



PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EL ALUMBRADO DE ÁREAS URBANAS

Prof. Ing. Pedro Adolfo Bazalar Vidal; Ing. Pablo Ruben Ixtaina

Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

Camino Centenario e/505 y 508 (1897) Gonnet - Argentina

Tel/Fax 54-221-4842686 54-221-4712721.

e-mail: ciclal@gba.gov.ar - pixtaina@yahoo.com

RESUMEN

La finalidad de toda instalación de Alumbrado Público es brindar un nivel de iluminación acorde con las necesidades de los usuarios (sean estos vecinos, transeúntes y/o conductores de vehículos), y mantener ese nivel durante toda su vida útil. Lo anterior implica una tarea de gestión tendiente a minimizar el consumo energético a través de un adecuado control de los principales factores de depreciación del flujo emitido por las luminarias.

El estudio presentado en este trabajo, apunta justamente a recabar datos ciertos sobre la depreciación del nivel de alumbrado, a partir de los cuales se puedan elaborar planes de mantenimiento que aseguren que la iluminación esté en todo momento por sobre los niveles prescritos, minimizando por otra parte el mal uso de la energía que implica mantener encendida una luminaria con su cubierta sucia.

ABSTRACT

The purpose of a public lighting system is to provide a level of illumination in agreement with the necessities of the users (neighbours, pedestrians, and/or drivers), and to maintain that level over all its useful life. The above mentioned implies a task of management think to optimise the energy consumption through an appropriate control of the main factors of depreciation of the flow emitted by the luminaries.

The study presented in this work, is in way to obtain real data about the depreciation of the illumination level, starting from which maintenance plans can be elaborated, in way of maintaining in all moment the illumination over the prescribed levels, minimising the wrong use of the energy that implies to maintain in on luminaries with their cover dirty.

1 Introducción.

En toda instalación de alumbrado, sea ésta para iluminación de interiores o exteriores, se presenta el fenómeno conocido como depreciación, término genérico con el que se denomina la paulatina disminución de los niveles de iluminación y uniformidad obtenidos inicialmente. La experiencia nos indica que, conforme se incrementen las horas de uso de la instalación, los valores medios de iluminación disminuirán siguiendo una curva como la indicada en la figura 1.

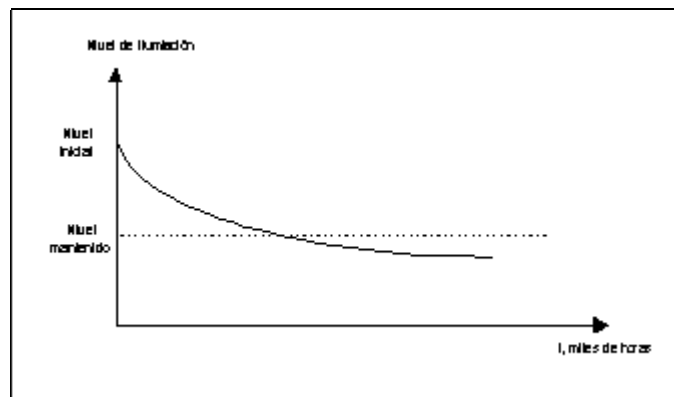


Fig. 1. Depreciación del nivel de alumbrado.

En la figura se designa como nivel inicial al valor medio de luminancia o iluminancia (según sea el caso) obtenido en las primeras horas de funcionamiento del sistema, y como mantenido al nivel de diseño, basado seguramente en alguna normativa o recomendación que fija los requerimientos de iluminación para las actividades propias del espacio a iluminar.

Hay aquí varios puntos que requieren un análisis más profundo. En primer lugar, debe preverse alguna tarea correctiva para el momento en que el nivel de iluminación caiga por debajo del denominado nivel mantenido, puesto que el sistema no cumpliría ya con los parámetros de diseño originariamente propuestos. Esta acción puede incluir, como veremos en detalle más adelante, una simple limpieza de artefactos, recambio de componentes, etc. Otro tema es qué diferencia adoptar entre el nivel inicial y el mantenido, lo cual es (aunque no siempre se lo considere) un parámetro de diseño. Una instalación puede plantearse con acciones correctivas muy espaciadas, con periodos, por ejemplo, iguales a la vida útil de las lámparas. En tal caso tendremos una amplia diferencia entre ambos niveles. La opción inversa es también válida. Todo depende, en principio, de una cuestión de costos: hay que buscar el equilibrio entre lo que se gasta en estas tareas de mantenimiento y el mal aprovechamiento de la energía que implica usar una instalación depreciada.

