

Aplicación de criterios de optimización energética y seguridad en la iluminación y confort, en calles y avenidas

Mgter. Corvalán Rubén, Esp. Sanabria Norberto, Esp. Ferrari Elvira, Esp. Titiosky Valeria., Esp. Amarilla Alicia, Esp. Cuevas Alicia, Ing. Sabaj Victor, Ing. Fleitas Hernan.^(*)



Resumen

El presente trabajo, que forma parte de un proyecto más abarcativo denominado: “Aplicación de criterios de optimización energética y seguridad, en la resolución de

problemas de diseño en las construcciones Ingenieriles- tecnológicas inteligentes en la región”. Analiza el grado de iluminación y confort, en la Avenida J. R Fernández de la ciudad de Corrientes en la República Ar-

^(*) Grupo Regional de Administración, Tecnología, Organización y Sociedad – GRATOS – Departamentos de Ingeniería y Agrimensura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste. Avenida Libertad 5470. Corrientes. Argentina. Email: corvalan-gratos@unne.edu.ar Cel. (+54) 3794 685000

gentina laboratorios, de acuerdo al marco reglamentario nacional del factor de iluminación en caminos, calles, rutas y avenidas, considerando incluida a la avenida en el radio urbano de la ciudad. Utilizando el protocolo aprobado por normas IRAM y los manuales de la Asociación Argentina de Luminotecnia – A.A.D.L. , para la medición del factor de iluminación, tomando además las variaciones de las condiciones climáticas, de temperatura y el factor del viento, como componentes del factor seguridad, necesario para una adecuada conducción en la vía pública.

Palabras Clave:

Luminotecnia, avenidas, urbano, ingeniería eléctrica, energía, tecnología.

Abstract:

This work, which is part of a more comprehensive project called: "Application of energy optimization criteria and safety, in the resolution of design problems in intelligent engineering-technological constructions in the region." Analyze the degree of illumination and comfort, in the Avenida J. R Fernandez of the city of Corrientes in the Argentine Republic laboratories, according to the national regulatory framework of the lighting factor in roads, streets, routes and avenues, including the avenue included in the urban radius of the city. Using the protocol approved by IRAM standards and the manuals of the Asociación Argentina de Luminotecnia – A.A.D.L. , for the measurement of the lighting factor, taking also the variations of the climatic conditions, of temperature and the factor of the wind, as

components of the safety factor, necessary for an adequate conduction in the public road.

Keywords: *Lighting technology, avenues, urban, electrical engineering, energy, technology*

Introducción:

La iluminación relacionada a las vías de comunicación terrestre, debe tener presente un gran número de luminarias, ya que debe abarcar espacios grandes, en consonancia con el incremento de la masividad de los vehículos familiares, de transporte de cargas y colectivos de pasajeros. , también deben poseer características especiales a las luminarias convencionales, teniendo mayor potencia lumínica, brillo, incandescencia, etc.

Por ello es necesario analizar la tarea visual del conductor y determinar el nivel de iluminación necesaria para un correcto manejo en el espacio, y verificar que cumplan con las normativas de seguridad, comodidad y confort.

La cantidad adecuada de luz para realizar cómodamente una tarea visual concreta, como es el manejo de vehículos automotores, es un requisito fundamental para un camino, calle, ruta o avenida

El Instituto Argentino de Racionalización de Materiales publico en el año 2010 La normas IRAM AADL J2022-2010. Como guía práctica sobre iluminación en arterias. A partir de la guía publicada se realiza el análisis de los indicadores y método de medición estipulados en el protocolo.

El protocolo aprobado IRAM ADL es acompañado por una guía práctica que inicia con información teórica básica sobre

luz, visión y fotometría.

Respecto a los aspectos metodológicos, la técnica de relevamiento se fundamenta en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la calzada analizada. Se incluye un método de cálculo para estimar la cantidad de puntos de medición en base a las dimensiones geométricas de la travesía. Se mide la iluminancia horizontal existente en el centro de cada área a la altura de 0.05 metros sobre el nivel del suelo.

El protocolo se presenta útil para sistematizar el análisis de iluminancias y evaluar los niveles de iluminación del espacio de manejo. Por otro lado, permite describir algunos aspectos del factor ambiental iluminación, con poco o nulo desarrollo de la iluminación natural, que hace necesaria una mayor iluminación artificial en horas de nocturnidad. Según las siguientes definiciones: Watt (W): Unidad de medida de energía eléctrica. Indica el consumo de la lámpara. A mayor valor, mayor consumo. Lux (lx): Unidad de iluminancia.

