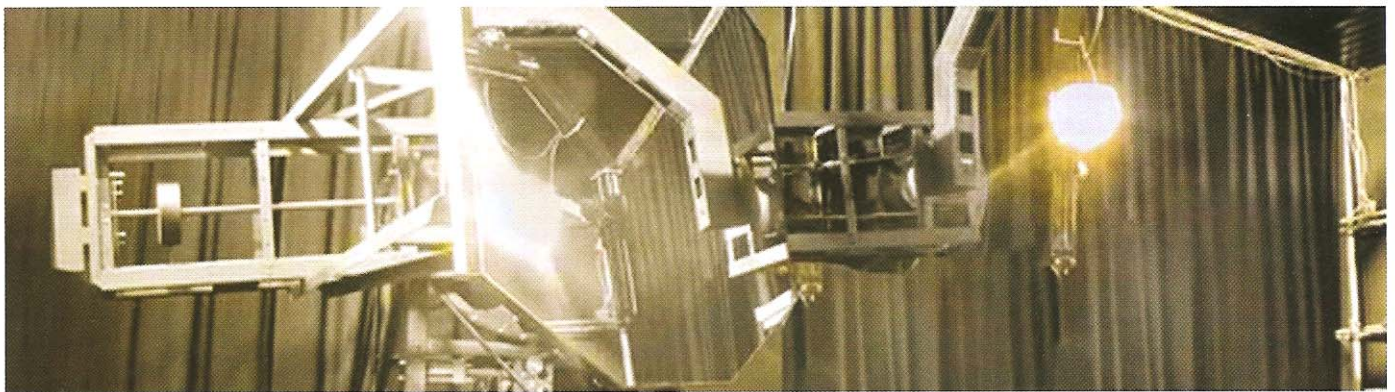


Luminarias de alumbrado público Deslumbramiento directo

Por:
Departamento de Ingeniería de Strand S.A.



1. Objetivos del trabajo.

Análisis de los resultados de la investigación respecto al deslumbramiento directo de luminarias de alumbrado público con distintos tipos de reflectores internos y cubiertas. Analizar un nuevo método de evaluación fotométrica de luminarias para alumbrado público.

2. Introducción.

Se experimentó molestia visual (en algunos casos dolor), en la observación directa de determinado tipo de luminarias de alumbrado público por parte de conductores de automóviles y peatones.

En la investigación de la causa se evalúa, como principal fenómeno, el deslumbramiento directo.

No existe duda en la actualidad que la causa del deslumbramiento fisiológico es el efecto físico de la dispersión de la luz en la superficie interna del ojo, provocando el enturbamiento de

los medios transmisores del ojo.

Esto genera, por un lado, una luminancia de velo sobre la retina reduciendo fuertemente el umbral de sensibilidad al contraste y, por el otro, una post-imagen que altera la percepción de los objetos observados.

Los observadores verifican que se produce en mayor medida en aquellas luminarias equipadas con cubiertas traslúcidas y reflectores facetados.

3. Metodología aplicada.

Para investigar el fenómeno se siguió el siguiente procedimiento:

– Realización y análisis de una encuesta a una determinada cantidad de personas.

– Realización de fotometrías de luminarias con distintos sistemas ópticos, mediante goniofotómetro automático computarizado tipo A, utilizando, como fuentes luminosas, lámparas de sodio de alta presión tubular de ampolla clara.

– Evaluación de los cuantos energéticos en los ángulos sólidos más comprometidos con el fenómeno extendiendo el estudio de la densidad luminosa en forma teórica a un semiplano vertical completo ($C=0^\circ$; $C=90^\circ$).

– Repetición de la experiencia anterior para el semiplano de máxima intensidad luminosa de cada luminaria.

– Medición, para ambos semiplanos, de las luminancias directas con luminancímetro calibrado ubicado en la posición habitual del sensor del goniofotómetro, asegurando de este modo una mejor colimación del haz luminoso y una excelente precisión en la determinación angular (Incertidumbre menor a $0,1^\circ$)

Análisis de las correlaciones entre los resultados determinados teóricamente y los obtenidos por mediciones directas, para:

– Densidades luminosas teóricas y

luminancias medidas directamente.

- Luminancia directa versus la variación de superficie emisora.
- Luminancias directas entre luminarias de distintas características constructivas.

