



APLICACIONES INDUSTRIALES

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO VIARIO

Israel Omar Mockey Coureaux

Eustorgio Millán Alvarez

Resumen / Summary

En este trabajo se propone una metodología general para la realización de estudios y/o proyectos de las instalaciones de alumbrado viario. Los principales aportes de esta metodología es la consideración en la determinación de la interdistancia de las unidades luminosas considerando la máxima utilización de las fuentes luminosas, lográndose así un considerable ahorro de recursos materiales y energéticos. Por otra parte, se implementan las vías para el análisis cualitativo del sistema de alumbrado considerando la uniformidad luminosa, la luminancia y la limitación del deslumbramiento.

Palabras Claves: Alumbrado Vario, Máxima utilización de las fuentes luminosas,

In this paper the authors present a general methodology for the realization of studies and/or projects of the roadway lighting facilities. The main contributions of this methodology are the consideration in the determination of the interdistance of the luminous units considering the maximum use of the luminous sources, being achieved this way a considerable saving of material and energy resources. On the other hand, the roads are implemented for the qualitative analysis of the illumination system considering the luminous uniformity, the luminance and the glare limitation.

Key Words: Road lighting, Maximum use of the luminous sources.

Generalidades

Se puede definir una instalación de alumbrado viario a aquella instalación de alumbrado en exteriores relacionada con el tráfico de vehículos y peatones; ya sea en calles, avenidas, autopistas, etc. El objetivo fundamental del alumbrado viario, para cualquier tipo de vía, es proveer seguridad y comodidad para el tráfico, tanto peatonal como de vehículos, mediante una visibilidad adecuada durante la ausencia de la luz natural.

Procedimiento general propuesto para el estudio de instalaciones de alumbrado viario [1-2]

Para el cálculo de iluminación instalaciones de alumbrado viario se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- I. Objetivos y especificaciones.
- II. Selección del nivel luminoso mínimo recomendado.
- III. Selección de la lámpara y la luminaria.
- IV. Determinación de la altura de montaje del punto de luz.
- V. Determinación del coeficiente de utilización.
- VI. Selección de la disposición de las unidades luminosas.
- VII. Determinación del factor de pérdida de luz.
- VIII. Determinación del espaciamiento entre unidades luminosas.
- IX. Comprobación del cumplimiento de los aspectos cualitativos.

Objetivos y especificaciones

En esta primera etapa del estudio se definen una serie de aspectos, datos y características de la instalación que permitirán llevar a cabo esta tarea con éxito. El tipo de vía está determinado, fundamentalmente, por la intensidad del tráfico tanto de vehículos como de peatones; lo cual, a su vez, determinan los niveles de iluminación como parámetro principal regido en el caso nuestro por las normas cubanas.

Selección del nivel luminoso mínimo recomendado

El nivel de iluminación mínimo recomendado, está en correspondencia con la categoría de la vía [3].

Selección de la lámpara y la luminaria

Para proporcionar la iluminación adecuada en una instalación de alumbrado viario y permitir, a la vez, un uso racional de la energía eléctrica, el aspecto más importante es la selección de las fuentes luminosas y el logro de su máximo aprovechamiento.

En este tipo de instalaciones se utilizan las lámparas de descargas de alta intensidad HID, dentro de ellas las de Vapor de Sodio son las más generalizadas en la actualidad por su elevada eficiencia y menor depreciación del flujo luminoso durante el tiempo de vida útil. A ello se le unen las características de la luz que producen (luz amarilla – blanca) lo cual facilita la visibilidad durante las noches lluviosas o con neblina [4].

Las luminarias, por su parte, deben cumplir con los requerimientos generales (ópticos, mecánicos, eléctricos y estéticos). Es necesario precisar que el tipo de luminaria seleccionada, tanto con respecto a su distribución de luz como el grado de protección contra la suciedad que ofrece, también tiene una influencia considerable sobre los costos y el consumo de energía

Determinación de la altura de montaje del punto de luz

La altura de montaje de la luminaria, en una instalación de alumbrado viario, tiene una enorme influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos. Su valor debe ser asumido en función del flujo luminoso de la lámpara seleccionada.

Determinación del coeficiente de utilización [2]

El factor de utilización caracteriza la cantidad de luz que llega a la vía con respecto a la que emite la luminaria. La utilización de la luminaria, y por ende el factor de

utilización, varía en dependencia del enfoque del punto de luz hacia la vía. Logrando un enfoque de la luminaria, para el cual se obtenga el máximo factor de utilización, se garantizará el máximo aprovechamiento de la fuente

luminosa. Esto implica un mayor espaciamiento entre unidades luminosas y por tanto la utilización de menor cantidad de estos equipos a lo largo de la vía, con el consiguiente ahorro de materiales y recursos.

