

# Propuesta de etiquetado de eficiencia global de luminarias LED para alumbrado vial

Alberto Cabello,  
Sophía Heredia, Eduardo Manzano  
Departamento de Luminotecnia,  
Luz y Visión "H.C.Bühler",  
Universidad Nacional de Tucumán  
[acabello@herrera.unt.edu.ar](mailto:acabello@herrera.unt.edu.ar)

## Resumen

Se propone el desarrollo de una metodología [1] para su aplicación en luminarias de alumbrado vial que permita caracterizar luminarias LED de forma integral, esto es, no sólo desde la eficiencia energética, sino también desde el punto de vista de la calidad de la iluminación, teniendo en cuenta parámetros fotométricos tales como la amplitud y forma de la distribución de intensidades luminosas, lo cual influirá sobre la cantidad de luminarias que se necesitan por unidad de área.

Tomando como punto de partida las recomendaciones establecidas por el PLAE [2], se efectúa un análisis de un conjunto de muestras de luminarias LED con el fin de evaluar su calidad de distribución del flujo luminoso en función del nivel de iluminación y del grado de uniformidad considerados como óptimos.

Adicionalmente se considera la evaluación de la calidad de energía en términos del contenido de armónicos, como así también la temperatura color correlacionada e IRC.

Con los resultados obtenidos se busca definir un índice de calidad lumínica IQL que permita al diseñador de iluminación una correcta elección de las luminarias más adecuadas para su proyecto desde el punto de vista del consumo y de la minimización de costos iniciales en la etapa de diseño de instalaciones de

alumbrado vial, nuevas o reconversión de existentes, que incorporen la nueva tecnología.

**Palabras clave:** eficiencia energética, diseño de iluminación, fotometría

## Introducción

Este trabajo responde a la continuación de la línea metodológica de análisis presentada en [1] referida a la obtención de un índice de calidad lumínica aplicable, esta vez, a luminarias LED para uso en alumbrado vial.

Los actuales avances tecnológicos de los LED y la problemática ambiental, provocan un mayor interés por fabricar productos con mayor eficiencia, sumándose a la consideración aspectos que antes no eran tan relevantes, como la radiación de energía fuera del rango visible, las pérdidas por absorción y/o reflexiones internas dentro del conjunto óptico de una luminaria y las características cromáticas como la temperatura de color y la reproducción de colores [3].

Los avances actuales de la tecnología LED sitúan la eficacia luminosa entre 100-150 lm/W siendo la previsión superar en el futuro próximo los 180 lm/W. Por ello, los dispositivos de iluminación basados en esta tecnología favorecen el ahorro y eficiencia energética contribuyendo así a la consecución de objetivos de

reducción de gases de efecto invernadero para el año 2020.

Además de la alta eficacia, otros puntos importantes de la tecnología LED son la ausencia de radiaciones ultravioletas e infrarrojas, la escasa generación de calor, el encendido instantáneo, el buen rendimiento de color y la posibilidad de regulación de la luz que permite una gestión total de la instalación de alumbrado.

Todo esto hace que sea fundamental que se garantice la calidad de los LED y equipos auxiliares mediante especificaciones técnicas que cumplan los requisitos establecidos en las pertinentes normas técnicas, tanto en lo que afecta a las definiciones y métodos de medición, como a los valores límite exigibles, ajustándose al diseño ecológico requerido por protocolos ambientales [4].

### Definiciones[5] [6]

#### A. Eficacia luminosa de una fuente:

Relación entre el flujo luminoso total emitido y la potencia total absorbida por la luminaria. La eficacia de una fuente se expresa en lumen/Watt [lm/W].

