUCION DE LUMINANCIA: Curva que representa la luminaria en un plano vertical como función del ángulo - desde el nadir.

CURVA ISOCANDELA: Curva trazada en una esfera imaginaria - con la fuente de luz en su centro que - une todos los puntos que corresponden a aquellas direcciones en las cuales la in

tensidad luminosa tiene el mismo valor o la proyección plana de esta curva.

CURVA ISO-LUMINANCIA: Lugar geométrico de puntos de una superficie donde la luminancia tiene el mismo valor para determinadas posiciones del observador y de la fuente o fuentes de luz con relación a la superficie.

CURVA ISOLUX: Lugar geométrico de puntos de una superficie donde la iluminación tiene el mismo valor.

DESCARGA ELECTRICA EN UN GAS: Paso de una corriente eléctrica a través de gases o vapores gracias a la producción y al movimiento de partículas ionizadas bajo la influencia de un potencial eléctrico. Esto da como resultado una emisión de radiación electromagnética que tiene un papel esencial en todas las aplicaciones de este fenómeno del alumbrado.

DESLUMBRAMIENTO: Estado de visión con molestia o reducción en la capacidad de percibir objetos significativos o ambas cosas a la vez debido a

una distribución o gama de luminancia impropias o debido a contrastes extremos - en el espacio o en el tiempo.

EFICACIA LUMINOSA DE UNA FUENTE DE LUZ: Cociente entre el flujo luminoso emitido y la potencia consumida, se expresa en lúmenes por vatios.

FACTOR CORREGIDO DE ESPECULARIDAD(S1'): Factor que representa el grado de reflexión especular de una calzada mojada.

FACTOR DE DEPRECIACION: Valor recíproco del factor de mantenimiento.

FACTOR DE LUMINANCIA: Relación de la luminancia media en candela/metro cuadrado a la iluminancia media en lux en el alumbrado de vías públicas.

FACTOR DE MANTENIMIENTO O DE CONSERVACION: Relación entre la iluminancia media en el plano de trabajo después de que una instalación de alumbrado ha estado en uso durante un período especificado y la ilumi-

nancia media de una instalación nueva en las mismas condiciones.

FACTOR DE UNIFORMIDAD DE LA LUMINANCIA EN UN PLANO DADO: Medida de la variación de iluminancia en un plano expresada como:

- Razón de la iluminancia mínima a la máxima.
- Razón de la iluminancia mínima a la media.

FACTOR DE UTILIZACION: Relación entre el flujo útil y el flujo emitido por las lámparas.

FACTOR ESPECULAR(S1 y S2): Factor que representa el grado de reflexión especular de una calzada.

FLUJO DIRECTO EN UNA INSTALACION: Es el flujo luminoso que llega directamente al plano de referencia desde las luminarias que forman la instalación.

FLUJO INDIRECTO EN UNA INSTALACION: Flujo luminoso que llega al plano de refe-

rencia después de ser reflejado por otras superficies.

FLUJO LUMINOSO(Ø): Cantidad derivada del flujo radiante mediante una evaluación de la radiación según su efecto sobre un receptor selectivo cuya sensibilidad espectral está definida por las eficiencias luminosas espectrales normalizadas.
Unidad: Lumen.

FLUJO UTIL: Es el flujo luminoso que se recibe sobre el plano en referencia.

ILUMINACION: Aplicación de radiación visible a un objeto.

ILUMINANCIA (E): Es el cociente del flujo luminoso incidente en un elemento de la superficie que comprende el punto dividido por el área de este elemento.
Unidad: lux.

INCANDESCENCIA: Emisión de radiación visible debida a excitación térmica.

INCLINACION DE UNA LUMINARIA: Angulo que determina la posición de la

luminaria con respecto a la horizontal.

INDICE ESPECIFICO DE LA LUMINANCIA(SLI): Parte del control de deslumbramiento - que es inherente a la propia luminaria y por tanto, independiente de la altura de montaje y de la luminancia de la calzada.