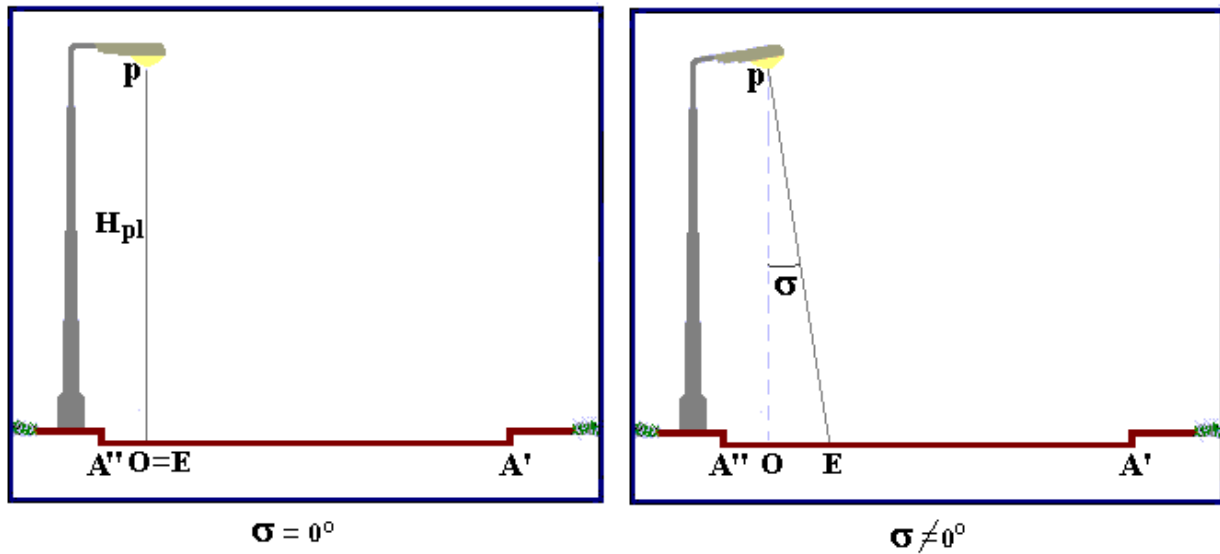


Figura 1: Influencia de la inclinación del brazo de la luminaria en la determinación del factor de utilización

Para la determinación de este factor se utilizan las curvas de igual nombre y las relaciones que aparecen a continuación, las cuales se definen tomando como referencia la línea de enfoque. Ver figura 1.

$$r_v = \frac{OA'}{H_{pl}} - \operatorname{tg} s \quad (1)$$

$$r_a = \frac{OA''}{H_{pl}} + \operatorname{tg} s \quad (2)$$

Luego el factor de utilización será:

$$K_u = K_1 + K_2 \quad (3)$$

Determinando este factor para diferentes valores de inclinación del brazo de la luminaria se puede seleccionar aquella para la cual se logre el máximo factor de utilización.

Determinación del espaciamiento entre unidades luminosas [5]

Para la determinación de la distancia entre unidades luminosas se aplica el Método de los Lúmenes a partir de la expresión siguiente

$$D_{\max} = \frac{f \cdot K_{u \max} \cdot K_m}{E_m \cdot A} \quad (4)$$

Comprobación del cumplimiento de los aspectos cualitativos

Los principales requerimientos cualitativos a tomar en cuenta en este tipo de instalaciones de alumbrado son: la uniformidad luminosa, la luminancia y su uniformidad en la vía y la limitación del deslumbramiento.

Uniformidad luminosa sobre la vía [1,2,5,6]

Para el análisis de la uniformidad luminosa se definen dos tipos de uniformidades a comprobar, que son:

UNIFORMIDAD MEDIA

$$U_{med} = \frac{E_{\min}}{E_{med}} \quad (5)$$

UNIFORMIDAD EXTREMA

$$U_{ext} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} \quad (6)$$

Se propone el llamado método de los nueve puntos, el cual por experiencia y los resultados obtenidos, se considera el idóneo para nuestras condiciones [5].

Una vez que se fijan los nueve puntos, se procede a determinar la iluminación mantenida en cada uno de ellos, con la aplicación del método de la Iluminancias puntuales o Punto por punto.