El Lux indica la cantidad de luz que llega a la zona de estudio. Se mide con instrumentos denominados "Luxómetros". A mayor valor, mayor iluminación en un punto dado. Lumen (lm): Unidad de flujo luminoso. 1 Lumen = 1 Lux por metro cuadrado.

Unidad estandarizada de medición de la cantidad total de luz que se produce a partir de una fuente de emisión de luz en todas las direcciones. Cuanto mayor sea el número, más brillante es la luz. Es una medición que representa la potencia de la luz percibida por el ojo humano. A mayor valor más potente es la lámpara. Candela (cd):

Unidad de flujo luminoso emitido en una dirección dada.

La capacidad de una luminaria para dirigir la luz hacia la calzada y el ojo del conductor, puede establecerse de acuerdo a su incidencia, que combinado con estado del tiempo, temperatura y velocidad del viento, dan datos sobre el confort para el manejo que se analizan en esta investigación.

Materiales y Métodos

Flujo Luminoso (Φ), Es la medida de la potencia luminosa percibida, podría medirse en vatios pero a fines de evitar una confusión, diremos que del total de los vatios consumidos por una lámpara solo una parte se convierte en luz visible. Y ahora definiremos el LUMEN que toma como referencia a la luz visible. Empíricamente se demuestra: 1watt-luz a 555nm=683Lm (cantidad de luz emitida por una fuente en todas direcciones).

Intensidad Luminosa (I), Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo solido, la unidad de medida es la CANDELA. $I = \phi / \omega = (Cd)$

Iluminancia (E), La iluminancia es el nivel de iluminación; es la cantidad de luz en lúmenes, por el área de la superficie a la que llega dicha luz. La unidad en que se mide es el *Lux* y se simboliza con la letra E.

Luminancia (L), a diferencia de las demás que son medidas respecto a una superficie, esta magnitud mide la luz que llega al ojo humano, que es lo que vemos, ya sea mirando directamente al foco luminoso o lo que veamos reflejado, queda definido entonces como la relación entre la intensidad

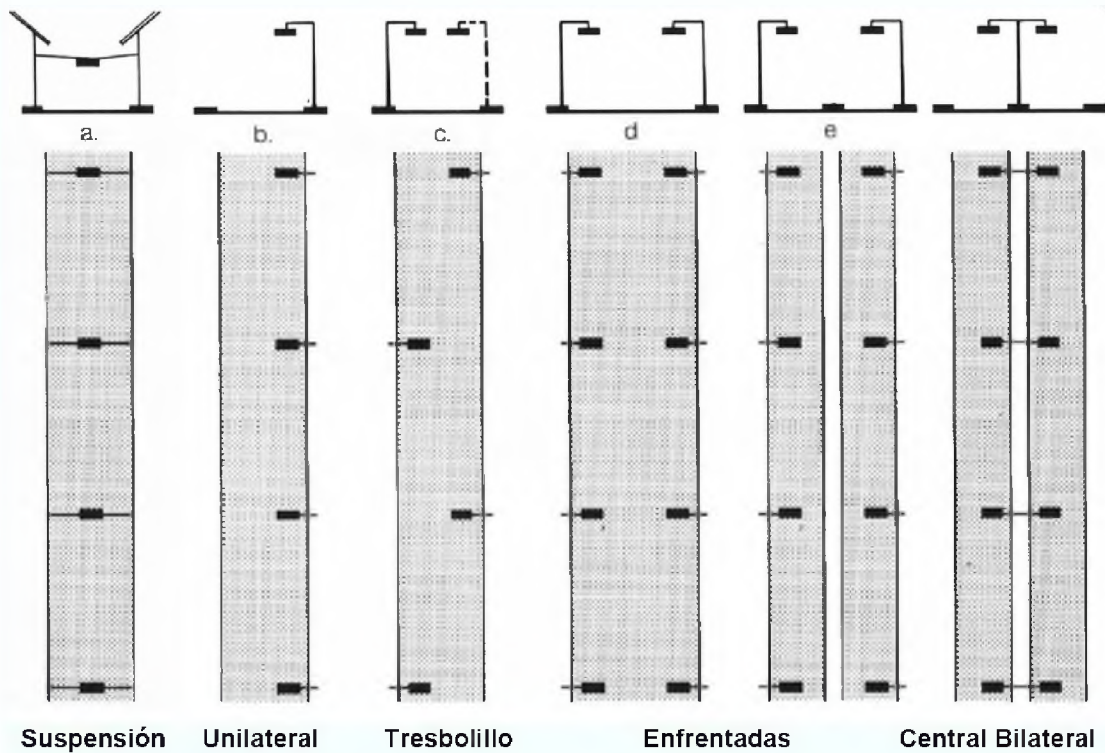
luminosa y la superficie aparentemente vista por el ojo humano en una dirección determinada, su unidad es Cd/m^2

La iluminancia depende solamente del sistema de alumbrado y afecta a la visibilidad y, cuanto mayor sea la cantidad de luz y hasta un cierto valor máximo que es el límite de deslumbramiento, mejor será el rendimiento visual.