#### B. Clases de eficiencia energética para lámparas y módulos LED:

La clase de eficiencia energética resulta de un índice de eficiencia energética (EEI), que es calculado como sigue y redondeado hasta dos cifras decimales:

$$EEI = P_{cor} / P_{ref} \quad (1)$$

#### C. Potencia $P_{cor}$ de la fuente:

En el caso de LED,  $P_{cor}$  es la potencia total absorbida por la luminaria (PL) para luminarias con controlador externo de intensidad y corregida con el factor 1,1. La potencia total absorbida por la luminaria es medida en su tensión nominal[6]. Por lo tanto  $P_{cor} = PL \times 1,1$

#### D. Potencia de referencia $P_{ref}$ :

$P_{ref}$  es la potencia de referencia obtenida de un flujo luminoso útil de luminaria en uso ( $\Phi_{use}$ ) por la siguiente ecuación:

Para luminarias con  $\Phi_{use} < 1300$  lúmenes:

$$P_{ref} = 0,88 \sqrt{\Phi_{use} + 0,049 \Phi_{use}} \quad (2)$$

Para luminarias con  $\Phi_{use} \geq 1300$  lúmenes:

$$P_{ref} = 0,07341 \Phi_{use} \quad (3)$$

#### E. Clases de energía según índice EEI:

Clase de energía	Índice de eficiencia energética (EEI) para lámparas no direccionales y módulos de LED
A++ (más eficiente)	$EEI \leq 0,11$
A+	$0,11 < EEI \leq 0,17$
A	$0,17 < EEI \leq 0,24$
B	$0,24 < EEI \leq 0,60$
C	$0,60 < EEI \leq 0,80$
D	$0,80 < EEI \leq 0,95$
E (menos eficiente)	$EEI > 0,95$

Tabla I: Clases de Energía según índice EEI

### Metodología de análisis

Tomando como punto de partida las definiciones precedentes, se efectúa un análisis de un conjunto de muestras de luminarias a LED considerándolas como unidad "fuente luminosa + driver electrónico" con el fin de evaluar su calidad desde el punto de vista de cantidad de flujo por unidad de potencia consumida [lm/W], para luego evaluar su calidad de distribución del flujo luminoso sobre un área de referencia, en función del nivel de iluminación y del grado de uniformidad considerados como óptimos.

#### A. Luminarias a LED seleccionadas

Se dispuso para este análisis de un conjunto de luminarias a LED para uso en alumbrado público clasificadas en dos grupos según su potencia y ancho de

calzada: I) para  $P_{lum} > 150$  W y ancho de calzada hasta 10 metros y II) para  $P_{lum} < 150$  W y ancho de calzada hasta 7 metros.

El motivo de esta clasificación obedece a las tipologías usuales de instalaciones urbanas según su volumen de tráfico y grado de importancia relativa en la ciudad. Es por ello que se pueden observar en nuestras ciudades instalaciones para vías de circulación de poco o mediano volumen de tráfico iluminadas con luminarias de potencias hasta 150 W, correspondiendo en la mayoría de estos casos a calzadas de ancho entre 5 y 8 metros, mientras que en vías de mayor volumen de tráfico, como calles comerciales o avenidas, la potencia de las luminarias instaladas supera los 250 W con anchos de calzada entre 9 y 12 metros.

### B. Esquemas referenciales para el Análisis

**1. Instalación Tipo I ( $P_{lum} > 150$  W):** Altura de montaje  $H = 10$  m; ancho de calzada  $B = 10$  m; penetración de luminaria en calzada  $p = 2,5$  m; inclinación de pescante  $\alpha = 0^\circ$ ; longitud del Área Ar de referencia  $L = 100$  m; por lo tanto el área de referencia es  $Ar = 1000$  m<sup>2</sup>.

Para esta instalación se considera de cumplimiento obligatorio tanto el nivel de iluminancia media inicial  $E_m$  como el grado de uniformidad G1 establecidos para vía de tránsito Clase C por la Norma IRAM-AADL j2022-2 [7], esto es,  $E_m \geq 40$  lux y  $G1r \geq 0,5$ .

**2. Instalación Tipo II ( $P_{lum} < 150$  W):** Altura de montaje  $H = 7$  m; ancho de calzada  $B = 7$  m; penetración de luminaria en calzada  $p = 1,75$  m; inclinación de pescante  $\alpha = 0^\circ$ ; longitud del Área Ar de referencia  $L = 70$  m; por lo tanto el área de referencia es  $Ar = 490$  m<sup>2</sup>.