La iluminación media sobre la vía será:

$$E_{med} = \frac{E_{m5}}{4} + \frac{E_{m2} + E_{m4} + E_{m6} + E_{m8}}{8} + \frac{E_{m1} + E_{m3} + E_{m7} + E_{m9}}{16} \quad (7)$$

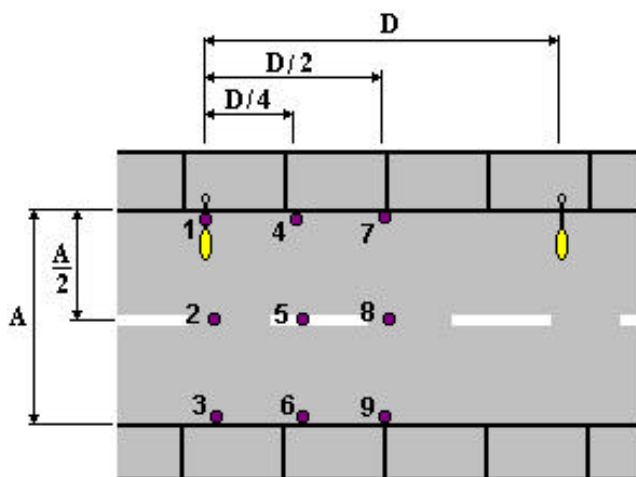


Figura 2: Ubicación de los nueve puntos para el análisis de la uniformidad luminosa

Luminancia o brillo de la vía [1,2,5,6]

Otro criterio de calidad en el alumbrado viario es el nivel de la luminancia de la calzada o vía. En la iluminación de vías públicas se consideran ángulos de observación comprendidos entre $30'$ y $1^\circ 30'$, en el cual el ojo del observador se encuentra a 1.5 m sobre la calzada, aproximadamente

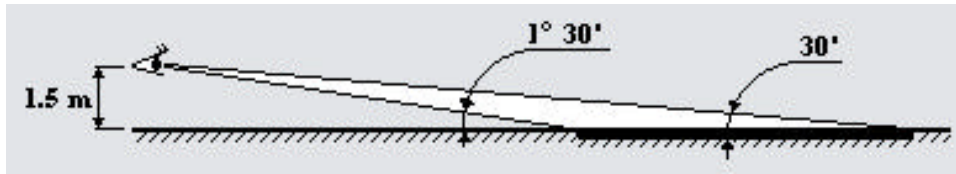


Figura 3: Sección de la vía de interés para el estudio de su luminancia

La luminancia se puede obtener conociendo: la iluminación sobre la sección en la vía de interés y las características reflectantes del pavimento.

$$L_{med} = \frac{E_{medl}}{R} \quad (8)$$

En este caso se debe determinar la iluminación media en las zonas de mayor interés para el estudio de la luminancia, la cual se considera en el centro de las sendas [1,2]. Vea la figura 4.

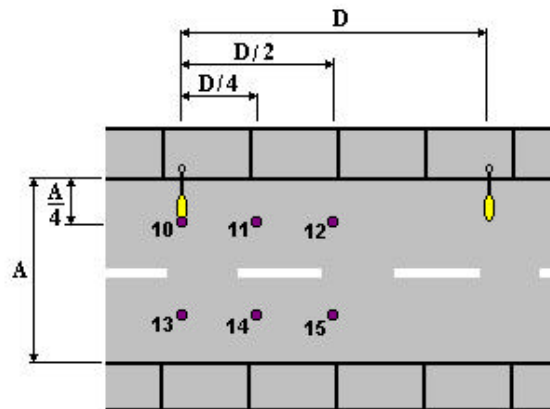


Figura 4: Ubicación de los seis puntos para el análisis de la luminancia en una vía con dos sendas.

En este caso el valor de iluminación será:

$$E_{medl} = \frac{E_{m11} + E_{m14}}{4} + \frac{E_{m10} + E_{m12} + E_{m13} + E_{m15}}{8} \quad (9)$$

Por otra parte el factor de reflectancia del pavimento estará en función de su tipo y grado de suciedad.

Limitación del deslumbramiento en vías públicas [1,2,6].

La evaluación cualitativa de un sistema de iluminación debe incluir el estudio de la ocurrencia o no de deslumbramientos. La molestia provocada por la existencia de deslumbramiento se puede indicar por un índice G , el cual a través de una escala numérica expresa la apreciación subjetiva experimental del grado de molestia.

$$G = IEL + 0.97 \cdot \log L_{med} + 4.41 \cdot \log H' - 1.46 \cdot \log L_k \quad (10)$$

Conclusiones:

1. Se ofrece un procedimiento para el estudio y proyección de las instalaciones de alumbrado viario que permite realizar un análisis integral de los diferentes aspectos cuantitativos, cualitativos y económicos que en ello intervienen; donde no sólo se aborda la selección de la fuente luminosa, su disposición, sino también los requerimientos de uniformidad luminosa, luminancia y limitación del deslumbramiento.
2. Se abordan los criterios que se deben contemplar para lograr la máxima utilización de las fuentes luminosas en proyectos de alumbrado viario, a partir de la obtención de la inclinación del brazo que soporta la luminaria.
3. A partir de la sección de vía que se recomienda internacionalmente para el análisis de la luminancia, se implementaron los puntos de interés para dicho estudio, así como la expresión ponderada para la obtención de la iluminación media en dicha sección, con lo cual y conociendo las características reflectantes del pavimento se puede determinar el nivel de brillo de la vía.

