

SEGURIDAD EN EL TRÁNSITO NOCTURNO. LA EXPERIENCIA ARGENTINA EN EL ALUMBRADO DE AUTOPISTAS.

Pablo Ixtaina, Pedro Adolfo Bazalar Vidal.

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

Camino Centenario e/505 y 508 (1897) Gonnet - Argentina
Tel 54-221-4842686; Fax 54-221-4712721
e-mail: pixtaina@yahoo.com

RESUMEN

A mediados de la década del 90 se iniciaron en la Argentina importantes obras viales, destacándose la ampliación y remodelación de la Red de Accesos a la Ciudad de Buenos Aires. En un lapso de aproximadamente 10 años, se construyeron, ampliaron o modernizaron más de 1000 km de autopistas en la zona metropolitana y vinculando ésta con las principales ciudades. Concientes de que el alumbrado artificial estacionario constituye una herramienta fundamental para incrementar los niveles de seguridad en la tránsito nocturno, cerca del 30% del total de las autopistas fueron dotadas con sistemas de iluminación. Por vez primera en nuestro país, la totalidad de las obras de alumbrado se implementaron conjugando tres ejes simultáneos, tendientes a asegurar la calidad de la iluminación durante todo el desempeño de la instalación. Estos fueron:

- Parámetros lumínicos que aseguraran altos estándares de percepción visual.
- Una Nueva Tecnología para la caracterización de las propiedades reflectivas de las calzadas.
- Un plan de seguimiento de los niveles de alumbrado.

El Laboratorio de Acústica y Luminotecnia participó en la totalidad de las etapas descritas y en forma especial en la resolución del problema central de la aplicación de la Técnica de Luminancia, que es la caracterización de las calzadas. Esta actividad se comenta en el presente artículo.

PALABRAS CLAVE: autopistas, iluminación, luminancia.

1. Introducción.

El objetivo de una instalación de alumbrado vial es proporcionar las condiciones visuales necesarias para un tránsito seguro y confortable, facilitando el reconocimiento de la calzada, de los obstáculos, accesos y cruces, de modo de lograr un desplazamiento nocturno rápido y con mínimo riesgo.

Los objetivos anteriores deben, además, lograrse con un mínimo costo total de la instalación de alumbrado. Se incluye aquí, por un lado, el consumo de energía de las luminarias, y por otro los costos vinculados a la instalación: costo inicial, montaje, mantenimiento, etc.

Los estudios de la percepción visual han demostrado que las mejores condiciones de visión en rutas con sistemas de alumbrado artificial, se logran cuando los obstáculos son vistos como siluetas oscuras contra un fondo más brillante, que es la propia calzada. Basado en estos conceptos, el método de diseño, cálculo y evaluación que debe aplicarse es aquel que contempla la distribución de la luz, proveniente de los artefactos de iluminación y reflejada por la calzada hacia el observador (conductor). Este procedimiento de trabajo se denomina "Técnica de Luminancia".

El presente estudio trata sobre la reflexión lumínica en el pavimento, aspecto central de la Técnica de Luminancia. La conjunción de estas propiedades reflectivas con la radiación luminosa de las luminarias y una adecuada geometría de montaje conducen a diseños óptimos que logran altos niveles de visibilidad con mínimos requerimientos energéticos.

2. NORMATIVA ARGENTINA

En Argentina, la Norma vigente para alumbrado vial es la IRAM AADL J 2022-2 (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales – Asociación Argentina de Luminotecnia). Esta recomendación, que rige desde fines de la década del 90, toma como base Recomendaciones de la Comisión Internacional de Alumbrado CIE,

incorporando además los usos locales. Prescribe la aplicación de la Técnica de Luminancia en el caso de autopistas y rutas con tránsito rápido o muy rápido (velocidades mayores a 100 km/h), calzadas denominadas como “Tipo A, B o C”, y reserva métodos más simples (iluminancia) para el caso de calles con tránsito moderado o lento.

Tabla 1. Tipos de calzadas en IRAM AADL J 2022-2.