Por otra parte, si pensamos con un criterio de "uso racional de la energía", es una mala política exagerar la brecha entre niveles iniciales y mantenidos, ya que implica que el sistema de alumbrado se use durante un tiempo considerable con baja eficiencia (a causa, por ejemplo, de suciedad de las luminarias, lámparas gastadas, etc.). Surgen de echo ciertos límites razonables, algunos de los cuales se han volcado en Recomendaciones Nacionales e Internacionales. A modo de ejemplo, en el caso de instalaciones de alumbrado público (que son el objeto del presente estudio), la normativa vigente en la República Argentina (IRAM, 1995), establece como máximo tolerable una caída del nivel inicial del 25%.

Impuesto este límite, resta el problema de cómo deben encararse estas tareas de mantenimiento. Una primera opción sería simplemente esperar a que la iluminación caiga a niveles cercanos al mantenido. Deberán efectuarse mediciones periódicas y, llegado el momento, iniciar el mantenimiento. Si pensamos en una instalación de alumbrado público de mediana o gran envergadura (una autopista, un barrio, etc.), involucrando zonas de desigual polución ambiental, distintos tipos de lámpara y luminarias, etc., se comprende rápidamente que esta forma de encarar el tema no es la más inteligente. Llegado el momento, habrá una gran demanda de personal y equipamiento para efectuar las tareas correctivas, sumada a los habituales trabajos de mantenimiento de la instalación. El resultado suele ser lo que vemos bastante a menudo, zonas pobremente iluminadas a causa de luminarias muy deterioradas, y un notable incremento en los costos de recuperación de equipos.

Una mejor alternativa es poseer una política de mantenimiento que, planificada conjuntamente con el proyecto de la instalación, estipule claramente los intervalos para la realización de limpiezas de artefactos, recambios de lámparas, etc. Para la confección de tal programa de mantenimiento, es preciso contar con datos que permitan prever la depreciación de los niveles de alumbrado, tema que abordaremos en el punto siguiente.

2 Depreciación de los niveles de alumbrado.

Resulta útil expresar la siguiente relación entre los niveles de alumbrado a lo largo de la vida de la instalación:

$$E = D_1 D_2 D_3 \dots D_N E_i \quad [1]$$

E es el nivel de alumbrado luego de determinadas horas de uso de la instalación, E_i el inicial y los coeficiente D_1 hasta D_N , (obviamente todos menores que 1) son los que ponderan las distintas fuentes de pérdida de flujo luminoso: depreciación de lámparas, ensuciamiento de sistema óptico de las luminarias, deterioro de balastos, etc. Todos ellos son función de las horas de uso del sistema, y su predicción permite estimar la pérdida total. Cabe aclarar que hemos empleado el término E para designar los niveles de iluminación, haciendo referencia al caso de iluminancia (E, medida en lux), pero lo anterior tiene su lógica extensión para el trabajo con luminancias.

Adoptando una dada depreciación, por ejemplo del 25%, la expresión anterior nos permite obtener el valor máximo que podrá alcanzar el producto de los coeficientes D. El posterior análisis de los mismos nos dará la cantidad de horas a las que deberemos iniciar las tareas de mantenimiento correctivo.

De los anteriores, dos son los términos de mayor influencia: la depreciación de las lámparas y le pérdida de flujo por ensuciamiento del sistema óptico de las luminarias. Hoy otros factores que suelen indicarse en los diversos manuales sobre luminotecnica (balastos, alteración en la posición de las luminarias, etc.), pero su importancia es menor, pensando en que se ha asegurado la calidad de los componentes instalados (IES, 1982).

2.1 Depreciación de lámparas.

Para conseguir información experimental sobre la depreciación de un tipo dado de lámparas, es necesario mantener encendido un lote, en condiciones controladas de funcionamiento, durante un número suficiente de horas. Si pensamos en lámparas de descarga, la experiencia debería realizarse durante, al menos, 8 o diez mil horas. Resulta entonces que son los fabricantes de lámparas los naturalmente capacitados para efectuar pruebas de este tipo, quedando el proyectista sujeto a los datos que éstos puedan brindar.

