

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**METODOLOGÍA ALTERNATIVA PARA LA  
SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE  
ALUMBRADO PÚBLICO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:  
MARCO ANTONIO RAMOS QUIÑONEZ**

**PROMOCIÓN  
2003-II**

**LIMA – PERÚ  
2008**

**METODOLOGÍA ALTERNATIVA PARA LA  
SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE  
ALUMBRADO PÚBLICO**

*A los que supieron encontrarse:*

*Abertino y Florentina;*

*y todos mis amigos*

## SUMARIO

El presente estudio detalla un método alternativo para la Supervisión de la Calidad del Servicio de Alumbrado Público, el mismo está destinado a su aplicación por parte del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) en su función supervisora relacionada al Servicio de Alumbrado Público prestado por las Empresas Concesionarias de Distribución. La propuesta ha sido desarrollada considerando el marco general del Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público también a cargo del OSINERGMIN, cuya aplicación iniciada en el 2004 ha demostrado ser efectiva y sus resultados a la fecha confirman la mejora del servicio en el aspecto operativo (entiéndase que la lámpara de alumbrado público esté encendida). De otro lado, este método es nominado alternativo debido a la existencia del establecido actualmente en la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos en base a la Guía de Medición de la Norma Técnica de Alumbrado de Vías en Zonas de Concesión vigente; sin embargo, el enfoque actual no posee las características deseadas o su ejecución es tal que su aplicación no es efectiva puesto que posee falencias cuya descripción forma parte de este informe. La aplicación del método descrito en el presente informe permitirá al OSINERGMIN desempeñar un rol más activo en la supervisión de la calidad del servicio de alumbrado público y de esta manera contribuir a la mejora del servicio.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. PROBLEMÁTICA DE LA SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO</b>	<b>4</b>
1.1 Norma Técnica Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)	4
1.2 Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución (NTAP)	5
1.3 Apreciación Crítica	7
1.4 Análisis de Causas	8
<b>CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>9</b>
2.1 El Servicio de Alumbrado Público	9
2.2 Elementos de una Instalación de Alumbrado Público	9
2.3 Magnitudes Fotométricas	10
2.4 Otras Definiciones	10
<b>CAPÍTULO III. EL PROCEDIMIENTO DE SUPERVISIÓN DE LA OPERATIVIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO</b>	<b>12</b>
3.1 Definición de Deficiencias Típicas	12
3.2 Supervisión en Base a Muestras Representativas	13
3.3 Supervisión de la Atención de Denuncias de Alumbrado Público	13
3.4 Resultados	14
3.5 Conclusiones	16
<b>CAPÍTULO IV. MARCO GENERAL DEL MÉTODO ALTERNATIVO PARA LA SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO</b>	<b>17</b>
4.1 La Iluminancia como Instrumento de Medida del Mantenimiento de las Instalaciones de Alumbrado	17
4.2 Método de Medición Alternativo	18
4.2.1 Equipos, Herramientas e Información Necesaria	18
4.2.2 Descripción del Método de Medición	18
4.3 Disponibilidad de Información	19
4.3.1 Base de Datos de Vías	19
4.3.2 Base de Datos de Equipos de Alumbrado Público	20

4.3.2	Base de Datos de Tablas de Intensidades Luminosas	21
4.4	Supervisión de Instalaciones de Alumbrado Público Nuevas o Remodeladas	21
4.4.1	Alcance	21
4.4.2	Descripción	21
4.5	Supervisión del Mantenimiento de Instalaciones de Alumbrado Público	21
4.5.1	Alcance	21
4.5.2	Descripción	21
4.6	Consideraciones para el Establecimiento de Tolerancias y Sanciones	22
<b>CAPÍTULO V. EL CILINDRO DE APANTALLAMIENTO</b>		<b>24</b>
5.1	Dimensiones	24
5.2	Material y Color	25
5.3	Cilindro Usado en el Presente Estudio	25
<b>CAPÍTULO VI. HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN: EL ILUNERGMIN</b>		<b>27</b>
6.1	Características Requeridas	27
6.2	Base Teórica para el Desarrollo de la Herramienta de Simulación	28
6.2.1	Cálculo de Iluminancia Horizontal	28
6.2.2	Principio de Superposición	28
6.2.3	Modelo del Desgaste de la Luminaria	30
<b>CAPÍTULO VII. GUÍA DE USO DEL ILUNERGMIN</b>		<b>33</b>
7.1	Ventana General del Ilunergmin	33
7.2	ingreso de Datos	34
7.2.1	Carga de Tabla de Intensidades Luminosas	34
7.2.2	Ingreso de Datos de la Lámpara	35
7.2.3	Ingreso de Datos Geométricos	35
7.3	Uso de los Botones de Comando	37
7.3.1	“Borrar datos cargados”	37
7.3.2	“Calcular F.M. en proyección de luminaria”	37
7.3.3	“Ingresar F.M. directamente”	38
7.3.4	“Ver Gráficos de Referencia”	39
7.3.5	“Modificar datos de la Grilla”	39
7.3.6	“Calcular Iluminancia con F.M. constante”	40
7.3.7	“Calcular Iluminancia con Ingreso de Puntos de Ajuste”	41
7.3.8	“Calcular Parámetros de Control”	43
7.4	Cálculo del Factor de Mantenimiento para un Vano	44
<b>CAPÍTULO VIII. CONTRASTE DE RESULTADOS</b>		<b>45</b>
8.1	Caso 1: Mediciones en Cuadra 5 de la Calle José Santos Atawalpa – Los	46