Los instrumentos utilizados fueron, Luxómetro Extech Modelo 401027, rango de medición de 0 a 20.000 lux, tiempo de

muestreo 0,4 segundos. Resolución 1 lux. Termómetro digital: Extech Modelo EA10 resolución 0,1 °C. Escala de medición de 0 a 200 grados centígrados. Anemómetro Extech Modelo 45118, resolución 0,01 metros por segundo, escala 0,50 a 28 m/seg

En base a las normas de medición estándar, análisis de componentes principales, se realizaron las mediciones dentro de la cuadrícula establecida, como así también se realizaron mediciones testigo fuera de la zona del cono de iluminación.



Resultados y Discusión

El estudio de caso, se llevó adelante mediante el análisis de los niveles de iluminación de la Avenida J.R. Fernández a fin de corroborar los valores de iluminancias den-

tro del tramo estudiado y ver si dichos valores están dentro de los límites estipulados por la norma IRAM-ADDL J2022-2010.

Considerando las características especiales de cada una de las vías de comuni-

cación, pero con base a la matriz utilizada en este estudio. Primeramente, en trabajos de campo se levantaron utilizando equipamiento adecuado los datos del estado actual de la iluminación de la Avenida JR Fernández, y en base a ellos, se consideró si las

condiciones son las establecidas por normas (IRAM AADL J2022-2010).

Inicialmente se evaluó la calzada por el tipo de tránsito que se tiene en el lugar de estudio, utilizando la siguiente tabla de clasificación de la calzada.

Clase	Carácter del tránsito	Descripción	Ejemplos
A*	MUY RÁPIDO V > 100 km/h	Calzadas 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, PROVINCIALES
C**	SEMIRÁPIDO 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, (clases 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 presencia de peatones. ** Con presencia de peatones.			

Atendiendo también a las causas que afectan el estado de las luminarias:

Contaminación ambiental. Saltos térmicos bruscos y continuos. Variación de las tensiones de alimentación. Ópticas inadecuadamente diseñadas. Degradación natural de la lámpara. Tensión del arco de la lámpara. Vandalismo (Destruir adrede las instalaciones). Propiedad reflectiva del material de la calzada.

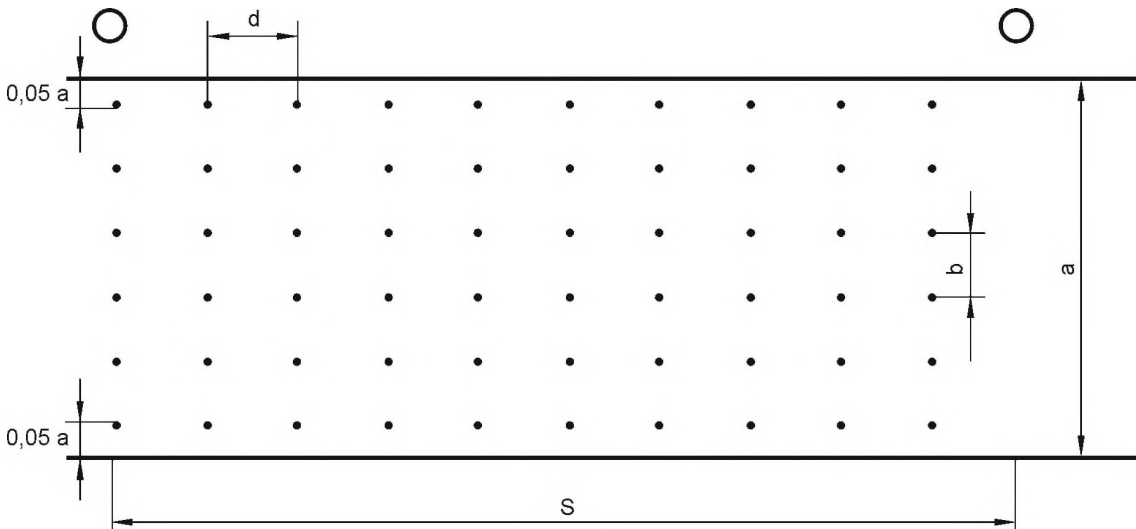
Se utilizaron dos métodos uno empírico y el segundo con base a un software específico-

Primer Método: Método de iluminación (establecido por norma para este tipo de calzada) con el cual se precedió a considerar un tramo representativo de la avenida antes nombrada y dividirla en 2 (dos) tramos, y en cada uno de ellos se marco una grilla de puntos sobre el terreno a evaluar (calzada), y

posteriormente se llevo a cabo la medición de iluminancia (lux) en cada punto a una altura de 0.05 metros (como está estipulado en la norma), esta medición fue efectuada con la ayuda de un luxómetro, acompañado por un telémetro laser y establecidos los punto con la estación total.