4. Desarrollo del trabajo

4.1 Encuesta.

- Se realizó una encuesta a una población de 138 personas consistente en la observación de dos luminarias de alumbrado público instaladas en un recinto cerrado; una con refractor de vidrio borosilicato prismado, reflector de chapa de aluminio de alta pureza estampado anodizado y sellado, multiparabólico de formas curvas continuas, sin facetados, con lámpara clara de vapor de sodio alta presión de 600 Watts súper (Luminaria A) y la otra con tulipa transparente, con reflector similar al anterior y lámpara clara de vapor de sodio alta presión de 150 Watts (Luminaria B). Ambas luminarias estaban montadas a igual altura y distancia del observador, formando un ángulo de 90° entre sí en relación al punto de observación.
- A los participantes no se les revelaron las características de las luminarias preguntándoseles, a su criterio, qué luminaria se percibía con la lámpara de mayor potencia y si alguna producía algún tipo de molestia visual.
- Seguidamente se les pedía que luego de observar en forma directa

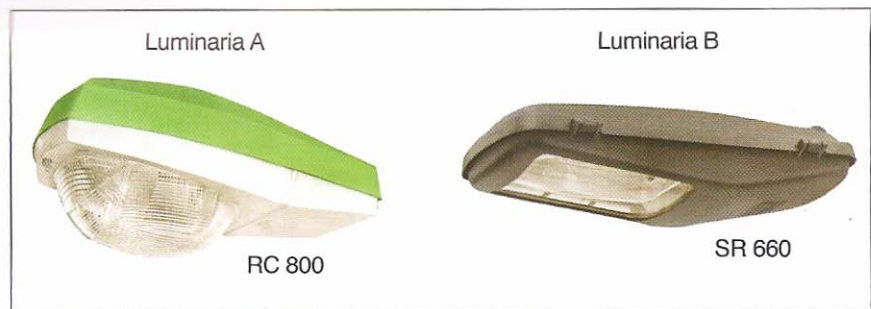


Figura 1: Semblanza de las luminarias utilizadas

cada luminaria dirigiese su mirada hacia un objeto no iluminado situado en el centro de ambas, describiendo las sensaciones percibidas.

- El 99,3 % de los encuestados coincidió que la luminaria equipada con 150 Watts se percibía como la más brillante al punto de resultar, para algunas personas, notablemente molesta y hasta dolorosa.
- Del mismo modo, el objeto no iluminado (la persona que lideraba la experiencia) era percibido con dificultad, debido al deslumbramiento, luego de desviar la mirada de la luminaria B.
- El resultado de la encuesta confirmó el fenómeno observado y nos alentó a continuar con los estudios. (Ver Figura 1)

4.2 Fotometrías.

- Se realizaron las fotometrías de las dos luminarias utilizadas en la encuesta. El límite superior de la escala del luminancímetro empleado nos obligó a reemplazar la lámpara

de vapor de sodio de 600 Watts por una de 400 Watts.

- Se midieron las superficies luminosas aparentes de ambas luminarias en función del ángulo Gamma trazándose una gráfica que las representa (Gráficos 1 y 2). Podemos observar cómo, en el caso de la luminaria con refractor prismado, la superficie aparente llega a un valor significativo en $\text{Gamma}=90^\circ$, mientras que en el caso de la luminaria con tulipa de cristal transparente, la misma decrece proporcionalmente con el incremento del ángulo Gamma hasta valor cero para $\text{Gamma}=90^\circ$. Seguidamente se realizó la medición de las luminancias directas en el Semiplano $C=0^\circ$ para el intervalo $\text{Gamma}=0^\circ\text{-Gamma}=90^\circ$. Se cuidó especialmente de ajustar el ángulo de apertura del luminancímetro de manera que la superficie luminosa aparente de la luminaria quedara totalmente incluida dentro de dicho ángulo sólido. Para relacionar las mediciones de