Olivos	
8.1.1 Descripción General del vano evaluado	46
8.1.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional	46
8.1.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa	46
8.1.4 Factor de Mantenimiento Teórico	47
8.1.5 Divergencias	47
8.2 Caso 2: Mediciones en Cuadra 38 de la Calle Galena – Los Olivos	48
8.2.1 Descripción General del vano evaluado	48
8.2.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional	48
8.2.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa	48
8.2.4 Factor de Mantenimiento Teórico	49
8.2.5 Divergencias	49
8.3 Caso 3: Mediciones en la Calle Mama Ocllo – Lince	50
8.3.1 Descripción General del vano evaluado	50
8.3.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional	50
8.3.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa	50
8.3.4 Factor de Mantenimiento Teórico	51
8.3.5 Divergencias	51
8.4 Caso 4: Mediciones en Cuadra 23 de la Calle Sinchi Roca – Lince	52
8.4.1 Descripción General del vano evaluado	52
8.4.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional	52
8.4.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa	52
8.4.4 Factor de Mantenimiento Teórico	53
8.4.5 Divergencias	53
8.5 Caso 5: Mediciones en Cuadra 5 de la Calle Luis Sáenz – Jesús María	54
8.5.1 Descripción General del vano evaluado	54
8.5.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional	54
8.5.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa	54
8.5.4 Factor de Mantenimiento Teórico	55
8.5.5 Divergencias	55
8.6 Caso 6: Mediciones en Cuadra 1 de la Avenida Cayetano Heredia – Jesús María	56
8.6.1 Descripción General del vano evaluado	56
8.6.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional	56
8.6.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa	56
8.6.4 Factor de Mantenimiento Teórico	57

8.6.5	Divergencias	57
8.7	Análisis de Resultados	58
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>60</b>

## PRÓLOGO

La Metodología Alternativa para la Supervisión de la Calidad del Servicio de Alumbrado Público planteada en el presente estudio tiene como principal propósito su aplicación por parte del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería en reemplazo de la vigente enmarcada dentro de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) y de la Guía de Medición de la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución (NTAP) vigentes. Mediante este nuevo enfoque se obtiene beneficios apreciables, entre ellos destacan: la mejora de la eficacia de la supervisión ya que se asegura su impacto en la totalidad de instalaciones de alumbrado público; la mejora de la eficiencia de la supervisión del servicio pues el método alternativo requiere menos recursos para su aplicación; la obtención de un diagnóstico más acertado a través del cálculo del factor mantenimiento que cuantifica el estado de conservación de las instalaciones; entre otros.

Con el presente estudio se demuestra la factibilidad de aplicación de un proceso de supervisión más eficiente, esta mayor eficiencia está principalmente enfocada en el procedimiento de medición de los parámetros lumínicos en las vías evaluadas; en general, considerando la evaluación de iluminancia de una vía típica de 2 carriles y 2 aceras, el método actual de evaluación exige la medición de iluminancia en –por lo menos– 40 puntos que deben estar distribuidos en todo el área del vano en evaluación; el método alternativo propuesto pretende reducir dramáticamente esta cantidad de puntos sujetos a medición a la cantidad de 3 a 5 puntos. Esta importante reducción de más del 80% acarrea los beneficios descritos en la parte final del párrafo anterior; sin embargo, cabe precisar que mediante el presente estudio no se pretende restar valor técnico al proceso de medición actual, sino que –considerando sus problemas de aplicación de origen no necesariamente técnico– se presenta un método alternativo que supera los inconvenientes existentes.

Identificado el propósito de mejorar el proceso de medición en campo, la concepción de la solución está dirigida a la obtención de los mismos datos obtenidos por el método tradicional pero esta vez mediante una simulación que tiene como datos de ingreso mediciones en campo (por supuesto, en mucha menor cantidad en comparación con el método tradicional) e información geométrica y técnica de las instalaciones de alumbrado

público; la simulación también comprende la aplicación de un modelo basado en el cálculo de factores de mantenimiento y puntos de ajuste. Finalmente, los resultados obtenidos con este método alternativo han sido contrastados con resultados obtenidos a través del método tradicional para obtener el grado de divergencia.

Mediante la aplicación de la metodología alternativa se obtiene directamente resultados relacionados con niveles de iluminancia; por lo tanto, está considerada para su aplicación en vías a las que le corresponde el Tipo de Alumbrado IV y V según clasificación de la NTAP, puesto que para este tipo de vías los parámetros de control no incluyen los niveles de luminancia; esta limitación no afecta sustantivamente a la metodología alternativa teniendo presente que las vías con los tipos de alumbrado referidos corresponden en longitud a más del 80% del total de vías a nivel nacional y el impacto es fortalecido además por el hecho de que estas vías son las que presentan mayores problemas de mantenimiento.

Asimismo, el estudio no abarca el servicio de Alumbrado Público en las Zonas Urbano-Rurales y Rurales debido a que la NTAP considera para este caso el cálculo de Puntos de Iluminación y éste a su vez no está determinado por tolerancias en parámetros fotométricos sino que principalmente está basado en el nivel de consumo general del servicio eléctrico y de factores tarifarios (para mayores detalles ver el numeral 3.3 de la NTAP).

En relación a la estructura del presente informe, en el Capítulo I se describe la problemática de la supervisión de la calidad del servicio de alumbrado público, las posibles consecuencias de continuar con el esquema actual y se detalla el análisis de causas; en el Capítulo II se presenta el marco conceptual aplicable; en el Capítulo III se describe el procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público (la razón de su inclusión obedece a que este procedimiento ha dado buenos resultados y por lo tanto sirve de referencia para el planteamiento de la supervisión de la calidad); el Capítulo IV contiene la descripción general de la solución planteada; los capítulos V, VI y VII tratan sobre las 2 herramientas novedosas a ser introducidas como consecuencia del nuevo método de medición (el cilindro de apantallamiento y el Ilunergmin); el contraste de resultados y su análisis está contenido en el Capítulo VIII; y, finalmente, las conclusiones forman parte del Capítulo IX.