CLASE	CARÁCTER DEL TRÁNSITO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
A*	Muy rápido V > 100 km/h	Calzada de manos separadas, dos o más carriles por mano, libre de cruces a nivel, control de accesos y salidas.	Autopistas
B*	Rápido V ≤ 100 km/h	Calzadas para tránsito rápido, importante, sin separadores de tránsito.	Tramos de rutas nacionales o provinciales.
C**	Semi rápido V ≤ 60 km/h	Calzadas de una o dos direcciones de desplazamiento, con carriles de estacionamiento o sin ellos, con intensa presencia de peatones y obstáculos	Avenidas principales, vías de enlace entre sectores importantes.
D**	Lento V ≤ 40 km/h	Calzadas con desplazamiento lento y trabado, con carriles de estacionamiento o sin ellos, con intensa presencia de peatones y obstáculos	Arterias comerciales, centros de compra.
E**	Moderado V ≤ 50 km/h	Acumulan y conducen el tránsito desde un barrio hacia vías de tránsito de orden superior (A, B, C, D)	Avenidas secundarias, calles colectoras de tránsito.
F**	Lento V ≤ 40 km/h	Calles residenciales de una o dos manos, con tránsito exclusivamente local. Presencia de peatones y obstáculos.	Calles residenciales

* Sin peatones - ** Con presencia de peatones

Los factores empleados para calificar el alumbrado siguen los lineamientos internacionales, a saber:

- Nivel medio del alumbrado.
- Uniformidades.
- Control del deslumbramiento.

2.1 Nivel medio del alumbrado.

En la norma se indican “Luminancias medias iniciales”, lo que facilita la evaluación de la instalación al momento de inaugurar la obra. Se contempla una depreciación del 25%, momento en el que se alcanzarían los valores especificados por CIE, tanto en el caso de las máximas exigencias visuales (2,0 cd/m² - autopistas) con para el caso de rutas nacionales o provinciales (1,0 cd/m²). Estos valores son los internacionalmente admitidos para asegurar las mejores condiciones de percepción a un costo razonable y

se especifican sobre una determinada área de cálculo o medición. Es importante destacar que la mayoría de las investigaciones realizadas concluyen que superar en exceso estos niveles no trae aparejado un sustancial incremento en la seguridad en el tránsito, aunque sí aumenta notoriamente el costo de la instalación.

2.2 Uniformidades.

Un adecuado nivel medio no asegura por sí sólo las mejores condiciones perceptivas. A pesar de cumplir con este requisito, pueden presentarse sobre el camino zonas con valores locales bajos (zonas oscuras que, desde el punto de vista del conductor, se perciben como manchas o franjas), que pueden enmascarar los obstáculos allí presentes, reduciendo la seguridad en el tránsito. Es por ello que la instalación debe asegurar una cierta relación entre los niveles locales mínimos, máximos y el nivel promedio, relaciones que se conocen como *uniformidades*.

Las uniformidades son tan o más importante que el nivel medio en la calidad del alumbrado. Piénsese, por ejemplo, en conducir por una ruta no iluminada una noche con luna llena. Si bien el nivel medio será muy bajo, la alta uniformidad producida por la “luz lunar”, permite reconocer bastante bien los límites del camino e incluso detectar ciertos obstáculos.

En la Técnica de Luminancia se especifican dos uniformidades: la *uniformidad general* **U_o**, y la *uniformidad longitudinal* **U_l**. La primera se define como la relación entre el valor mínimo de luminancia encontrado en la zona de evaluación, y la luminancia media:

$$U_o = L_{\text{mín}} / L_{\text{med}} \quad (1)$$

La uniformidad longitudinal se define como la relación entre las luminancias mínima y máxima halladas en la línea central del carril de observación:

$$U_l = L_{\text{mín}} / L_{\text{máx}} \quad (2)$$

Este valor debe calcularse o evaluarse para todos los carriles de la calzada, debiendo superar siempre el valor indicado en la tabla.

2.3 Control del deslumbramiento

Con los parámetros TI (incremento en el umbral de percepción –threshold increment-) y G (control del deslumbramiento –glare control mark-) se especifican el grado de deslumbramiento admitido. TI cuantifica el deslumbramiento *perturbador*, G al deslumbramiento *molesto*. La definición de ambos valores fue extraída de la Recomendación CIE 30-2, empleando la definición clásica usada en la técnica de luminancia.

Tabla 2. Prescripciones para cada tipo de calzada según IRAM AADL J 2022-2.