INTENSIDAD LUMINOSA DE UNA FUENTE EN UNA DIRECCION DADA(I) : Es el cociente del flujo luminoso que sale de una fuente difundido en un elemento de un ángulo sólido que contiene la dirección dada dividido por el elemento del ángulo sólido.
Unidad: Candela.

INTERDISTANCIA DE LUMINARIAS: Es la distancia entre los centros de dos luminarias sucesivas de una instalación.

LAMPARA DE DESCARGA: Lámpara que produce luz gracias a una descarga eléctrica a través de un gas, y vapor metálico o una mezcla de diver

sos gases y vapores, bien directamente o mediante fósforos.

LAMPARA DE MERCURIO DE ALTA PRESION: Lámpara de vapor de mercurio con o sin capa de fósforo, en la cual en funcionamiento la presión parcial de vapor es del orden de 10^5 N/m^2.

LAMPARA DE MERCURIO DE BAJA PRESION: Lámpara de vapor de mercurio con o sin capa de fósforo, en la cual en funcionamiento la presión parcial de vapor no excede de 100 N/m^2.

LAMPARA DE MERCURIO FLUORESCENTE: Lámpara de mercurio a alta presión en la cual se produce la luz en parte por el vapor de mercurio y en parte por una capa de material fluorescente depositada en la superficie interior de la ampolla exterior excitada por la radiación ultravioleta de la descarga.

LAMPARA DE SODIO A ALTA PRESION: Lámpara de vapor de sodio en la cual en

funcionamiento la presión parcial de va por es del orden de 10^4 N/m^2.

LAMPARA DE SODIO A BAJA PRESION: Lámpara de vapor de sodio en la cual en funcionamiento la presión parcial de va por no excede de 5 N/m^2.

LAMPARA FLUORESCENTE: Lámpara de descarga en la cual la mayor parte de la luz es emitida por una capa de material fluorescente excitada por la radiación ultravioleta de la descarga.

LAMPARA INCANDESCENTE: Lámpara que produce luz mediante un cuerpo calentado a incandescencia por el paso de una corriente eléctrica.

LEY DE LA INVERSA DE LOS CUADRADOS: La que indica que la iluminancia en un punto de un plano perpendicular a la línea - que une este punto con la fuente es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre fuente y plano.

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

LONGITUD DE ONDA: Es la distancia en el sentido de la propagación de una onda periódica entre dos puntos sucesivos en los cuales la fase es la misma (en el mismo instante).

Unidad: metro.

LUMINANCIA (L): Es el cociente del flujo luminoso que sale, llega o atraviesa un elemento de superficie en un determinado punto irradiado en las direcciones definidas por un cono elemental que contiene las mismas dividido por el producto del ángulo sólido del cono y al área de la proyección ortogonal del elemento de la superficie en un plano perpendicular a la dirección dada.

Unidad: Candela por metro cuadrado.

LUMINARIA: Aparato que distribuye, filtra o transporta la radiación luminosa procedente de una lámpara o lámparas y que incluye todos los elementos necesarios para fijar y proteger estas lámparas y para conectarlas a la fuente de energía.

LUZ: Cualquier radiación capaz de causar sensaciones visuales directamente.

PANTALLA: Parte de una luminaria diseñada para impedir que las lámparas sean directamente visibles fuera de determinada gama de ángulo.

POTENCIA RADIANTE: Potencia emitida, transferida o recibida en forma de radiación.
Unidad: Vatio

RENDIMIENTO LUMINOSO DE UNA LUMINARIA: Es la relación entre el flujo luminoso - emitido por una luminancia medida bajo - condiciones específicas de trabajo y la masa total del flujo luminoso de las lámparas funcionando fuera de la luminaria (en condiciones especificadas).

TABLA A.1.