A lo largo del desarrollo del estudio se ha contado con el apoyo constante e incommensurable de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, en especial de todo el personal de la Unidad de Distribución y Alumbrado Público, y de cada uno de los Supervisores de Alumbrado Público; de igual forma, se ha recibido la colaboración importante de practicantes y

pasantes de la Gerencia en las mediciones de campo, en estas últimas también se contó con el soporte primordial de las municipalidades distritales de Jesus María, Lince y Los Olivos a través de su personal de serenazgo. Finalmente, pero no menos importante, se ha recibido la orientación y facilitación de información de parte de las empresas proveedoras de luminarias de alumbrado público dentro del ámbito nacional: Jوسفel, Schröder, Philips y General Electric.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMÁTICA DE LA SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO

Las normas actuales que rigen la Supervisión de la Calidad del Servicio de Alumbrado Público son la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) y la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución (NTAP); a continuación se describe y comenta la parte de ellas relacionada con la Supervisión a cargo del OSINERGMIN y que, por lo tanto, es de interés para el presente estudio.

### 1.1 Norma Técnica Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)

La NTCSE establece que la concesionaria de distribución es la responsable de llevar a cabo mediciones de campo para determinar el cumplimiento de los niveles de iluminancia, luminancia y deslumbramiento exigidos en la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución (NTAP). En su aplicación se tienen las siguientes consideraciones:

El periodo de verificación es semestral y tiene un alcance de un máximo de 1% del total de vías cuyo alumbrado público esté a cargo del concesionario de distribución.

El concesionario de distribución efectúa la selección aleatoria de las vías a evaluar en un mes determinado y envía el listado al OSINERGMIN una semana antes del inicio del mes correspondiente.

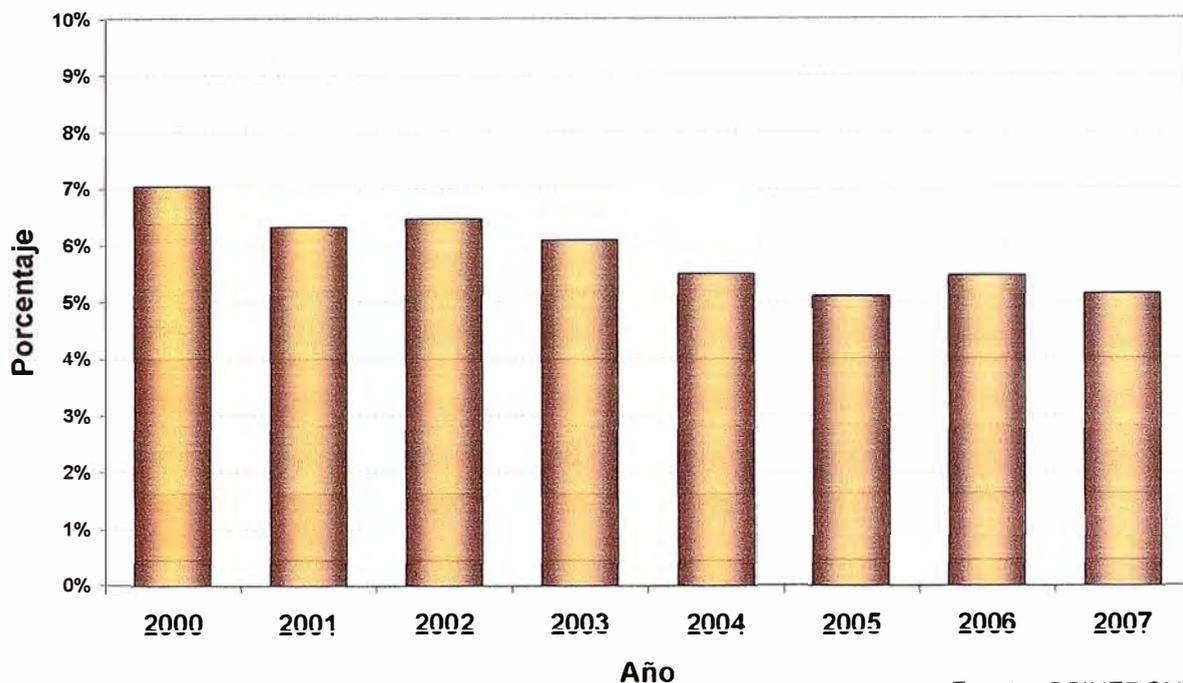
El OSINERGMIN tiene la potestad de presenciar la medición.

El indicador de calidad (expresado en porcentaje) está definido como la longitud total de vanos que no cumple con los niveles exigidos por la NTAP respecto de la longitud total de vanos evaluados.

Este indicador tiene una tolerancia de 10%.

Los resultados de la aplicación de la NTCSE en lo que respecta al servicio de alumbrado público se muestran en la Figura 1.1 donde se muestra una ligera disminución (2%) en el porcentaje de vías medidas que no cumplen con los niveles fotométricos exigidos en la NTAP.

Recientemente, se ha emitido el Decreto Supremo N° 037-2008-EM publicado en el diario oficial El Peruano el 9 de julio de 2008, suspendiendo la aplicación de la NTCSE en lo que respecta a deficiencias del alumbrado público (y otros) hasta el 31 de diciembre del 2009, el decreto supremo cita en su parte considerativa al crecimiento no previsto de la demanda de energía eléctrica.



**Fig. 1.1 Evolución del Indicador de Calidad del Servicio de Alumbrado Público bajo la Aplicación de la NTCSE**

## 1.2 Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución (NTAP)

La NTAP establece los niveles luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento para las instalaciones de alumbrado público bajo responsabilidad de las empresas concesionarias de distribución (Tabla N° 1.1).