Para hallar la Iluminancia Horizontal (Eh): que es la iluminancia en un lugar, obtenida sobre un plano horizontal en los puntos de evaluación. El luxómetro se apoyo sobre la calzada debiendo contemplar algún mecanismo que asegure la horizontalidad del plano de medición.

Grilla:



Tablas elaboradas mediante las mediciones realizadas en el trabajo de campo.

TRAMO 1: h=11,615m d=29,00m									
37,66	31,204	30,128	26,9	23,672	23,672	23,672	33,356	41,964	44,116
33,356	30,128	27,976	25,824	23,672	24,748	29,052	33,356	41,964	43,04
32,28	27,976	25,824	24,748	23,672	24,748	29,052	35,508	43,04	45,192
30,128	25,824	24,748	22,596	23,672	24,748	29,052	34,432	41,964	46,268
26,9	23,672	21,52	21,52	22,596	23,672	27,976	33,356	43,04	45,192
24,748	21,52	20,444	21,52	20,444	23,672	27,976	32,28	41,964	44,116
22,596	19,368	19,368	19,368	19,368	22,596	25,824	29,052	38,736	41,964
19,368	17,216	16,14	18,292	18,292	20,444	24,748	26,9	36,584	39,812
17,216	16,14	15,064	16,14	17,216	19,368	22,596	24,748	34,432	39,812
15,064	15,064	15,064	15,064	17,216	20,444	18,292	23,672	33,356	38,736

Emin	Emax	Em
15,064	44,116	27,438
$G1 = Emin/Em$	0,55	
$G2 = Emin/Emax$	0,34	

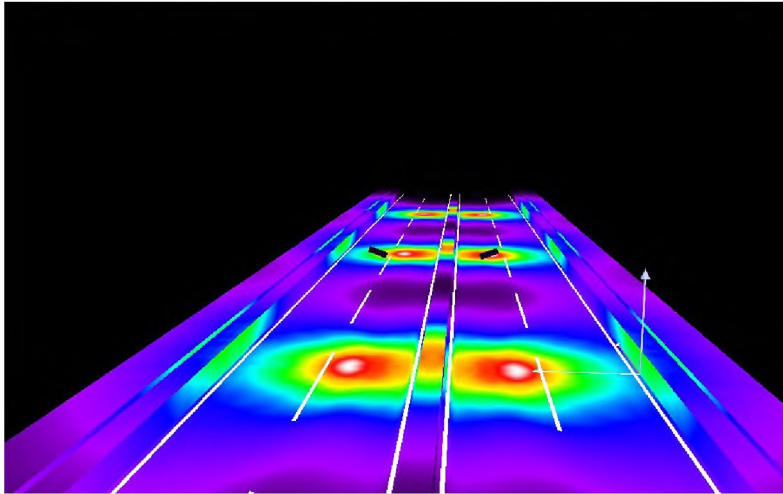
El segundo método que se utilizó fue con el empleo del software llamado DIA-Lux, de fácil acceso y muy poderoso para los estudios luminotécnicos. Para proceder con este método primero se efectuó un relevamiento del ambiente considerando el tipo de material de la calzada y también de los alrededores como ser la vegetación, las edificaciones y los distintos tipos de suelos. También se consideró el tipo de luminaria, así como las condiciones en que se encuentran las mismas, y con estos datos se procedió a renderizar (modelado en 3D), del terreno en el software.

Se llevaron adelante los siguientes pasos y etapas en el desarrollo del estudio: Ubicar la zona en una imagen satelital. Hacer una captura de pantalla de la misma para poder utilizar las medidas exactas. En el campo se hizo la medición de las distancias entre luminarias y entre la luminaria y el terreno en

estudio. Dentro del software solo se estudió la calzada dado que no se encontraron ningún tipo de impedimentos como vegetación o edificaciones que provoque algún tipo de acción desfavorable sobre los efectos de las luminarias en la calzada. Se procedió a instalar las luminarias de los catálogos provistos por el software, también se introdujeron especificaciones como tipo de montaje (en este caso es doble sobre el arcén central), altura de montaje y ángulo de rotación de la misma. En este caso en lugar de utilizar grillas de medición dentro del programa se utilizó el método de colores falsos para representar de una mejor manera las zonas de mayor y menor iluminancia. Se procedió a hacer la simulación con todos los parámetros ya colocados, y cuyos datos fueron obtenidos.