Del mismo modo, para esta instalación los parámetros de cumplimiento obligatorio corresponden a los establecidos para vía de tránsito Clase D [7], o sea  $E_m \geq 27$  lux y  $G1r \geq 0,33$ .

Por lo tanto, la metodología de análisis para ambos tipos de instalación (I y II) consiste en calcular la

cantidad mínima N de luminarias de modo tal que se cumplan simultáneamente  $E_m$  y G1. El resultado a obtener entonces será la cantidad mínima N de cada tipo de luminaria que permita cumplir con los parámetros mínimos de iluminancia y uniformidad, lo cual permite una comparación adecuada entre luminarias, siendo el número N un indicador de la calidad lumínica, pues aquellas luminarias con mejor distribución de flujo luminoso sobre el área de referencia serán necesarias en menor cantidad para cumplir con los parámetros de referencia.

### C. Indicadores para el análisis

A continuación se definen los fundamentos de las relaciones entre las magnitudes necesarias para obtener un indicador que vincule la cantidad N de luminarias con éstas magnitudes.

#### 1. Flujo útil de luminarias en el área de referencia.

Factor de utilización de flujo luminoso: El factor de utilización (FU) es uno de los parámetros básicos utilizados en los cálculos de iluminación. En base a su definición, el flujo luminoso  $\Phi_{uA}$  que llega a la superficie Ar de la carretera versus el flujo luminoso total  $\Phi_{TLum}$  producido por la cantidad necesaria N de luminarias en la instalación de alumbrado se puede calcular:

$$\Phi_{uA} = FU \times \Phi_{TLum} = N \times FU \times \Phi_{Lum} \quad (4)$$

donde  $\Phi_{Lum}$  representa el flujo propio de cada luminaria y  $\Phi_{uA}$  puede definirse como Flujo Total del sistema de alumbrado sobre el área de referencia Ar.

FU representa el porcentaje del flujo útil que llega al área de referencia Ar proveniente del aporte de las N luminarias que contribuyen en la iluminación de Ar.

A su vez, el factor de utilización FU se reparte entre el porcentaje del flujo de la luminaria sobre lado calzada (LC) y el correspondiente al lado vereda (LV), esto es:

$$FU = FU_{LC} + FU_{LV} \quad (5)$$

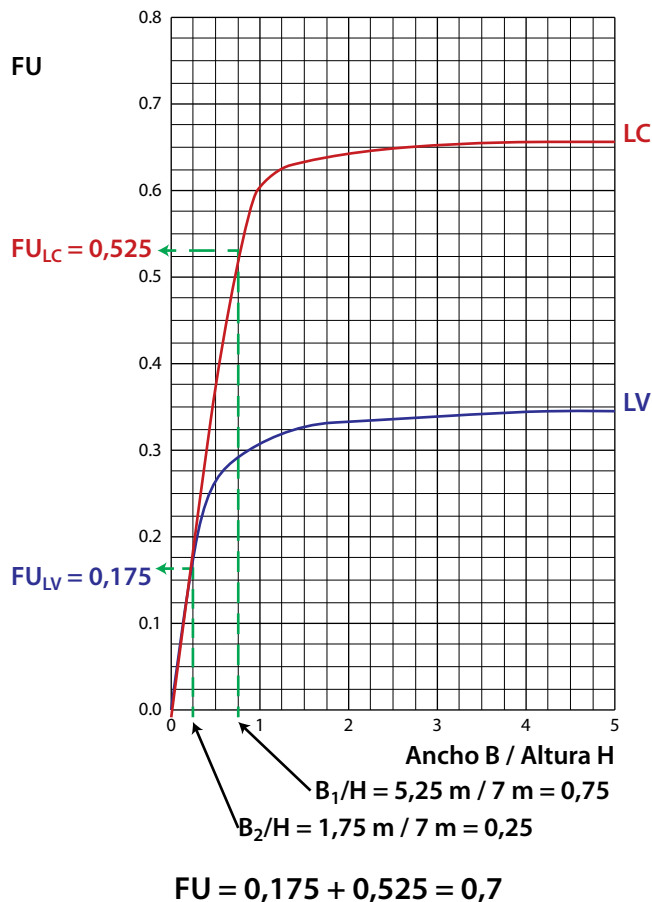


Figura 1

El FU se puede obtener a partir de la información fotométrica de cada luminaria suministrada por el fabricante y teniendo como origen un ensayo fotométrico de la misma.