**TABLA N° 1.1 Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento exigidos por la NTAP**

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco (cd/m <sup>2</sup> )	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento (G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	>= 6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 – 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 – 6
IV		2 – 5	5 – 10	4 – 5
V		1 - 3	2 – 6	4 – 5

La NTAP también fija las exigencias en lo que respecta a la uniformidad de luminancia e iluminancia (Tablas N° 1.2 y 1.3)

**TABLA N° 1.2 Valores exigidos por la NTAP para la Uniformidad de Luminancia**

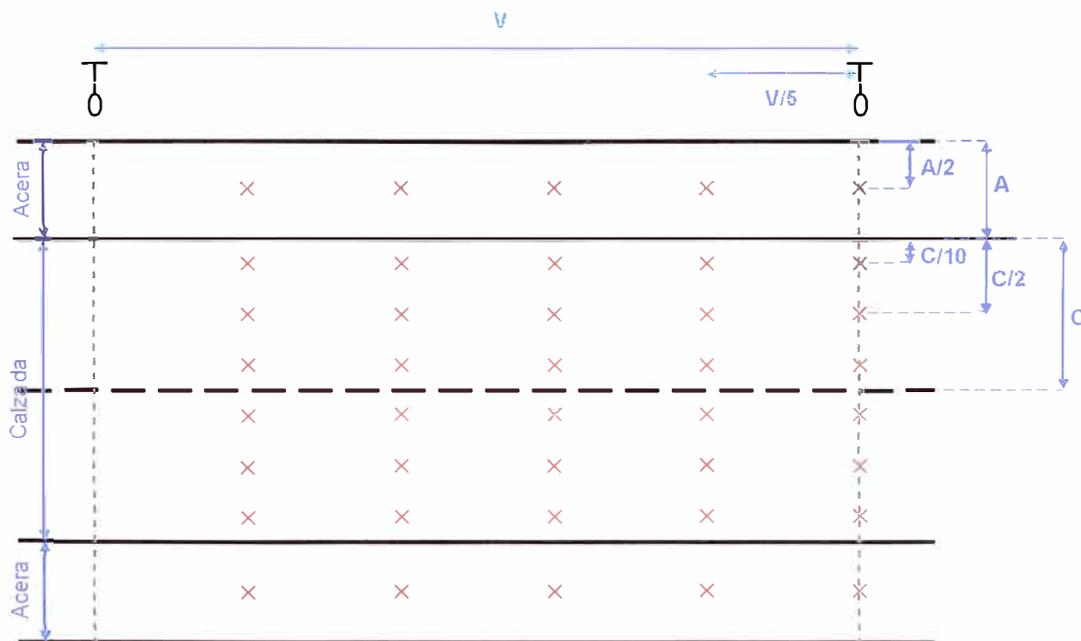
Tipo de Alumbrado	Uniformidad Longitudinal	Uniformidad media
I	$\geq 0,7$	$\geq 0,4$
II	$\geq 0,65$	$\geq 0,4$

**TABLA N° 1.3 Valores exigidos por la NTAP para la Uniformidad media de iluminancia**

Tipo de Alumbrado	Uniformidad media
III	0,25 – 0,35
IV, V	$\geq 0,15$

Adicionalmente, la NTAP incluye una guía de medición basada en las recomendaciones de la Publicación CIE 30.2 "Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting computer program for luminance, illuminance and glare".

Considerando una vía común de 2 carriles y 2 aceras laterales, la guía de medición de la NTAP establece para la evaluación de los niveles de iluminancia la grilla de medición mostrada en la Figura 1.2, los puntos donde se efectúan mediciones puntuales de iluminancia están representados por aspas y, por tanto, se tiene un total de 40 mediciones puntuales para esta vía que es la más común a nivel nacional.



**Fig. 1.2 Grilla de Medición para una vía típica con instalaciones de alumbrado público**

Para el caso de instalaciones nuevas o remodelaciones, la cantidad de puntos mostrada en la Figura 1.2 se duplica.

### 1.3 **Apreciación Crítica**

De acuerdo a lo establecido en la NTCSE respecto a la selección de vías a evaluar semestralmente, existe riesgo de que las concesionarias de distribución presenten un comportamiento no adecuado pues, conociendo con la suficiente anticipación que vías van a ser evaluadas, podrían adecuar la ejecución del mantenimiento al programa de evaluación exigido por la NTCSE, es decir efectuaron mantenimiento solamente a las vías a ser medidas.

Lo anterior afecta negativamente la evaluación del estado real de las instalaciones de alumbrado público pretendida por la NTCSE, pues en un esquema en el que la concesionaria no cuente con ese conocimiento anticipado, se podría incentivar de mejor manera a que sus programas de mantenimiento se apliquen de manera uniforme y que tengan impacto en la totalidad de sus instalaciones de alumbrado público.

De otro lado, si bien en el presente estudio no tiene dentro de sus alcances cuestionar las tolerancias de los niveles de parámetros lumínicos exigidos por las normas, es de observar que no existe entre ellos un indicador que refleje de manera certera el nivel de mantenimiento que brindan las concesionarias a sus instalaciones de alumbrado público.

Se plantea la siguiente situación: consideremos el caso en que un proyecto de alumbrado público de una vía contempla su iluminación con lámparas de 70 W (esto es considerando que a la vía se le va a dar un adecuado mantenimiento); sin embargo, si se instalan lámparas de 150 W la concesionaria puede estar segura que tal instalación cumplirá las exigencias normativas por un largo periodo de tiempo sin la necesidad de efectuar mantenimiento alguno. Este ejemplo muestra claramente un problema de uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

De lo descrito en los párrafos precedentes, las consecuencias de mantener el actual enfoque afectan el adecuado servicio de alumbrado público porque no se promueve el uso eficiente de la energía; de igual forma, el mismo proceso de supervisión es poco eficiente puesto que se consume muchos recursos en una supervisión que no asegura un alcance global. Todo ello podría en algún momento ser la causa para que el Organismo Supervisor se desprestigie.