CLASE	Luminancias promedio iniciales (cd/m ²)	Uniformidad U _o	Uniformidad U _I	TI (%)	G
A	2,7	0,4	0,7	10	6
B1	2,0	0,4	0,6	20	5
B2	1,3	0,4	0,6	15	6
C	2,7	0,4	0,6	15	6

3. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE LUMINANCIA

Tomando como base el esquema clásico de la figura 1, la luminancia L de una superficie elemental ΔS sobre la calzada, se calcula a partir de:

$$L = \frac{I(C,\gamma)}{h^2} q(\alpha, \beta, \delta, \gamma) \cos^3(\gamma) \quad (3)$$

Donde “ $I(C,\gamma)$ ” es la intensidad luminosa de la luminaria en la dirección del punto en el que se calcula la luminancia, “ h ” la altura de montaje de la luminaria y “ q ” es el coeficiente de luminancia del pavimento.

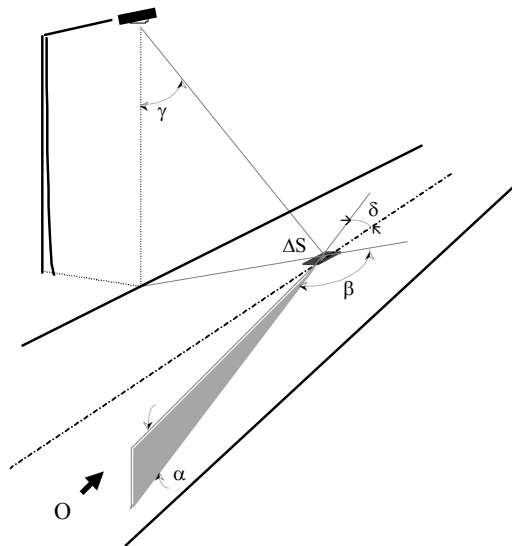


Figura 1. Geometría básica para el análisis de la visión en rutas.

La característica distintiva del método es que contempla la luz reflejada por la calzada hacia el conductor y por lo tanto requiere de las características reflectivas del pavimento. Este dato se maneja en forma de una matriz, la llamada *tabla-r*, que contiene un conjunto de valores de *coeficiente de luminancia reducidos* “ r ”:

$$r_{(\beta, \tan \gamma)} = q(\beta, \gamma) \cdot \cos^3(\gamma) \quad (4)$$

El coeficiente r depende del material de la superficie del camino: su textura, composición, método de aplicación, tiempo de uso, etc. Lejos de ser una constante, su valor es función de las posiciones del observador y de la fuente luminosa con respecto al punto que se considera. Aunque en principio es una función de cuatro variables, para las condiciones de observación pertinentes a conductores de automóviles en rutas, los ángulos α y δ no presentan grandes variaciones, por lo que se han adoptado valores

fijos para ambos ($\alpha = 1^\circ$ y $\delta = 0^\circ$), de modo tal que puede considerarse a r dependiente solo de β y γ .

Tabla 3. Formato estandarizado para especificar las características del pavimento (Tabla-r).

tg γ \beta	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0,00	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384
0,25	499	499	498	496	493	487	482	474	466	458	448	418	388	361	338	320	306	297	292	289
0,50	622	622	620	612	600	584	565	543	519	494	470	399	340	296	265	243	229	220	215	214
0,75	737	736	731	712	683	646	603	557	510	465	423	322	255	213	187	172	163	159	157	156
1,00	797	796	784	744	683	612	537	467	404	351	306	215	165	137	123	116	113	113	113	113
1,25	773	742	700	620	530	442	365	301	252	213	183	125	97	84	77	76	77	80	82	83
1,50	738	685	608	479	363	274	213	170	140	117	100	70	56	49	48	49	53	57	60	61
1,75	702	637	535	377	246	164	120	94	77	65	57	41	33	30	30	33	37	41	44	45
2,00	669	596	474	297	163	96	69	53	45	37	33	24	20	18	19	22	26	30	33	33
2,50	608	522	376	179	65	35	26	20	18	15	14	10	9	8	9	10	13	16	18	20
3,00	555	461	301	96	25	14	11	10	8	7	6	5	4	4	5	6	7	10	11	12
3,50	510	408	241	43	11	7	6	5	5	4	3	2	2	2	2	3	4	6	7	8
4,00	470	363	193	17	6	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	5	6
4,50	435	324	154	7	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	3	4	4
5,00	404	289	122	4	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
5,50	377	260	95	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,00	353	234	73	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,50	332	211	53	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,00	313	190	36	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,50	295	171	19	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,00	279	155	5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8,50	265	141	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9,00	252	128	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9,50	240	117	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,00	229	107	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10,50	218	97	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11,00	209	89	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11,50	200	81	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12,00	192	75	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La “tabla-r” mostrada en la tabla 3 es un ejemplo de cómo se especifican las propiedades reflectivas de las calzadas. Los valores del coeficiente de luminancia reducido r contenido en la tabla se especifican para un conjunto estandarizado de combinaciones de ángulos tg γ y β de incidencia de la luz sobre el camino (ver figura 1).