Afortunadamente, hay una buena coincidencia entre los datos de vida útil y depreciación suministrados por los distintos fabricantes de fuentes luminosas. Hay que agregar además, que para las lámparas que llevan ya varios años en el mercado (por ejemplo, mercurio o sodio alta presión, en potencias desde 100 W hasta 400 o 1000 W), la veracidad de esta información pudo comprobarse por su desempeño en las instalaciones existentes.

La información sobre depreciación se entrega, por lo general, en curvas, como la ejemplificada en la figura 2, en las que se indica como declina el flujo en función de las horas de uso de la instalación.

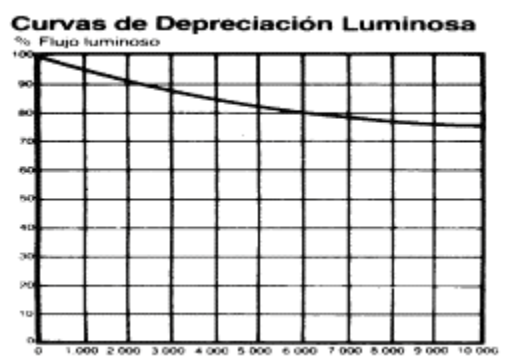


Fig. 2. Disminución del flujo luminoso en función de las horas de uso (lámpara a vapor de mercurio halogenado).

2.2 Depreciación por ensuciamiento.

El factor que pondera la pérdida de iluminación por ensuciamiento resulta, en la casi totalidad de los casos, muy difícil de estimar (de Boer, 1980). Este depende fundamentalmente del tipo de luminaria instalado (estanqueidad y hermeticidad del recinto óptico, calidad de los cierres y juntas, etc.), condiciones climáticas de la zona y el nivel de contaminación o polución local, lo que implica que difícilmente puedan aplicarse para la valoración de esta depreciación los datos que aparecen publicados en manuales o Recomendaciones sobre alumbrado, surgidos de estudios realizados en países desarrollados de Europa y en EE.UU. Este fue el motivo que impulsó el estudio que aquí se presenta, y cuyo objetivo central es proponer una metodología de trabajo que permita obtener datos reales sobre esta problemática.

3 El estudio

El estudio se inicia a partir de una consulta efectuada a nuestro Laboratorio por personal de mantenimiento eléctrico del Consorcio Autopistas del Sol S.A. Dicha empresa tiene a su cargo la gestión de uno de los más importantes accesos a la Ciudad de Buenos Aires, la llamada autopista Panamericana. Incluye mas de 5 MW de potencia instalada para el alumbrado público vial, con cerca de 15000 puntos de luz, cubriendo tronco de autopista, distribuidores, calles colectoras, zonas de peaje, etc. En una instalación de esta envergadura, la problemática antes enunciada adquiere máxima importancia, de donde surge la necesidad de contar con una planificación basada en datos ciertos.

El estudio se inicia con el siguiente plan de trabajo:

- **Identificación y tipificación de zonas para su seguimiento como "zonas testigo"**. Se trabajó sobre los principales puntos que atañen a la depreciación de los niveles de alumbrado: altura de montaje, particularidades del tránsito, nivel de polución, tipo y potencia de lámpara.
- **Recolección de datos en las "zonas testigo"**: fecha de instalación de las luminarias, estado inicial (si se trataba de una luminaria nueva o no), estimación de las horas diarias de encendido.
- **Retiro de las cubiertas de las luminarias luego de un período de uso.**
- **Medición en el Laboratorio de la pérdida de trasmittancia lumínica de las cubiertas por ensuciamiento.**
- **Análisis de los datos recabados. Confección de curvas de depreciación.**
- **Confección de planes de mantenimiento para cada "zona testigo"**.

El personal de mantenimiento de la Autopista se hizo cargo de los primeros puntos del plan, ya que contaban con la experiencia necesaria para identificar las zonas más conflictivas. Entre las tareas más delicadas puede mencionarse la de retirar y clasificar las cubiertas o refractores de la instalación. Los equipos tenían entre 12 y 20 meses de instalados, y fue importante conservar intacta la película de suciedad que los recubría, lo que implicó un manejo y almacenado cuidadoso, seguido del posterior traslado al Laboratorio.