#### **1.4 Análisis de Causas**

Respecto a la aplicación de la NTCSE, la necesidad de que la concesionaria tome conocimiento anticipadamente de qué vías van a ser evaluadas está justificada considerando la afectación al libre tránsito que significan llevar a cabo las mediciones conforme lo estipulado en la NTAP. Por lo tanto, la concesionaria debe coordinar con el municipio respectivo y, en muchos casos, con la policía nacional con el fin de obtener las autorizaciones respectivas, proceso que tiene que ser llevado a cabo con varios días de anticipación. La situación deseada sería mantener la evaluación muestral de las vías pero que la concesionaria conozca la vía a evaluar con una anticipación que no le permita afectarla a su favor de una manera discriminada. Lo descrito se soluciona si el método de medición no involucrara la afectación del tránsito o hiciera que esta afectación sea mínima. Para ello se debe disminuir dramáticamente la cantidad de puntos de medición.

De otro lado, la falta de un indicador para medir el grado de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público es debida a que los indicadores actuales no toman como referencia los valores iniciales de las instalaciones (cuando éstas eran nuevas), la solución a esta otra deficiencia es que la información del estado inicial de las instalaciones sea tomada en cuenta.

El método descrito en el presente estudio está diseñado para superar los inconvenientes descritos.

## CAPÍTULO II

### MARCO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se presentan definiciones usadas en el presente estudio, las definiciones descritas aquí tienen el único propósito de facilitar la lectura de este informe.

#### **2.1 El Servicio de Alumbrado Público**

Se entiende por alumbrado público el alumbrado de vías, parques y plazas públicas a cargo de una determinada empresa concesionaria de distribución en cumplimiento de la Ley de Concesiones Eléctricas, su Reglamento y demás normas aplicables tales como la Norma Técnica de Calidad de Los Servicios Eléctricos y la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución.

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) participa como el ente encargado de velar por el cumplimiento de las normas ejerciendo de esta forma su función supervisora y fiscalizadora; adicionalmente, también lleva a cabo su función reguladora al determinar las tarifas aplicables a los usuarios del servicio público de electricidad.

#### **2.2 Elementos de una Instalación de Alumbrado Público**

- a) Acera:** Parte de la vía destinada principalmente al tránsito peatonal.
- b) Calzada:** Parte de la vía destinada principalmente al tráfico motorizado
- c) Difusor:** Elemento de la luminaria que sirve para dirigir o esparcir la luz producida por la lámpara.
- d) Disposición de las luminarias:** Indica la posición de las luminarias respecto a la calzada, pueden ser: Unilateral (cuando las luminarias se sitúan a un solo lado de la calzada), Bilateral o en oposición (cuando las luminarias se sitúan a cada lado de la calzada, una frente a otra), Tresbolillo (cuando las luminarias se sitúan alternativamente a cada lado de la calzada), Central (cuando las luminarias se sitúan normalmente a razón de 2 por poste y éste se ubica en la parte central de

una avenida) o Catenaria (cuando las luminarias están suspendidas con sus planos de distribución principal perpendiculares al eje de la calzada).

**e) Equipo de Alumbrado Público (EAP):** para efectos del presente estudio se refiere a conjunto formado por el poste, pastoral, luminaria y lámpara de alumbrado público.

**f) Lámpara:** Elemento de transformación de la energía eléctrica luminosa. Término genérico para denominar una fuente de luz producida por el hombre.

**g) Luminaria:** Es el elemento que alberga y soporta a la lámpara (función mecánica) además de controlar y distribuir la luz emitida por ella (función lumínica)

**h) Pastoral:** Estructura soportada por el poste de alumbrado público y que soporta a su vez a la luminaria.

**i) Poste de alumbrado público:** Estructura que soporta al pastoral (puede soportar otros elementos mecánico-eléctricos no necesariamente relacionados con una instalación de alumbrado público)

**j) Vano:** Longitud comprendida entre dos puntos luminosos correspondientes a una misma vía.

### 2.3 Magnitudes fotométricas

**a) Coeficiente de luminancia:** Cociente entre la luminancia de un elemento de la superficie en una dirección dada y la iluminancia sobre el medio.

**b) Factor de Mantenimiento:** Es el cociente resultante de la división de la iluminancia (o luminancia) producida por un sistema de alumbrado en un instante determinado respecto de la iluminancia (o luminancia) producida cuando el sistema de alumbrado estaba nuevo.

**c) Flujo luminoso:** Cantidad característica del flujo radiante que expresa la capacidad para producir sensación luminosa, evaluada de acuerdo a los valores de eficiencia luminosa relativa. Unidad: lumen .

**d) Iluminancia:** Densidad de flujo luminoso repartido uniformemente sobre una superficie. Unidad: lux .

**e) Luminancia:** Intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie. Unidad:  $\text{cd/m}^2$  .

### 2.4 Otras Definiciones

**a) Calidad del Servicio de Alumbrado Público:** Para efectos del presente estudio se refiere al cumplimiento de los niveles de luminancia, iluminancia e

índice del control de deslumbramiento definidos en la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución.

**b) Ley de la Inversa del Cuadrado de la Distancia:** Indica que la iluminancia en un punto de un plano perpendicular a la línea que une este punto con la fuente, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente y el plano.

**c) Ley de Lambert:** Indica que la intensidad luminosa en cualquier dirección de un elemento con una superficie perfectamente difusa varía en función al coseno del ángulo entre esa dirección y la perpendicular al elemento de esa superficie.

**d) Ley del Coseno:** Indica que la iluminancia en un punto de un plano es proporcional al coseno del ángulo de incidencia (ángulo formado por la dirección de la luz incidente y una línea perpendicular a éste plano).

**e) Operatividad del Servicio de Alumbrado Público:** Para efectos del presente estudio se refiere a la condición operativa de las Unidades de Alumbrado Público (UAP), es decir a que no presente una o más de las siguientes deficiencias: (1) lámpara apagada o intermitente, (2) pastoral virado, (3) ausencia de UAP en una ubicación donde si existió o (4) interferencia del haz de luz por presencia de ramas de árbol.