El punto crítico de la técnica de luminancia y que aún no se ha resultado es cómo obtener las reales características reflectivas del pavimento de la instalación (su tabla-r). Sin este dato es prácticamente imposible lograr un buen diseño del sistema de alumbrado.

4. CARACTERIZACIÓN DE CALZADAS.

La problemática es compleja en virtud de la multiplicidad de factores que afectan y definen las características de reflexión. Las primeras investigaciones sobre el tema, efectuadas en la década del '70 en los países centrales (principalmente Holanda y Alemania) se orientaron por un lado, a obtener un método para la *descripción* de las calzadas que permitiera su caracterización en forma simple, con pocos parámetros,

evitando la medición completa de la tabla-r. Por otro lado, se trató de tipificarlas, mediante un sistema de clasificación.

Fue así como surgió el sistema de descripción de la Comisión Internacional de Alumbrado CIE (*Sistema CIE- Erbay*) basado en los parámetros de descripción S1, S2 y Qo. Estos parámetros fueron concebidos con el objetivo de obtener con ellos información suficiente sobre las características de reflexión del pavimento, suplantando así la determinación de la tabla-r. Sin embargo, estudios posteriores revelaron la existencia de una alta correlación entre los parámetros del sistema CIE. Con ello, el conocimiento de S2 y Qo no agregaba información extra con respecto a la obtenida con S1, por lo que en términos prácticos, solo este último continuó vigente.

Una vez caracterizado el pavimento a partir de sus parámetros, la idea es asignarle una Tabla-r “estándar”, que sirva luego para realizar los cálculos de diseño de la instalación. Este proceso se denomina *clasificación* y se basa en la definición de grupos de estándares, siendo el más popular en nuestra región la conformada por los pavimentos denominados R1, R2, R3 y R4 (pavimentos de la *Serie R*).

Para completar el método, entre fines de la década del 70 e inicios de los '80 se diseñaron y construyeron instrumentos para la medición “in-situ” de los parámetros de descripción (reflectómetro de De Boer, arco de Range, etc.). La idea de su aplicación era caracterizar la “forma” de la matriz de reflexión directamente en el camino (sin sacar muestras) y con este dato obtener la tabla-r. Si bien estos equipos superaron la faz de prototipo, no pudieron conseguir una exactitud tal que los hiciera viables, siendo escasos los antecedentes de su uso.

De este modo, la idea original de trabajo en base a la descripción y posterior clasificación fotométrica de la superficie, cambió su sentido, hacia una simple elección de un pavimento estándar, sin mediar por proceso alguno de medición. Esta metodología constituye una simplificación exagerada, que eleva notablemente la

incertidumbre en el diseño, pese a lo cual continúa aplicándose. Como dato adicional, el sistema de clasificación tiene dudosa validez regional: se basa en las características típicas o medias de los pavimentos europeos de la década del `80, que pueden o no ser “parecidos” a los de nuestras instalaciones.

5. LA SITUACIÓN EN ARGENTINA.

Las primeras aplicaciones de la técnica de luminancia (Avenida del Libertador, 1978; Autopista 25 de Mayo, 1980) se realizaron siguiendo los lineamientos de trabajo dictado por los estudios europeos: uso de pavimentos estándares, previa clasificación de la calzada por sus características de textura y constructivas. Las evaluaciones de estas instalaciones fueron realizadas por profesionales del LAL CIC, en lo que constituyeron las primeras mediciones de luminancia en ruta de la región. Arrojaron resultados dispares, que permitían ya vislumbrar la falta de concordancia de los pavimentos locales con los estándares usados.

Los trabajos en laboratorio, con muestras de calzadas, se iniciaron en el LAL a fines de la década del 70. Se estudiaron principalmente probetas extraídas de rutas del interior de la provincia de Buenos Aires; los resultados de estas pruebas permitieron corroborar las fallas de la aplicación en nuestro medio del método de trabajo basado en la clasificación o tipificación de la superficie de la calzada sobre la base de pavimentos europeos.