Dicha información está representada en las curvas del factor de utilización FU del flujo luminoso de la luminaria repartido entre lado calzada y lado vereda en la instalación. En la Figura 1 se muestra un ejemplo para una dada luminaria en la instalación Tipo II.

## 2. Eficiencia luminosa $\epsilon_L$ de una luminaria:

El flujo luminoso  $\Phi_{Lum}$  emitido por una luminaria individual puede ser vinculado con la potencia  $P_{Lum}$  en (W) consumida por la misma mediante la siguiente expresión:

$$\epsilon_L = \Phi_{Lum} / P_{Lum} \text{ (lm/W)} \quad (6)$$

Por otra parte la potencia instalada total  $P_L$  del sistema de alumbrado en el área  $A_r$  es:

$$P_L = N \times P_{Lum} \quad (7)$$

A su vez, la eficiencia  $\epsilon_s$  del conjunto será:

$$\epsilon_s = \Phi_{uA} / P_L = N \times FU \times \Phi_{Lum} / N \times P_{Lum} = FU \times \epsilon_L \quad (8)$$

De (8) obtenemos que:

$$\Phi_{uA} = P_L \times FU \times \epsilon_L \quad (9)$$

Entonces se puede concluir que la demanda de potencia instalada en la instalación de referencia es:

$$P_L = \Phi_{uA} / (FU \times \epsilon_L) \quad (10)$$

Por otra parte, el flujo útil total que alcanza el área de referencia  $A_r$  se puede aproximar como:

$$\Phi_{uA} = E_m \times A_r \quad (11)$$

Combinando (11) en (10):

$$P_L = (E_m \times A_r) / (FU \times \epsilon_L) \quad (12)$$

## 3. Se define la densidad de potencia PD de la instalación de referencia [8]:

$$PD = P_L / A_r = E_m / (FU \times \epsilon_L) \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (13)$$

Es la necesaria para producir la iluminancia de referencia  $E_m$ .

También se conoce como potencia unitaria  $P_u$  instalada, definida como la relación entre la potencia total instalada  $P_L$  y La superficie iluminada  $A_r$ , expresada en (W/m<sup>2</sup>).

#### 4. Índice de calidad lumínica IQL:

Si se combina (4) con (11), se obtiene la siguiente igualdad:

$$N \times FU \times \Phi_{Lum} = E_m \times Ar,$$

entonces:

$$N = (E_m \times Ar) / (FU \times \Phi_{Lum}) \quad (14)$$

La expresión (14) representa la cantidad mínima necesaria de luminarias para obtener un flujo

$\Phi_{uA} = E_m \times Ar$ , cada una con un flujo individual de  $FU \times \Phi_{Lum}$  lúmenes.

La inversa  $1/N$  de la relación (14) se puede utilizar como índice de calidad lumínica de luminaria, donde la menor cantidad  $N$  de luminarias necesarias para alcanzar la iluminancia  $E_m$  en el área  $Ar$ , representa una cantidad IQ máxima adimensional. Entonces:

$$IQL = 1/N = (FU \times \Phi_{Lum}) / (E_m \times Ar) \quad (15)$$

Figura 2. Luminaria TI-1.  
P > 150 W. FU = 0,50

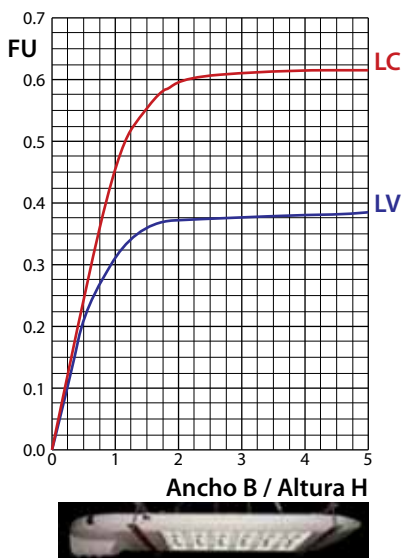


Figura 3. Luminaria TI-2.  
P > 150 W. FU = 0,58

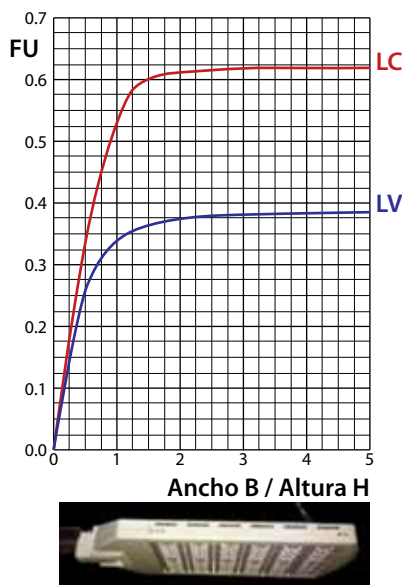


Figura 4. Luminaria TII-1.  
P > 150 W. FU = 0,51

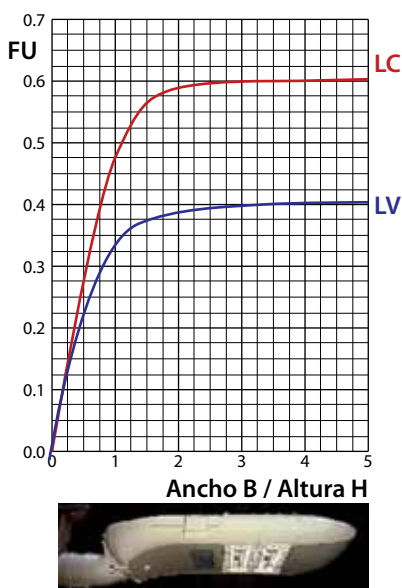
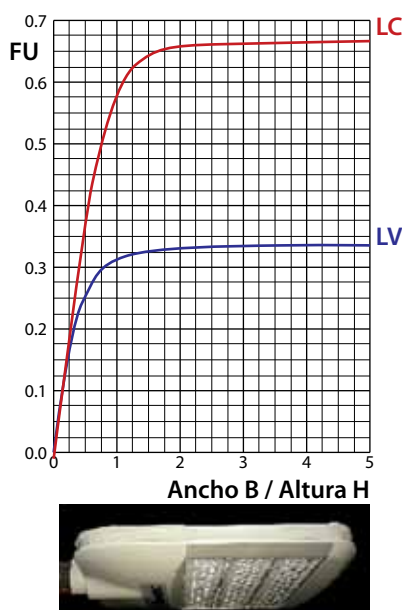


Figura 5. Luminaria TII-2.  
P > 150 W. FU = 0,65



#### 5. Factores de ponderación:

Se propone ponderar al índice IQL con dos factores de ponderación, uno que tenga en cuenta el incremento del grado de uniformidad  $G1$  por encima del valor mínimo establecido por [7] para cada Clase (C o D); y otro que tenga en cuenta si se supera la meta de eficiencia establecida en [2] de 105 lm/W.

Entonces el primer factor se puede obtener del cociente entre la uniformidad  $G1_L$  obtenida por cada luminaria bajo análisis sobre el área  $Ar$ , o sea  $FG = G1_L / G1$ ; y el otro factor asumirá un valor de penalización  $FE = 0,9$  si  $\epsilon_L < 105$  lm/W o un valor de ponderación  $FE = 1,1$  si  $\epsilon_L \geq 105$  lm/W.

En el futuro, a medida que la eficacia de los LED supere el corte de 105 lm/W, se podrá elevar la condición de uso de FE, por ejemplo, estableciendo un nuevo corte de 150 lm/W. Esto asegura una actualización permanente del indicador de calidad lumínica de una luminaria [1].