**f) Tabla de Intensidades Luminosas:** Tabla correspondiente a una luminaria que contiene sus prestaciones de intensidades luminosas en función de los ángulos que precisan una dirección dada que tiene como punto de origen la misma luminaria.

### CAPÍTULO III

## EL PROCEDIMIENTO DE SUPERVISIÓN DE LA OPERATIVIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO

Mediante Resolución OSINERG N° 192-2003-OS/CD del 5 de noviembre de 2003 se aprobó el Procedimiento para Atención de Deficiencias y Fiscalización del Servicio de Alumbrado Público, y se aplicó de manera efectiva a partir del 2004; posteriormente, fue reemplazado por el Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público aprobado mediante Resolución OSINERGMIN N° 078-2007-OS/CD del 1 de marzo de 2007. Este reemplazo involucró el cambio de nombre del procedimiento y una adecuación normativa basada en la experiencia obtenida de la aplicación del procedimiento original; sin embargo, el esquema básico de supervisión permaneció invariable. Este esquema básico de supervisión es descrito a continuación:

### 3.1 Definición de Deficiencias Típicas

Para la aplicación del procedimiento fue menester la definición de aquellas deficiencias del servicio de alumbrado público que, por su nivel de ocurrencia, fueron consideradas las más relevantes; el segundo criterio para la definición fue la facilidad de reconocimiento, es decir, las deficiencias deben ser fácilmente identificables por cualquier persona incluyendo a los usuarios comunes del servicio público de electricidad. Considerando lo descrito, las deficiencias típicas definidas son resumidas en la Tabla N° 3.1.

**TABLA N° 3.1. Deficiencias Típicas definidas para la Aplicación del Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público**

Código	Nominación*	Descripción*
DT1	Lámpara inoperativa	Lámpara apagada, lámpara con encendido intermitente o inexistencia de lámpara
DT2	Pastoral roto o mal orientado	Cuando la luminaria, el pastoral, braquete o soporte a pared esté roto, desprendido o girado fuera de su posición de diseño que imposibilita el cumplimiento de su función
DT3	Falta de UAP	Cuando entre postes o soportes existentes con alumbrado, falta un poste de alumbrado originado por deterioro, choque de vehículos u otra causa, o existiendo el soporte falta el artefacto de alumbrado público
DT4	Interferencia de árbol	Cuando el follaje del árbol por su cercanía física a la luminaria interfiere al haz luminoso y origina zona oscura en la vía

\* Según numeral 4 del Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público

### 3.2 Supervisión en Base a Muestras Representativas

El proceso de supervisión semestral a cargo del OSINERGMIN se resume como:

- a) Semestralmente la empresa concesionaria actualiza la base de datos que contiene la cantidad total de Unidades de Alumbrado Público (UAP) agrupadas por Subestación de Distribución (SED).
- b) En base a la teoría de muestras se obtiene la relación de SED a supervisar.
- c) En fecha determinada por el OSINERGMIN se efectúan las inspecciones de campo.
- d) Las inspecciones de campo consisten en verificar el estado de todas las UAP pertenecientes a las SED seleccionadas para la identificación de las deficiencias típicas descritas en el numeral anterior.
- e) Estas inspecciones de campo son efectuadas por el Supervisor del OSINERGMIN y el(los) representante(s) de la concesionaria.
- f) Las SED a supervisar son del conocimiento de la concesionaria solamente minutos antes de la inspección de campo correspondiente.
- g) Como resultado de las inspecciones de campo se obtiene el indicador correspondiente:

$$\%UAPD = \frac{UAP\ Deficientes}{UAP\ Inspeccionadas} \times 100\% \quad (3.1)$$

donde:

% UAPD: Porcentaje de UAP deficientes

- h) En base al Porcentaje de UAP deficientes, y a las tolerancias mostradas en la Tabla N° 3.2, se determina si la concesionaria es pasible de sanción o no.

**TABLA N° 3.2. Tolerancias definidas para el Porcentaje de Unidades de Alumbrado Público Deficientes**

Año	Tolerancia para el %UAPD
2004	3 %
2005	2,5 %
2006 - 2009	2 %
2010 y en adelante	1,5 %

### 3.3 Supervisión de la Atención de Denuncias de Alumbrado Público

Esta supervisión es de periodo trimestral y complementa a la supervisión descrita en el numeral anterior.

El Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público contempla que cualquier persona pueda identificar una deficiencia típica y

denunciarla a la concesionaria, esta última tiene que subsanar tal deficiencia según los plazos mostrados en la Tabla N° 3.3.

**TABLA N° 3.3. Plazos para la Atención de Denuncias de Deficiencias Típicas**

Tipificación	Nominación	Zona Urbana	Zona Urbano-Rural
DT1	Lámpara inoperativa*	3 días hábiles	7 días hábiles
DT2	Pastoral roto o mal orientado	3 días hábiles	7 días hábiles
DT3	Falta de UAP	7 días hábiles	14 días hábiles
DT4	Interferencia de árbol	45 días hábiles	45 días hábiles

\* Para casos donde la deficiencia DT1 afecta a todas las UAP de una SED el plazo de atención es de 24 horas

El proceso de supervisión trimestral a cargo del OSINERGMIN para el control del cumplimiento de los plazos de atención de denuncias se resume a continuación:

- a) La concesionaria está obligada a mantener en su portal web un Registro Histórico de Deficiencias (RHD) donde registra toda la información relacionada con las denuncias recibidas.
- b) Este RHD es de libre acceso al OSINERGMIN para lectura de datos.
- c) El OSINERGMIN, a través de sus supervisores, efectúa inspecciones de campo para verificar que la información reportada por la concesionaria en su RHD es correcta.
- d) Culminado el trimestre, se efectúa el cálculo del Porcentaje de Denuncias Atendidas Fuera de Plazo (%DAFP).
- e) En base al %DAFP, y a las tolerancias mostradas en la Tabla N° 3.4, se determina si la concesionaria es pasible de sanción o no. La concesionaria también puede ser sancionada por registro de información inexacta en su RHD.