Referencias Bibliográficas.

1. Mockey, I. O: "Estudio de las Instalaciones de alumbrado en interiores y viario". Tesis presentado en opción al grado de Master en Ciencias. Universidad de Oriente. 2000
2. Mockey, I. O: "Iluminación Moderna". Monografía de excelencia en CD-ROOM con ISBN: 959-207-028-8. Cuba. 2001

3. SLUZ: Manual de formación en iluminación. 1999.
4. Holophane: Manual de Alumbrado. México. 1997.
5. SOCELEC: Recomendaciones relativas de la iluminación de vías públicas. 1990.
6. Philips: Manual de Alumbrado. Argentina. 1997

AUTORES:

Israel Omar Mockey Coureaux

Nació en Santiago de Cuba, Cuba el 8 de Marzo de 1971. Graduado de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente en julio de 1994, institución en la que labora como profesor asistente de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electroenergética. Graduado de Master en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Oriente en julio del 2000. Imparte las asignaturas relacionadas con las instalaciones Eléctricas Su trabajo de investigación ha estado relacionado con el ahorro y uso racional de la energía eléctrica en las instalaciones industriales, tanto de alumbrado como de fuerza.

email: iomc@fie.uo.edu.cu

Eustorgio Millán Alvarez.

Nació en Bayamo, Cuba el 30 de Noviembre de 1939. Graduado de Ingeniero Electricista en 1965 en la Universidad de Oriente. Trabajó inicialmente durante 5 años en la empresa de proyectos

eléctricos del MINAZ. Desde 1970 trabajó como profesor en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en el área de la Instalaciones Eléctricas Industriales. Ha desarrollado una intensa labor investigativa relacionado con el ahorro y uso racional de la energía eléctrica en las instalaciones industriales, tanto de alumbrado como de fuerza. Actualmente se encuentra jubilado, ostentaba la categoría de Profesor Auxiliar al momento de su jubilación

Símbolos y abreviaturas

HID	—	descarga de alta intensidad
p	—	punto de luz
Hpl	—	altura del punto de luz
s	—	ángulo de inclinación del brazo de la luminaria
E	—	punto de enfoque del punto de luz sobre la vía
A	—	ancho de la vía
A'	—	parte inferior del bordillo opuesto a la ubicación de la unidad luminosa
A''	—	parte inferior del bordillo donde esta ubicada la unidad luminosa
O	—	proyección del punto de luz
OA'	—	distancia entre la proyección del punto de luz y el bordillo opuesto a la ubicación de la unidad luminosa
OA''	—	distancia entre la proyección del punto de luz y el bordillo donde esta ubicada la unidad luminosa
r_v	—	relación para determinar la componente del factor de utilización hacia la vía
r_a	—	relación para determinar la componente del factor de utilización hacia la acera
K_u	—	factor de utilización
K_1	—	componente del factor de utilización hacia la vía
K_2	—	componente del factor de utilización hacia la acera
f	—	flujo luminoso de la lámpara
K_{umax}	—	factor de utilización máximo
K_m	—	factor de depreciación de la iluminación
E_m	—	iluminación exigida
D_{max}	—	distancia entre unidades luminosas máxima
U_{med}	—	uniformidad luminosa media
U_{ext}	—	uniformidad luminosa crítica o extrema
E_{min}	—	iluminación mínima en el tramo de vía donde se analiza la uniformidad luminosa
E_{max}	—	iluminación máxima en el tramo de vía donde se analiza la uniformidad luminosa
E_{med}	—	iluminación media en el tramo de vía donde se analiza la uniformidad luminosa
L_{med}	—	luminancia media de la vía
E_{medL}	—	iluminación media en el tramo de vía donde se analiza la luminancia
R	—	factor de reflectancia del pavimento
G	—	índice de deslumbramiento en las vías
IEL	—	índice específico de la luminaria
H'	—	altura entre el ojo del observador y el punto de luz
Lk	—	número de unidades luminosas por kilómetro de vía