A mediados de la década del 90 se iniciaron en la Argentina importantes obras viales, destacándose la ampliación y remodelación de la Red de Accesos a la Ciudad de Buenos Aires. Esto motivó la extensiva aplicación de la técnica de luminancia. Resurgió así la necesidad de caracterizar las calzadas de estas nuevas autopistas, hecho que puso nuevamente en vigencia la cuestión de cómo obtener una tabla-r confiable. Si bien en los primeros proyectos se retomó la práctica de asignar una tabla de la Serie R (generalmente R3), sin que medie proceso alguno de medición, las discrepancias encontradas en las evaluaciones de las instalaciones motivaron el uso de métodos más confiables de desarrollo local.

5.1. Sistema de Descripción LAL-CIC.

Con la hipótesis de que un sistema de descripción mejorado podía hacer más exacta la aplicación de la técnica de luminancia, se intentó buscar una alternativa a los parámetros de descripción CIE Erbay. Como se mencionó, la principal falencia de este sistema era la alta correlación entre S1 y S2, lo que combinado con la falta de equipos confiables para medir en la ruta a Qo, hacían que toda la exactitud del sistema recayera sobre un solo parámetro, S1. En el Sistema de Descripción LAL-CIC se cuenta con tres parámetros independientes y posibles de medir: AD, AI1 y AI2. Todos son cocientes de valores “r” independientes, lo que brinda más información de la calzada. El sistema demostró ser particularmente apto para superficies de alta especularidad, con ventajas sobre el sistema CIE.

5.2. Medición de parámetros.

Para la medición “in situ” de los parámetros de descripción se diseñó y construyó un equipo de medición, el Reflectómetro de Calzadas. El instrumento permite iluminar una pequeña porción de calzada, para los ángulos de incidencia establecidos por los parámetros de descripción del Sistema LALCIC. Para ello, un arco metálico desmontable se instala sobre la zona a evaluar, abarcando una superficie de aproximadamente 0,50 m por 0,25 m, aproximadamente el tamaño de una probeta, tal lo prescrito por la CIE 30.2. Por otra parte, un detector (luminancímetro) se enfoca de modo de captar la luz reflejada por la superficie iluminada, con un ángulo de observación de 1° , esto es, el ángulo estándar de visión en rutas. La medición se realiza en horario nocturno, apagando la iluminación artificial de la autopista o ruta en estudio, mediante un proceso no muy complejo y relativamente rápido (la caracterización demora entre 20 a 35 minutos por sector a evaluar).



Figura 2. Aplicación del Reflectómetro de calzadas LAL CIC.

5.3. Obtención de la Tabla-r.

Para obtener una Tabla-r apta para representar al pavimento de la instalación, cuyos parámetros de descripción se han medido con el reflectómetro, se empleó el procedimiento conocido como *Identificación*. Éste consiste en comparar los parámetros de descripción obtenidos con los de superficies ya medidas y almacenadas en una base de datos, en búsqueda de coincidencias o acercamientos. En nuestro caso, se emplearon las tablas-r de Erbay y Sorensen, conjunto que contiene más de 500 matrices medidas, con variadas formas de reflexión, desde difusas hasta las más altas specularidades halladas. Dicha base fue completada con superficies locales, medidas en el LAL a partir de muestras, en la década del `80.

6. APLICACIÓN LOCAL DE LA TÉCNICA DE LUMINANCIA.

La situación en varias de las nuevas autopistas argentinas a mediados de 2001 era la siguiente: en el transcurso de obras de repavimentación, el asfalto tradicional (original de la obra) es reemplazado por nuevos compuestos conocidos como “drenantes”. En la casi totalidad de los casos, el cambio de calzada altera significativamente la calidad del sistema de iluminación, observándose una drástica disminución de la uniformidad longitudinal UI. Considerando que las luminarias no se alteraron en el período, resultó evidente una falta de concordancia entre la matriz de reflexión del nuevo compuesto y

del pavimento anterior. Si bien este último no había sido medido, el hecho de que las evaluaciones iniciales de las instalaciones produjeran resultados aceptables (parámetros luminotécnicos dentro de lo establecido en las recomendaciones), permitía presuponer que no eran sustancialmente distintos a un estándar R3 o R4, ya que estas tablas-r fueron las usadas en el diseño.