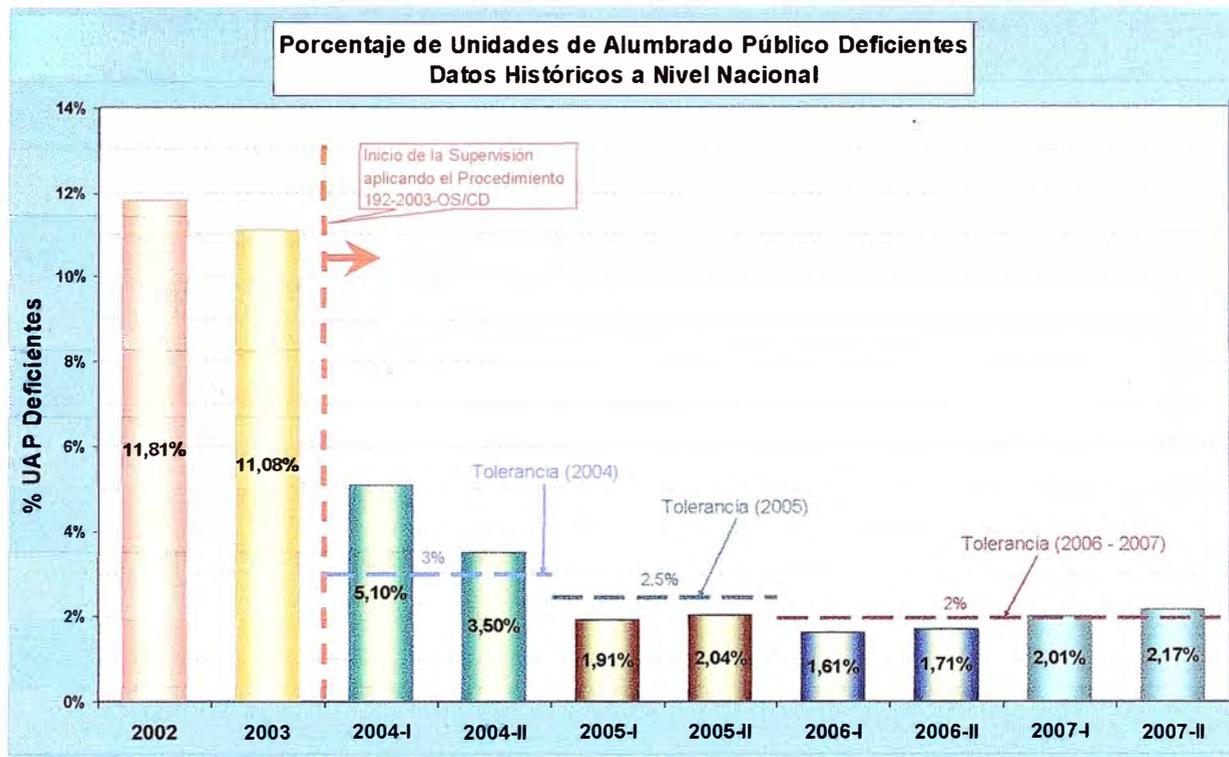
**TABLA N° 3.4. Tolerancias definidas para el Porcentaje de Denuncias Atendidas Fuera de Plazo**

Periodo	Tolerancia para el %UAPD
2004 al primer trimestre del 2007	5 %
Del segundo al cuarto trimestre del 2007	3 %
2008 y en adelante	2 %

### 3.4 Resultados

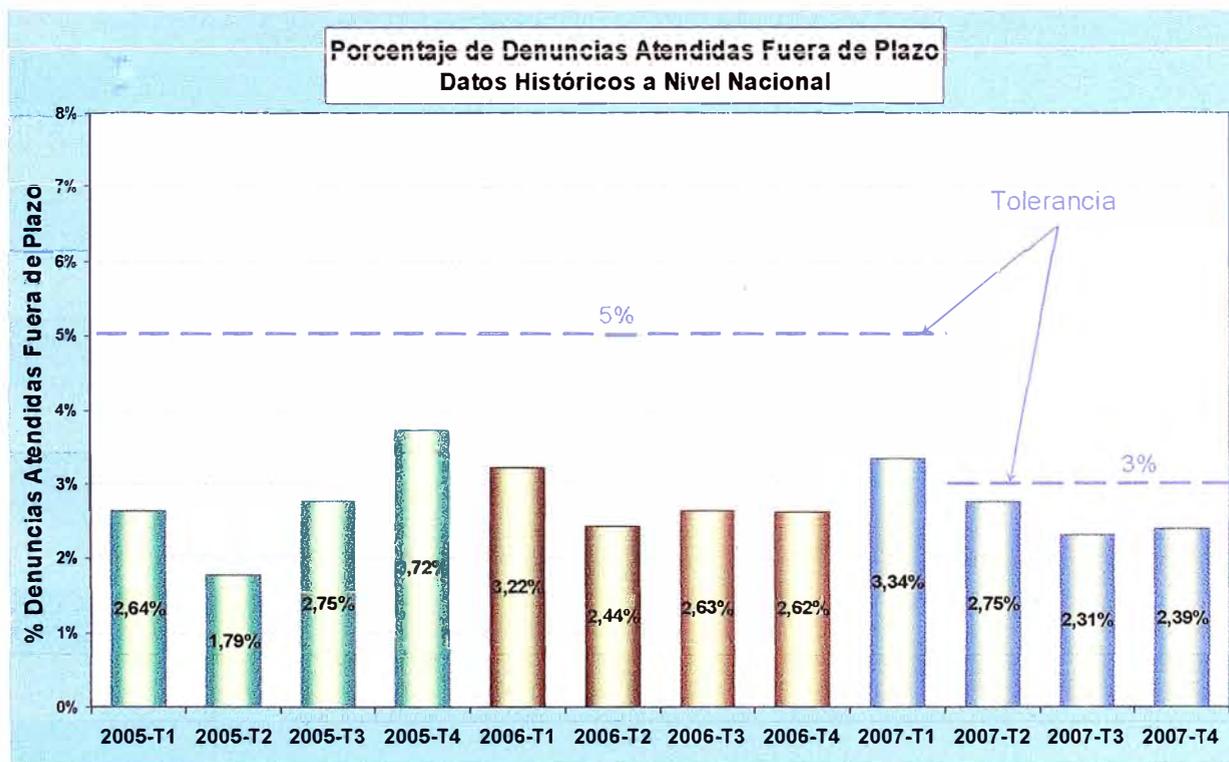
En las Figuras N° 3.1 y 3.2 se muestran los resultados obtenidos por la aplicación del Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público; se destaca la gran diferencia mostrada en el primer gráfico para el