Por lo tanto el índice de calidad lumínica IQLP definitivo queda establecido aplicando a (15) los factores de ponderación FG y FE:

$$IQLP = IQL \times FG \times FE \quad (16)$$

En cuanto a la utilización de los índices de calidad lumínica IQL y IQLP, se propone su aplicación a ambos conjuntos de muestras para su calificación en la forma de un etiquetado en Clases A, B, C, D y E, según la escala que se propone a continuación en Tabla II:

Clases de eficiencia lumínica de luminarias para alumbrado público	
Clase	Rangos de IQLP
A++	$IQLP \geq 1,1$
A+	$0,7 \leq IQLP < 1,1$
A	$0,5 \leq IQLP < 0,7$
B	$0,3 \leq IQLP < 0,5$
C	$0,1 \leq IQLP < 0,3$
D	$IQLP < 0,1$

Tabla II: Escalas de Calidad Lumínica

### Muestras analizadas

Se tomaron en consideración 21 luminarias en la instalación Tipo I y 32 en la instalación Tipo II. Para todas estas muestras se obtuvo mediante un software de cálculo la cantidad N necesaria para cumplir las condiciones de cada Tipo de instalación.

En las figuras 2 a 5 se presentan dos de las cinco muestras de cada uno de los grupos, las más representativas, sobre las cuales se aplica la metodología de análisis.

### Resultados del análisis

En las tablas III y IV se presentan los resultados de aplicar la metodología para calificación de eficiencia en el consumo de energía según Norma Iram 62404-3;2017 [6] (Tabla III), y los parámetros luminotécnicos y la Densidad de Potencia específica de las instalaciones de referencia Tipo I y Tipo II (Tabla IV).

Muestra	Flujo luminoso [lm]	Potencia $P_L$ [W]	Eficacia $\epsilon_L$ [lm/W]	Clase etiquetado eficiencia energética
TI-1	47.475	360	131,9	A++
TI-2	35.868	240	149,5	A++
TI-3	30.893	249	124,1	A+
TI-4	23.406	212	110,4	A+
TI-5	23.851	180	132,5	A++
TII-1	15.772	120	131,4	A++
TII-2	11.888	140	84,9	A+
TII-3	7.834	71	110,3	A+
TII-4	6.785	60	113,1	A+
TII-5	5.049	57	88,6	A+

Tabla III: Muestras representativas de instalaciones Tipo I y II y su calificación de eficiencia energética

Muestra	$E_m$ (LX)	G1	N	$FU_{Lv}$	$FU_{Lc}$	FU	PD (W/m <sup>2</sup> )
TI-1	89	0,53	4	0,12	0,38	0,50	1,35
TI-2	82	0,49	4	0,255	0,325	0,58	0,95
TI-3	57	0,53	4	0,23	0,275	0,51	0,91
TI-4	51	0,48	5	0,18	0,3	0,48	0,96
TI-5	74	0,50	6	0,14	0,3	0,44	1,27
TII-1	47	0,49	3	0,125	0,38	0,51	0,71
TII-2	46	0,45	3	0,15	0,50	0,65	0,83
TII-3	38	0,40	4	0,12	0,50	0,62	0,56
TII-4	33	0,39	4	0,15	0,44	0,59	0,49
TII-5	27	0,44	4	0,12	0,50	0,62	0,49

Tabla IV: Parámetros luminotécnicos calculados para cada instalación de referencia

Por lo tanto, como resultado del análisis de los parámetros que definen al índice de Calidad IQL y su ponderación por límite de eficacia en (lm/W), se pueden categorizar las luminarias de ambos grupos analizados, según lo expuesto como sigue (Tabla V):





Muestra	$IQL = (FU \times \Phi_{Lum}) / (E_m \times Ar)$	$FG = G1_L / G1_r$	FE	$IQLP = IQL \times FG \times FE$	Clase etiquetado calidad lumínica (Tabla II)
TI-1	0,59	1,06	1,1	0,69	A
TI-2	0,52	0,98	1,1	0,56	A
TI-3	0,39	1,06	1,1	0,45	B
TI-4	0,28	0,96	1,1	0,30	B
TI-5	0,26	1,00	1,1	0,29	C
TII-1	0,60	1,48	1,1	0,98	A+
TII-2	0,58	1,36	0,9	0,72	A+
TII-3	0,37	1,21	1,1	0,49	B
TII-4	0,30	1,18	1,1	0,39	B
TII-5	0,24	1,33	0,9	0,28	C

Tabla V: Aplicación de los índices IQL y IQLP a ambos grupos de luminarias bajo análisis.