De este estudio se obtuvieron el siguiente mapa de curvas Isolux.





Colores falsos

Iluminancias Luminancias

<input type="text" value="70.00"/>	70.00	lx	Interpolar
<input type="text" value="61.25"/>	61.25	lx	
<input type="text" value="52.50"/>	52.50	lx	
<input type="text" value="43.75"/>	43.75	lx	
<input type="text" value="35.00"/>	35.00	lx	
<input type="text" value="26.25"/>	26.25	lx	
<input type="text" value="23.75"/>	23.75	lx	
<input type="text" value="20.75"/>	20.75	lx	
<input type="text" value="0.00"/>	0.00	lx	

Colores Clasificar Aplicar

Conclusiones:

En la avenida J.R. Fernández, la iluminancia media (E_{media}), al considerar todos los casos de medición en los puntos centrales de la calzada, se constato que se cumple con la intensidad media de iluminación. También indicó que se cumple con la intensidad mínima de iluminación para caminos, calles, rutas y avenidas

Con respecto a la uniformidad, en todas las mediciones sobre los puntos de la cuadrícula y utilizando luz artificial, se obtuvo una relación menor o igual a 0,5, entre la iluminancia mínima y la mitad de la iluminancia media. Esto nos indica que la uniformidad de la iluminación estuvo dentro de lo exigido en la legislación vigente. Se constato que el grado de iluminación es el adecuado, en una noche normal estrellada o nublado.

Clase	Valores mínimos			Grado mínimo de apantallamiento
	Nivel inicial promedio E_{med} (lx)	Uniformidad		
		G_1 $E_{mín} / E_{med}$	G_2 $E_{mín} / E_{máx}$	
C	40	1/2	1/4	APANTALLADO
D	27	1/3	1/6	SEMIAPANTALLADO
E	16	1/4	1/8	SEMIAPANTALLADO
F	10	1/4	1/8	NO APANTALLADO

Analizando los datos obtenidos en campo y comparándolos con los valores que debe tener mínimamente según la tabla que se presenta más arriba, vemos que la avenida JR Fernández cumple ampliamente con los requerimientos luminotécnicos detallados

por la norma IRAM-ADDL J2022-2010.

Cabe destacar que la única observación que puede hacerse es sobre el mantenimiento de las postaciones de las luminarias que sufrieron desperfectos a causa de accidentes viales.

Bibliografía:

- Cabello A., Kirschbaum C. Cálculo de alumbrado público con árboles, Revista LUMINOTECNIA, ed. AADL., N° 81, pp. 68-73, ISSN 0325 – 2558, 2006. Julio/Agosto 2006.
- Cómputos y Presupuesto. Mario F. CHANDIAS. Editorial alsina . 2017.
- Gagliardi I., Manzano E.R. Evaluación de la evolución de los niveles de iluminancia en alumbrado vial Lux América 2006, VIII

- Congreso Panamericano de Iluminación. Organizado por Asociación Uruguaya de Iluminación. Montevideo, Uruguay, del 11 al 13 de Octubre de 2006
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, IRAM AADL J 2022-2. 1995. Alumbrado Público, Vías de Tránsito – Clasificación y niveles de iluminación. Buenos Aires.
- Luminotecnia, Enciclopedia CEAC de Electricidad. Editorial CEAC Barcelona España
- Manual de Luminotecnia - AADL - Tomos I y II.
- Manzano E.R. Beneficios del uso del alumbrado público, la reducción de la tasa de accidentes nocturnos. Revista Luminotecnia N° 84, pp 38-46. Editorial de la AADL Asociación Argentina de Luminotecnia. Enero/Febrero 2007.
- Programa de diseño profesional tridimensional en iluminación DIALUX 4.12
- Rosenfeld, E. et al (1997): UREAM. Políticas de uso racional de la energía en el área metropolitana y sus efectos en la dimensión ambiental, PIP, CONICET 4717.
- Seip G. Instalaciones Eléctricas -Editorial Siemens.
- Sobrevila M. Instalaciones Eléctricas - Editorial Alsina (Ultima Edición)
- Software de diseño asistido por computadora, 2D y 3D.AUTOCAD 2010.