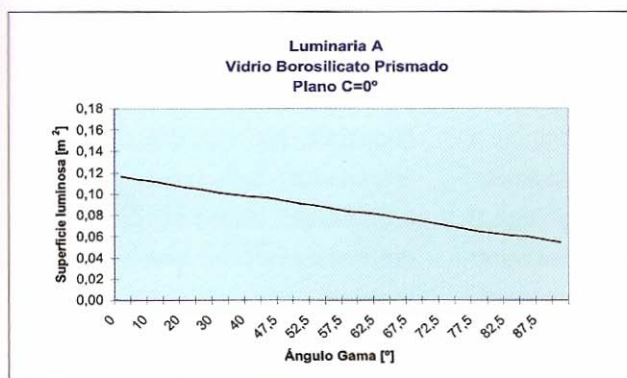


Gráfico 1: Superficie luminosa aparente Luminaria A, Plano $C=0^\circ$

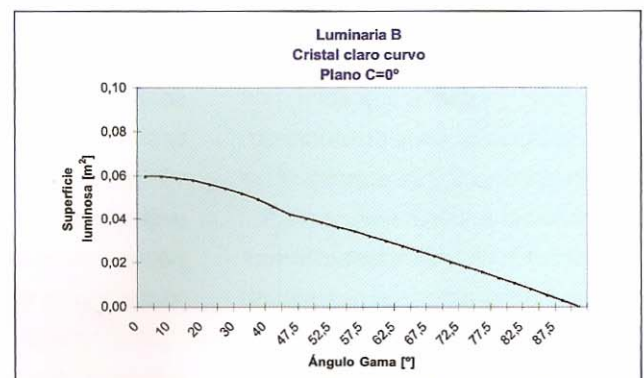


Gráfico 2: Superficie luminosa aparente Luminaria B, Plano $C=0^\circ$



Gráfico 3: Luminancia medida Luminaria A, Plano C=0°

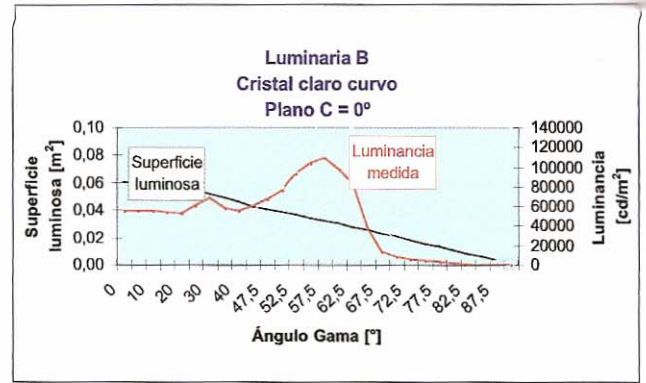


Gráfico 4: Luminancia medida Luminaria B, Plano C=0°

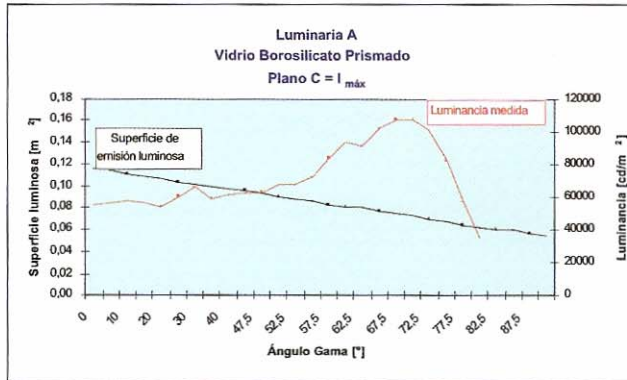


Gráfico 5: Luminancia medida Luminaria A, Plano C_{máx}

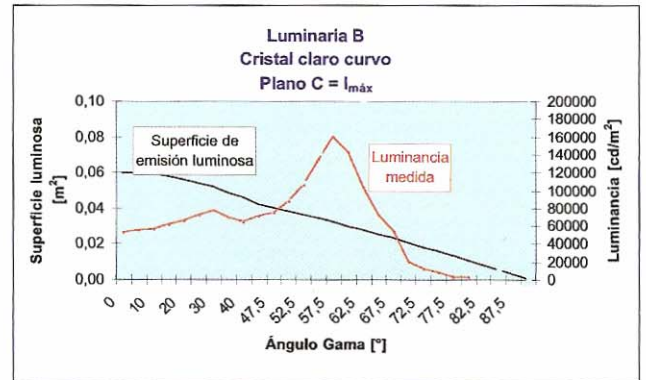


Gráfico 6: Luminancia medida Luminaria B, Plano C_{máx}

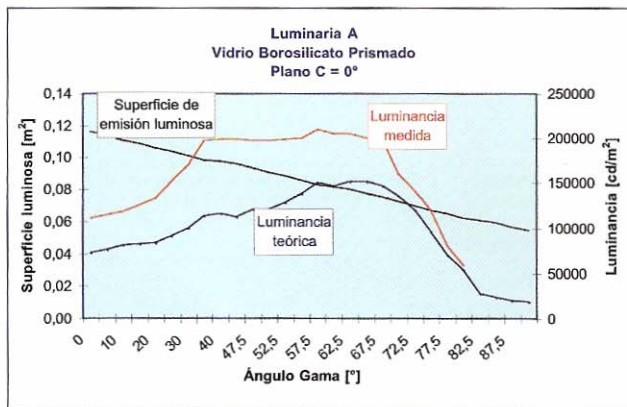


Gráfico 7: Luminancia medida vs. teórica, Luminaria A, Plano C=0°

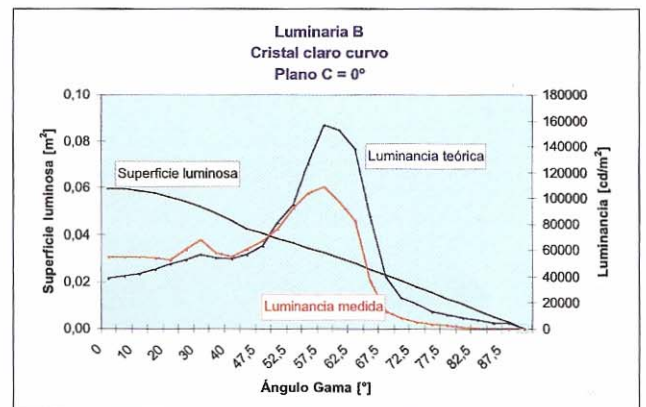


Gráfico 8: Luminancia medida vs. teórica, Luminaria B, Plano C=0°

luminancias con la superficie luminosa aparente, se volcó aquella gráfica sobre ésta. (Gráficos 3 y 4).

En los gráficos se pone de manifiesto nuestra hipótesis y se objetiva el resultado de la encuesta (Punto 4.1). Se repitieron las mediciones en ambas luminarias en los semiplanos de máxima intensidad para el mismo intervalo de ángulos de elevación Gamma observándose las mismas precauciones mencionadas en pá-

rrafo anterior. Del mismo modo se vuelcan estos valores sobre la gráfica de variación de superficie luminosa aparente (Gráficos 5 y 6).

– Se manifiesta idéntica tendencia, evidenciándose igual que en gráficos 3 y 4, una zona de alto brillo en el entorno del ángulo de máxima intensidad.

4.3 Formulación analítica.

• En la búsqueda de una expresión que pudiera poner de manifiesto las

mediciones realizadas encontramos que la relación matemática directa entre la intensidad luminosa expresada en la matriz de intensidades de la fotometría de la luminaria para un ángulo dado, en los semiplanos que nos ocupan, y la superficie luminosa aparente, para ese mismo ángulo, seguían la tendencia de la gráfica de mediciones directas de luminancias. En los Gráficos 7 a 10 pueden observarse, entonces, estas Luminancias