NIVEL Y FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACION SOBRE LA CALZADA EN SERVICIO

ILUMINANCIA (lux)	4	7	15	22	30
UNIFORMIDAD	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
TIPO DE VIA		I.M.H.	VEHICULOS/HORA		
VIA PRINCIPAL CONTINUACION DE CARRETERA DE - RED BASICA AFLUENTE A UNA DE ESTAS.	----	250-500	500-1000	1.000-1.800	Más de 1.800
VIA PRINCIPAL CONTINUACION DE CARRETERA DE RED COMERCIAL.	-----	300-600	600-1200	---	---
VIA PRINCIPAL CONTINUACION CARRETERA DE RED LOCAL O VECINAL.	-----	400-800	---	--	---
VIAS URBANAS	150-300	300-600	600-1200	1200-1400	Más de 2400

Fuente: MANUEL OSRAM.

TABLA Nº A.2.

NIVEL Y FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACION, TENIENDO EN CUENTA LA VELOCIDAD DE TRAFICO RODADO

ILUMINANCIA(Lux)	4	7	15	22	30
UNIFORMIDAD	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
VELOCIDAD	I.M.H. VEHICULOS/HORA				
INFERIOR A 25Km/h	150-400	400-800	800-1600	1600-3200	Más de 3200
SUPERIOR A 55Km/h	150-250	250-400	500-1000	1000-1800	Más de 1800

Fuente: MANUAL OSRAM.

TABLA NºA.3.

NIVEL Y FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINACION SOBRE LA CALZADA Y EN SERVICIO, EN AUSENCIA DE DATOS NUMERICOS SOBRE EL TRAFICO.

	VALORES MINIMOS		VALORES NORMALES	
	ILUMINACION MEDIA(Lux)	FACTOR DE UNIFORMI-	ILUMINACION MEDIA(lux)	FACTOR DE UNIFORMI-DAD.
CARRETERA DE LAS REDES BASICAS O AFLUENTES	15	0,25	22	0,30
VIAS PRINCIPALES O DE PENETRACION,CONTINUACION DE LAS CARRETERAS DE LAS REDES BASICAS O AFLUENTES.	15	0,25	22	0,30
VIAS PRINCIPALES O DE PENETRACION,CONTINUACION DE CARRETERAS DE LA RED COMERCIAL	10	0,25	15	0,25
VIAS PRINCIPALES O DE PENETRACION,CONTINUACION DE CARRETERAS DE LAS REDES LOCALES O VECINAL.	7	0,20	10	0,25
VIAS COMERCIALES CON TRAFICO RODADO, EN GENERAL	7	0,20	15	0,25
VIAS COMERCIALES SIN TRAFICO RODADO	4	0,20	10	0,25
VIAS RESIDENCIALES CON TRAFICO RODADO.	7	0,15	10	0,25
PLAZAS EN GENERAL	7	0,15	10	0,25

Fuente: MANUAL OSRAM.

BIBLIOTECA

TABLA Nº A.4.

ALTURA RECOMENDABLES DEL PUNTO DE LUZ EN FUNCION DE LA POTENCIA LUMINOSA INSTALADA

POTENCIA LUMINOSA INSTALADA (Im)	ALTURA DEL PUNTO DE LUZ (m)
3.000 - 9.000	6,5 a 7,5
3.000 - 19.000	7,5 a 9
> 19.000	> 9

Fuente: MANUAL OSRAM

TABLA Nº A.5.

RELACION ENTRE LA SEPARACION Y ALTURA DE LOS PUNTOS DE LUZ

ILUMINANCIA MEDIA Emed (Lux)	RELACION SEPARACION/ALTURA
$2 \leq Emed < 7$	4 a 5 (*)
$7 \leq Emed < 15$	3,5 a 4
$15 \leq Emed < 30$	2 a 3,5

Fuente: MANUAL OSRAM

(*) Excepcionalmente 6

TABLA Nº A.6.