En cuanto a las mediciones, se realizó la fotometría de un artefacto nuevo, tomando a su cubierta (que estaba obviamente limpia) como referencia. Posteriormente, la fotometría se repitió para la misma luminaria, reemplazando el refractor por uno de los retirados de la instalación. Con estos datos pudo estimarse la disminución relativa de las intensidades luminosas y el flujo emitido, relacionadas directamente con la disminución del nivel de alumbrado de la vía de tránsito. El mismo procedimiento se repitió para todas las cubiertas remitidas al Laboratorio, que fueron alrededor de treinta para esta primera fase del estudio.

3 Resultados.

Los datos recabados posibilitaron el trazado de curvas de depreciación luminosa por ensuciamiento. Como era de esperar, en cada "zona testigo" se obtuvieron niveles muy dispares de depreciación, algunos de los cuales pudieron ser identificados con zonas naturalmente "sucias", como por ejemplo las luminarias que estaban instaladas en tramos de frenado o de detención del transporte público. Esto determinó que se confeccionaran familias de curvas para cada "zona testigo", con niveles máximos, mínimos y promedio de ensuciamiento, como se ve en el siguiente ejemplo:

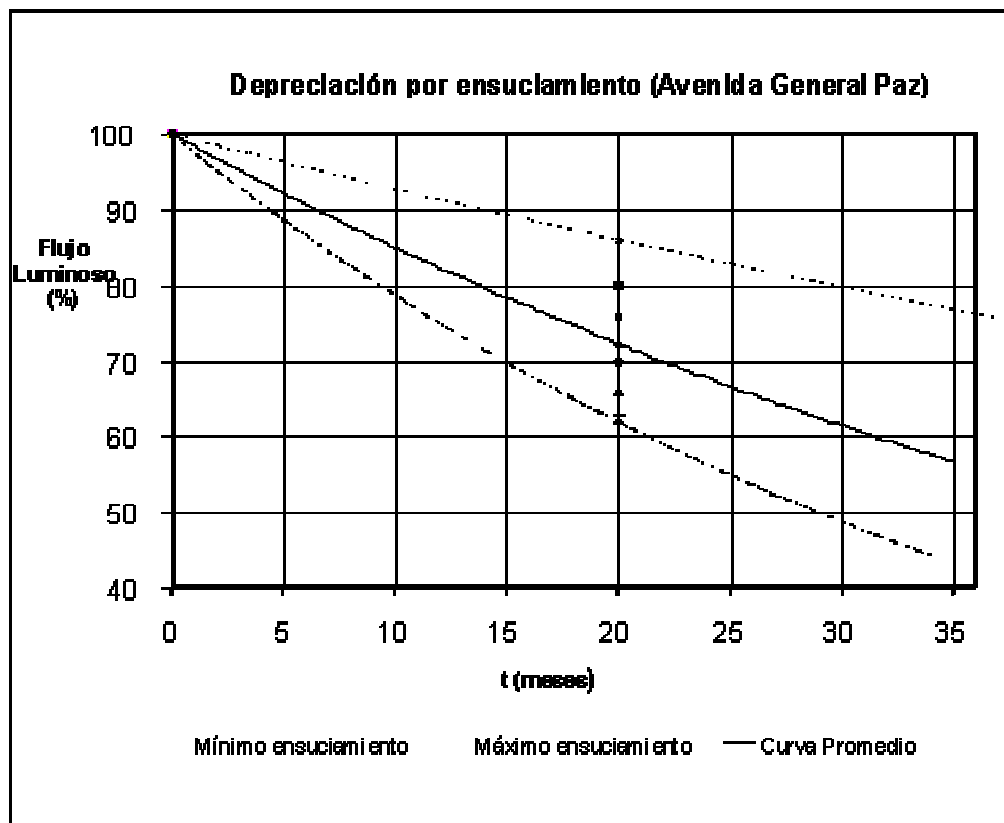


Fig. 3. Ejemplo de presentación de datos de depreciación por ensuciamiento.