### Otros factores que inciden en la calidad de la luminaria

Otros factores pueden afectar la calidad de la luminaria y en consecuencia la calidad lumínica de una instalación. En estos casos puede no ser aplicable una valoración escalonada de la calidad sino más bien si cumple (FP = 1) o no cumple (FP = 0) con ciertos valores límites establecidos en las recomendaciones.

En el caso de la reproducción del color y la apariencia del color de luz, cuyos indicadores de calidad son el IRC y el TCC respectivamente; cuando se supera el valor

<b>Energía</b>	
Fabricante Marca Modelo/tensión (V)	LUMINARIA A LEDS ABCDEF XYZ(Logo) IPQR/220
	
Menos eficiente Eficiencia (lm/W) Tcc (ºK) IRC IP IK L70/B50 (h) THD-A(%)	124,1 5148 80 66 10 60.000 6,4
Calidad de iluminación 	↓ 0,45 
IMPORTANTE EL CONSUMO REAL VARIA DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES DE USO DEL ARTEFACTO Y SU LOCALIZACIÓN. ESTA ETIQUETA NO DEBE RETIRARSE HASTA QUE EL PRODUCTO HAYA SIDO ADQUIRIDO POR EL CONSUMIDOR.	

mínimo recomendado  $IRC \geq 70$  o la TCC de la luminaria está dentro de los límites  $2700\text{ K} \leq TCC \leq 5000\text{ K}$  (caso especificado para luminarias LED en PLAE [2]) se podría asignar un factor de ponderación  $FP = 1$ , y si no cumple  $FP = 0$ , lo que significa que la luminaria, en el caso de un proceso licitatorio muy posiblemente quedaría excluida [9].

En forma similar ocurre con el contenido de armónicos de una luminaria cuando existen normativas a las cuales debemos apearnos, por ejemplo  $THD(A) \leq 15\%$  indicaría que la luminaria cumple con lo cual la valoración sería 1 caso contrario 0.

En relación al grado de protección mecánica IP y a la protección contra impactos IK, también ocurre algo similar, para  $IP \geq 65$  e  $IK \geq 7$  (luminarias con cierre de vidrio) les correspondería una valoración 1, caso contrario es 0.

También podría considerarse un factor de calidad relacionado con la depreciación de flujo luminoso caracterizada por ejemplo por L70 B50. Cuando sea menor a 80.000 h la valoración sería  $FP = 0$  y  $FP = 1$  cuando el tiempo sea mayor [9].

Por lo tanto, aplicar estos factores tipo Pasa-No pasa (1 o 0) al índice propuesto de calidad lumínica IQL no es práctico, pues en caso de no cumplir uno solo de los requerimientos llevaría a  $IQLP = 0$ , y como éstos requerimientos adicionales de calidad dependen de las especificaciones según cada proceso licitatorio, será suficiente con indicar su valor en la etiqueta, por ejemplo, además de la indicación para eficiencia en el consumo (A++ hasta D) y la indicación para calidad en iluminación (A+ hasta D) bastaría con indicar el valor obtenido de TCC, IRC, THD, IPxy, IKx y L70/B50 dentro de los campos de

información de la Etiqueta de Eficiencia Global de la luminaria.

En la figura 6 se presenta el modelo propuesto de Etiquetado Global de luminaria a LED para Alumbrado Público con todos los factores considerados precedentemente, para la luminaria TI-3.