VALORES MINIMOS Y RECOMENDADOS DE LA RELACION ENTRE LA ALTURA DEL PUNTO DE LUZ Y LA ANCHURA DE LA CALZADA PARA DISTINTOS TIPOS DE DISPOSICION DE LOS PUNTOS DE LUZ

TIPO DE DISPOSICION	RELACION $\frac{\text{ALTURA DEL PUNTO DE LUZ}}{\text{ANCHURA DE LA CALZADA}}$	
	VALOR MINIMO	VALOR RECOMENDABLE
UNILATERAL	0,85	1
BILATERAL AL TRESBOLILLO	1/2	2/3
BILATERAL PAREADA	1/3	1/2

Fuente: MANUAL OSRAM

BIBLIOTECA

TABLA Nº A.7.

FACTOR DE CONSERVACION DEL FLUJO LUMINOSO DE ALGUNAS LAMPARAS

TIPO DE LAMPARA	FACTOR ORIENTATIVO
INCANDESCENTE	0,80
LUZ MEZCLA	0,75
MERCURIO DE ALTA PRESION	0,80
SODIO DE ALTA PRESION	0,80
SODIO DE BAJA PRESION	0,90

Fuente: MANUAL OSRAM

TABLA Nº A.8.

FACTOR DE CONSERVACION POR SUCIEDAD

TIPO DE LUMINARIA	FACTOR RECOMENDADO
HERMETICA	0,87 a 0,80
VENTILADA	0,80 a 0,70
ABIERTA	0,75 a 0,65

Fuente: MANUAL OSRAM

TABLA Nº A.9.

NIVELES MEDIOS DE ILUMINACION ACONSEJADOS PARA CALLES Y AUTOPISTAS

TRAFICO DE PEATONES	CLASIFICACION DEL TRAFICO DE VEHICULOS				RELACION DE UNIFORMIDAD - ACONSEJADO MIN/MED
	Menos de 150 v/h	150 a 500 v/h	500 a 1200 v/h	Mas de 1200 - v/h	
DENSO	9	12	15	18	0,6
MEDIO	6	9	12	15	0,3
ESCASO	3	6	9	12	0,1

Fuente: CRITERIOS DE PREDIMENSIONADOS Y METODO DE CALCULO DE ILUMINACION.

TABLA Nº A.10.

COSTO DE UTILIZACION DE LAMPARAS DE DISTINTOS TIPOS

LUMENES DE LA LAMPARA TIPO A : $\emptyset_A$

LUMENES DE LA LAMPARA TIPO B : $\emptyset_B$

C O N C E P T O S		T I P O A	T I P O B
DATOS BASICOS	1. Vida de la lámpara 2. Consumo en W (lámpara + accesorios + 3%línea 3. Costa de energía por KWH 4. Utilización anual		
COSTO INICIAL	5. Costo de los accesorios 6. Costo neto de la lámpara 7. Costo estimativo de los conductores por lámpara 8. Costo total (5 + 6 + 7)		
AMORTI-ZACION	9. Costo inicial, sin lámpara (5 + 7) 10. Amortización anual		
COSTOS ANUALES DE CONSERVACION Y CONSUMO DE ENERGIA	11. Número de lámparas reemplazadas anualmente(4:1) 12. Costo anual por reemplazamiento de lámparas - (6 x 11) 13. Costo anual de conservación accesorios 14. Costo de reposición de una lámpara 15. Costo total de reposición (11 x 14) 16. Costo total de conservación (12 + 13 + 15) 17. Costo anual de energía (2 x 3 x 4: 1000)		
COSTOS ANUALES DE EXPLOTACION	18. Costo anuales de explotación (10 + 16 + 17) 19. Costo anuales de explotación por 1000 lumenes $1000 \frac{(18)}{\emptyset}$		

Nota: Los valores de $\emptyset_A$ y $\emptyset_B$ deben ser muy parecidos

Fuente: MANUAL DE OSRAM