La situación descrita generó la necesidad de estudiar cómo se comportaba en términos de reflexión el nuevo compuesto, lo que inició una serie de pruebas con nuestro reflectómetro de calzadas. Fue así que entre mediados de 2001 y 2005 el método descrito en el punto anterior se aplicó en las principales autopistas argentinas: del Oeste, Acceso Norte, La Plata – Buenos Aires. La tarea permitió conformar, al menos en forma parcial, una caracterización de las superficies en uso, y conocer especialmente las propiedades de reflexión de las nuevas superficies “drenantes”.

Las matrices obtenidas en el proceso Descripción – Identificación, vía medición con nuestro reflectómetro, se emplearon en el rediseño de instalaciones en funcionamiento (adaptación de las ópticas de las luminarias a la nueva matriz de reflexión) y también en el proyecto de nuevos sistemas de alumbrado (caso autopista La Plata - Buenos Aires, tramo Hudson - La Plata) con excelentes resultados. Se evidenció que los compuestos con elevada macro textura presentaban formas de reflexión altamente especulares, notoriamente distintas a los estándares de la CIE, tal cómo se puede apreciar, a modo de ejemplo, en la figura 3.

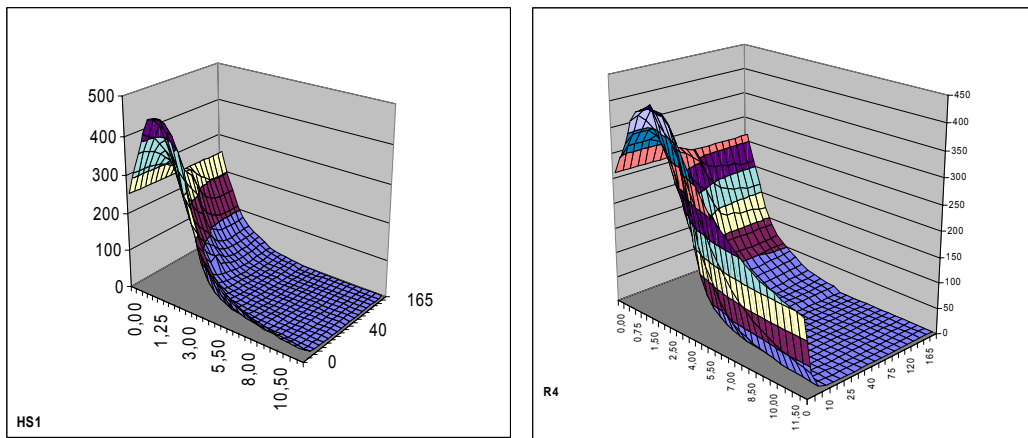


Figura 3. Comparación cualitativa entre un pavimento “drenante” y el estándar R4.

6.1. Características de las calzadas.

A modo de síntesis de las evaluaciones efectuadas en el período 2001-2005, se presentan en la tabla 4 y 5 las características más relevantes de las superficies en uso en las principales autopistas argentinas. En primer lugar -tabla 4- se muestran los parámetros del sistema CIE y LAL-CIC, el año de medición y la denominación propia asignada (se usó el código “HS” y “MS” como indicadores de alta y media specularidad, luego una numeración correlativa). El nombre técnico de las superficies, junto con datos relevantes desde el punto de vista macroscópico (aspecto, grado cualitativo de claridad, tiempo de rodamiento), se indican en la tabla 5

Cada juego de datos se corresponde con la tipificación de la calzada en un cierto tramo o sector, los parámetros indicados son los considerados característicos y surgen de varias mediciones efectuadas con el reflectómetro en áreas aledañas. Por ejemplo, es natural encontrar diferencias (notorias incluso a simple vista) entre el centro del carril y sus bordes (huella), discrepancias que se repiten, con diferentes matices en le sentido transversal de la vía de tránsito. Con ello, cada pavimento evaluado se traduce en un juego de parámetros de descripción y la matriz identificada “típica” se obtiene a partir de los parámetros medios.

Tabla 4. Características de reflexión de las superficies estudiadas.