### Comentarios y conclusiones

Con los resultados obtenidos se busca establecer una etiqueta de calidad global de luminaria que permita al diseñador del alumbrado de una vía de circulación vehicular, una correcta elección de luminarias adecuadas para su proyecto permitiéndole optimizar la cantidad de luminarias necesarias para alcanzar o superar el grado mínimo de uniformidad, que garantice una distribución luminosa equilibrada y adecuada en la vía de tránsito, con mínimos costos iniciales de instalación y cumpliendo con los niveles mínimos recomendados por las normas que rigen la iluminación vial, ya sean nuevas o reconversión de existentes, que incorporen la nueva tecnología.

Es importante destacar que para poder llevar a cabo la metodología propuesta, es necesario contar con la información fotométrica de las luminarias a verificar, como así también mediciones eléctricas bajo condiciones de laboratorio (tensión y corriente estables), por lo cual es necesario contar con certificaciones fotométricas y eléctricas de un laboratorio oficial acreditado.

Con la información fotométrica se procederá a efectuar los cálculos luminotécnicos necesarios para obtener la cantidad de luminarias N según procedimiento indicado precedentemente.

El procedimiento propuesto es un primer paso en la consecución del objetivo buscado, pudiendo ser mejorado en un comité de normalización mediante la introducción de indicadores de calidad adicionales que tengan en cuenta aspectos no considerados en este estudio.

El objetivo de implementar una escala de clases de calidad lumínica (doble etiquetado mediante), obedece al interés de proporcionar al diseñador de iluminación

una guía para la elección de la luminaria más adecuada a su proyecto, no sólo desde el punto de vista de la eficiencia en el consumo, sino también respecto de la calidad de la iluminación, permitiéndole optimizar la cantidad de luminarias necesarias para alcanzar o superar el grado mínimo de uniformidad que garantice una distribución luminosa equilibrada y adecuada en la calzada a iluminar, con mínimos costos iniciales de instalación, cumpliendo con los niveles mínimos recomendados por las normas que rigen la iluminación de vías de tránsito automotor. ❖

### Reconocimientos

Los autores agradecen al Departamento de Luminotecnia Luz y Visión, UNT, al proyecto PIUNT E627 de la UNT y al CONICET por el financiamiento para la realización del trabajo.

### Referencias

- [1] Cabello A., Heredia S., Raitelli M., (2018). "Propuesta de Etiquetado Global de Eficiencia Energética y Fotométrica de Luminarias LEDs para Interiores". Luminotecnia N° 141, pp.44-51. ed. AADL., Marzo/Abril 2018.
- [2] PLAE (Plan Alumbrado Eficiente – Ministerio de Energía y Minería), (2017). "Especificación Técnica para la adquisición de luminarias LED de Alumbrado Público". Buenos Aires, Abril 2017.
- [3] Sanhueza P., Manzano E., Galleguillos P., Raitelli M., Cabello A., Rodríguez Rübke L., (2013). "Luminarias de LEDs, propuesta de ensayos de calidad", Anales XI Jornadas Argentinas de Luminotecnia: LUZ 2013. AADL-Asociación Argentina de Luminotecnia- Regional Noroeste. San Miguel de Tucumán. Argentina.
- [4] FENERCOM, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, "Guía sobre Tecnología LED en el Alumbrado", www.fenercom.com, Madrid, 2015.
- [5] Diario Oficial de la Unión Europea (2012). Reglamento Delegado (UE) N°874/2012 relativo al Etiquetado Energético de Lámparas y Luminarias. pp.L258/1 – L258/20. 26.9.2012.
- [6] Norma IRAM 62404-3(2017). "Etiquetado de eficiencia energética de lámparas eléctricas para iluminación general – Lámparas LED". Buenos Aires.
- [7] Norma IRAM AADL J 2022-2 (1995). Alumbrado Público. Vías de tránsito. Clasificación y niveles de iluminación.
- [8] Pracki P., (2011). "A proposal to classify road lighting energy efficiency", Lighting Res. And Technol. Vol 43, pp271-280
- [9] Manzano E., (2016). "El mantenimiento y las luminarias LED en iluminación urbana", Anales XIII Congreso Panamericano de Iluminación: LUXAMERICA 2016. Fundación Chilena de Luminotecnia- La Serena, Chile.