Los datos presentados como ejemplo se corresponden con la "zona testigo" denominada Avenida General Paz, autopista urbana que rodea parte de la Ciudad de Buenos Aires. Más exactamente, las luminarias analizadas se encontraban instaladas en calles laterales (denominadas colectoras), destinadas al tránsito local y empleadas además como vías de ingreso o egreso a la autopista propiamente dicha. Entre las particularidades de esta zona tenemos:

- Alta densidad de tránsito, a moderada o baja velocidad (menor a 70 km/h).
- Luminarias instaladas a baja altura de montaje (7 m).
- Dos tipos de lámpara: Vapor de sodio alta presión y vapor de mercurio halogenado.
- Cubiertas (refractores) de vidrio prismado.

Las curvas se obtuvieron a partir de una interpolación y extrapolación, ya que sólo poseíamos datos de dos puntos particulares: la emisión inicial (marcada como 100 % en las curvas) y la pérdida relativa, medida en las pruebas de laboratorio, luego de un cierto período de uso (20 meses en el caso ejemplificado). Sin embargo, la forma de la

curva puede considerarse como típica para esta clase de fenómenos, y surge de considerar que la suciedad sobre la cubierta produce una pérdida de flujo constante en un corto intervalo de tiempo Δt . De esta forma, si llamamos ϕ_i al flujo luminoso inicial, ϕ al resultante luego de un cierto tiempo t , se puede demostrar que es válida la siguiente relación:

$$\phi = \phi_i e^{-kt} \quad [2]$$

donde k es una constante que magnifica el ensuciamiento.

4.1 Confección del plan de mantenimiento.

Conocidos los datos reales de depreciación del flujo luminoso, y fijado el tipo de lámpara, resta para la confección del plan establecer los períodos en los cuales el nivel de alumbrado cae un determinado porcentaje con respecto al inicial. Como ya se mencionó, se empleó en nuestro caso lo fijado en la Norma IRAM, o sea, un coeficiente de depreciación total de 0,75, debiendo entonces establecerse los períodos para los cuales el producto entre la depreciación de la lámpara y el ensuciamiento de la luminaria alcancen este valor. Partiendo de una luminaria nueva, y considerando un uso medio de 330 horas/mes, la tabla 1 resume este cálculo.

Tabla 1. Ejemplo de plan de mantenimiento

Zonas con ensuciamiento medio. - Lámparas de Vapor de Mercurio Halogenado				
Meses desde la instalación del artefacto (lámpara nueva)	Mantenimiento	Depreciación		Depreciación total resultante
		Lámpara	Luminaria	
8	1 ^{er} limpieza	0,87	0,87	0,76
14	2 ^{da} limpieza	0,83	0,90	0,75
19	3 ^{er} limpieza	0,80	0,92	0,74
24	Recambio de lámpara	0,80	0,92	0,74

La tabla anterior es un ejemplo de la información que se entregó como resultado del estudio, y debe considerarse un plan tentativo. El personal encargado de realizar el mantenimiento es el que debe luego replantear los plazos indicados, de modo de ajustar el plan a sus reales posibilidades en cuanto a disposición de materiales, equipos y personal para realizar estas tareas.

5 Conclusiones.

Más allá de que los resultados mostrados constituyen tan solo un ejemplo y de que el objetivo de este trabajo sea mostrar como se encaró la tarea propuesta, es interesante sacar algunas conclusiones de los datos de la figura 3. Se puede observar que, considerando la curva promedio (que no es la más desfavorable), obtenemos pérdidas de luz de, por tomar algunos valores, cerca del 20% y más del 40% al cabo de uno y

dos años de uso respectivamente. Con las salvedades del caso, la magnitud de esta depreciación nos permite remarcar la importancia de las tareas correctivas, únicas que aseguran mantener la eficiencia de la instalación. Caso contrario, nos encontraremos con una problemática que es más frecuente de lo pensado: baja calidad de la iluminación, alto costo de reposición, y, en definitiva, un uso irracional de la energía, que desaprovecha los adelantos tecnológicos alcanzados en el presente.

6 Referencias

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1995): Norma IRAM-AADL J 2022-2, Alumbrado Público. Vías de Tránsito, pp. 8-11.

Illuminating Engineering Society (1982): Lighting Handbook, cap.10-15.

J. de Boer, J. van Bommel (1980): Road Lighting, Philips Technical Library, cap. 11.