Pavimento	Año	Parámetros CIE		Parámetros LAL		
		S1	Qo	AD	AI1	AI2
HS1	2001	1,65	0,062	1,549	0,734	0,219
HS2	2001	1,74	0,063	1,770	0,817	0,202
HS3	2002	2,66	0,083	2,007	1,100	0,148
HS4	2002	1,47	0,095	1,666	0,286	0,359
MS1	2003	0,44	0,076	1,096	0,235	0,414
MS2	2005	1,14	0,074	1,422	0,669	0,228
HS5	2005	1,73	0,084	1,599	0,805	0,217

Tabla 5. Denominación técnica y descripción cualitativa.

Pavimento	Denominación	Tiempo de rodamiento	Aspecto cualitativo
HS1	Micros concretos asfálticos discontinuos en caliente, de elevada macro textura y con asfaltos modificados	5 meses	Elevada macro textura, piedras grises visibles en superficie, muy oscuro (aspecto mojado).
HS2		Aprox. 6 meses	
HS3		1 año	Textura media, color gris claro, 50% piedras visibles en superficie.
HS4		1 año	
MS1	Concreto asfáltico en caliente, con asfaltos modificados	8 meses	Baja macro textura, 20% piedras visibles en superficie, oscuro
MS2	Micros concretos asfálticos discontinuos en caliente	1 ½ año	Elevada macro textura, piedras grises visibles en superficie, oscuro.
HS5		1 ½ año	

7. CONCLUSIONES.

Prácticamente la totalidad de las superficies caracterizadas fueron empleadas en el rediseño del sistema de alumbrado o bien directamente en el proyecto de la instalación. En todos los caso, los resultados finales fueron satisfactorios, lo que permite presuponer que existe concordancia entre la tabla-r y el pavimento real de la instalación. Esto es una contundente verificación práctica del método de trabajo basado en la caracterización “in situ” de la superficie, y una sustancial mejora con respecto a la aplicación local de los estándares CIE. Como correlato de lo anterior, observamos que localmente se está afianzando la práctica caracterizar la calzada como paso previo al proyecto (del mismo modo que se mide fotométricamente a la luminaria), tal lo indican la solicitud, por parte de empresas del sector, de estudios a nuevos pavimentos. La generalización de estos procedimientos conducirá en no muy largo plazo, a contar con

una base de datos (tablas-r) suficientemente amplia como para generar un sistema propio de clasificación, de validez local.

8. BIBLIOGRAFÍA.

Burghout, F. 1986. *Two class system for the classification of dry road surfaces with regard to light reflection*. CIE Journal Vol. 5 No 1.

De Boer, J., Cohu, M., Schreuder, D. 1967. *Public Lighting*. Philips technical Library, The Netherlands.

De Boer, Van Bommel. 1980. *Road Lighting*, Philips technical Library, The Netherlands.

Erbay, A. 1974. *Reflection properties of road surfaces*. ILTUB. Berlin.

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, IRAM AADL J 2022-2. 1995. *Alumbrado Público, Vías de Tránsito – Clasificación y niveles de iluminación*. Buenos Aires.

Ixtaina, Pablo R; Vidal, Pedro A. 2005. *Changes with use and age of reflection properties of road surface new types*. CIE Midterm Meeting and International Lighting Congress, León, España.

Publication CIE N° 30-2 – TC 4.6.1982. *Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting*. France.

Publication CIE TC-4.25. 1995. *Road surface and road marking reflection characteristics*, 1° Draft, Durban.

Sorensen, Kai. 1975. *Road Surface Reflection Data*. DELTA, Denmark.

Vidal, Pedro A.; Alcalde, Pedro. 1985. *Caracterización de calzadas*. Trabajos presentados. V Jornadas Argentinas de Luminotecnia, Publicado por la AADL. Rosario, Argentina.

Vidal, Pedro A.; Ixtaina, Pablo R. 1996. *New System of Identification of de Reflection Indicatrices of Pavements*. Note to CIE TC 4-25. France.

Vidal, Pedro A.; Ixtaina, Pablo R. 2002. *Application of a New Pavement Reflectometer*, 2nd Balkan Conference and Fair in Lighting Balkan-Light'02, Proceedings, Istanbul.

Vidal, Pedro A.; Ixtaina, Pablo R. 2003. *New method for characterising the reflection properties of road surfaces*. CIE 25th Session, San Diego. USA.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la CIC PBA, donde P.I. es miembro de la Carrera de Investigador Científico y Tecnológico y P.A.B.V es Profesional.