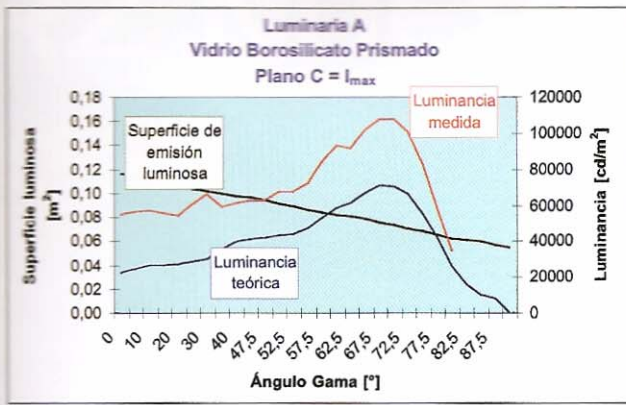


Gráfico 9: Luminancia medida vs. teórica, Luminaria A, Plano C_{máx}

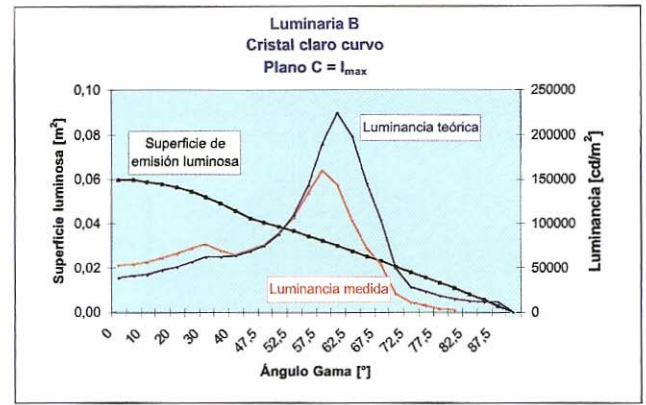


Gráfico 10: Luminancia medida vs. teórica, Luminaria B, Plano C_{máx}

Teóricas en comparación con las Luminancias Medidas de los Gráficos 3 a 6.

- Sospechamos que el apartamiento que puede observarse entre las dos gráficas de cada caso puede ser atribuible a la diferencia entre la superficie de medición del luminancímetro y la superficie luminosa aparente de la luminaria, esta última variable para cada ángulo Gamma de elevación.
- Queda, entonces, para la prosecución y profundización de nuestros trabajos, perfeccionar el método de medición de luminancias directas y, además, la posibilidad de determinar los intervalos de incertidumbre para los errores de apreciación como de medición.

4.4 Integración de resultados.

- A efectos de analizar nuestro estudio desde una mirada integradora, hemos volcado en un solo gráfico los resultados arriba expuestos para lo cual se han reducido los valores de luminancia a la unidad de flujo luminoso de las lámparas, candela por kilolumen-metro cuadrado [cd/kLm. m²], de manera de poder comparar sus valores relativos (Gráfico 11).
- Una vez más se ponen de manifiesto enfáticamente las características del fenómeno que evidencian signifi-

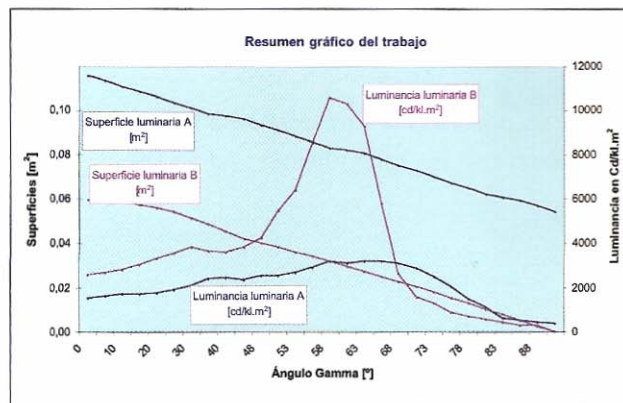


Gráfico 11: Resumen gráfico del trabajo

tivas diferencias de luminancia directa entre luminarias de distinto diseño.

5. Conclusiones

- De nuestro análisis de los resultados se observa un nuevo fenómeno no tenido en cuenta en la construcción de luminarias y que pone en riesgo la vida de los conductores y peatones al producir un riesgoso deslumbramiento no considerado en la normativa actual.
- Dicho deslumbramiento ocurre en cualquier ángulo de visión directa de la luminaria, y preponderantemente en el entorno del ángulo de máxima intensidad, considerándolo de alto riesgo, dado que es una dirección desde la cual pueden verse las luminarias desprevénidamente por un conductor dentro de su campo visual normal.
- Habitualmente se evalúa el deslumbramiento en ángulos de elevación (gamma) entre los 80° y 90°.

En la experiencia realizada, y para las luminarias con cubiertas traslúcidas, los observadores manifestaron dolor visual en diferentes posiciones angulares, respecto a las luminarias, distintas de Gamma=80 a Gamma=90°, lo que les impediría ver en forma segura semáforos, señalización vertical, objetos en movimiento, etc.

6. Principales instrumentos utilizados.

- Luminancímetro de apertura angular discreta en 6', 20', 1° y 3°. Auto-rango con error < 0,8 % +/- 1 dígito. Precisión para 6' = 0,1 cd/m².
- Fotogoniómetro automático computarizado tipo A.

7. Bibliografía empleada.

- El deslumbramiento en instalaciones de alumbrado público. (Ing. Herberto Bühler).
- Publicación CIE 30.2. Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting.
- Publicación CIE 31. Glare and uniformity in road lighting installations.
- Publicación CIE 115. Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic.
- Standard ANSI / IES RP-8.