Porcentaje de UAP Deficientes antes y después del inicio de la Supervisión mediante el Procedimiento.



Fuente: OSINERGMIN

Fig. 3.1 Resultados de la Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público



Fuente: OSINERGMIN

Fig. 3.2 Resultados de la Supervisión de la Atención de Denuncias de Alumbrado Público

### 3.5 Conclusiones

El Procedimiento descrito en el presente capítulo posee características que son deseables para la Supervisión de la Calidad del Servicio de Alumbrado Público, a saber:

- a) Considerando que no se hacen supervisiones al 100% de instalaciones, el uso de la teoría de muestras garantiza que los resultados son representativos.
- b) Inspecciones de Campo Inopinadas. La concesionaria no tiene la certeza de qué instalaciones se van a supervisar, por lo tanto, si desea mantenerse dentro de las tolerancias su gestión debe ser tal que el mantenimiento involucre al 100% de sus instalaciones.
- c) La participación de los representantes del OSINERGMIN y de la concesionaria garantiza la validez de los resultados.
- d) La definición objetiva de las deficiencias evita el surgimiento de controversias.

## CAPÍTULO IV

### MARCO GENERAL DEL MÉTODO ALTERNATIVO PARA LA SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO

Luego de identificar el problema y sus causas (Capítulo I), haber efectuado una revisión del marco conceptual (Capítulo II) y haber presentado un modelo de solución (Capítulo III), el presente capítulo presenta el método propuesto para la supervisión de la calidad del servicio de alumbrado público.

#### 4.1 La Iluminancia como Instrumento de Medida del Mantenimiento de las Instalaciones de Alumbrado

Si bien el alcance del presente estudio está limitado a aquellos tipos de vía donde el parámetro de control no sea la luminancia, consideremos la definición del coeficiente de luminancia expresada en una fórmula:

$$q = \frac{L}{E} \quad (4.1)$$

donde:

- q es el coeficiente de luminancia en estéreoradianes recíprocos
- L es la luminancia en candelas por metro cuadrado
- E es la iluminancia en lux

En la fórmula anterior, “q” depende principalmente de las propiedades de la superficie en estudio y, asumiendo que estas propiedades se mantienen constantes para un periodo prolongado de tiempo, podemos afirmar que los valores de luminancia son proporcionales a los de iluminancia; es decir, la variación de la iluminancia en un tiempo determinado es proporcional a la variación en luminancia y, por lo tanto, para medir el grado de desgaste o mantenimiento de una instalación de alumbrado bastaría con hacer un adecuado seguimiento a cualquier de las 2 variables: la iluminancia o la luminancia. Por razones de facilidad relativa en la medición, la elección eficiente sería la de la iluminancia. El estudio no profundiza en esta propuesta, sin embargo, de lo descrito se concluye que un adecuado seguimiento a los valores de iluminancia y

a sus variaciones (es decir, al factor de mantenimiento) es una buena forma de evaluar la conservación de las instalaciones de alumbrado.

## 4.2 Método de Medición Alternativo

El nuevo método de medición es la parte neurálgica del método alternativo de supervisión, para su descripción primero es necesario presentar a los elementos que intervienen.

### 4.2.1 Equipos, Herramientas e Información Necesaria

**a) Luxómetro:** Debe cumplir con los requerimientos exigidos por la Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución (NTAP).

**b) Cilindro de apantallamiento:** La descripción de este nuevo elemento está contenida en el Capítulo V.

**c) Telémetro:** Para la medida de longitudes se recomienda hacer uso de este equipo debido a su facilidad de uso y su precisión.

**d) Cámara fotográfica:** Para obtener vistas fotográficas de las luminarias para poder identificarlas y determinar sus ángulos de rotación, inclinación y giro.

**e) Tabla de Intensidades Luminosas:** Son necesarias para su uso con el Ilunergmin

**d) Ilunergmin:** La descripción de este elemento (que ha sido desarrollado como parte fundamental del presente estudio) está contenida en los Capítulos VI y VII.

### 4.2.2 Descripción del Método de Medición

#### a) Inspección de Campo

- **Obtención de datos geométricos:** Haciendo uso del telémetro se obtiene los valores de los parámetros longitudinales (ancho y longitud de vano; ancho de las aceras, bermas y carriles y la altura de instalación de las luminarias). Para determinar los ángulos de rotación, inclinación y giro de la luminaria se obtienen muestras fotográficas de las luminarias.

- **Medida de valores de iluminancias horizontales apantalladas:** Haciendo uso del cilindro de apantallamiento en conjunto con el luxómetro se obtienen las medidas de iluminancia apantallada en los

puntos que corresponden a la proyección de cada una de las luminarias que contribuyan iluminación al vano en evaluación. Se recomienda usar el criterio descrito en Publicación CIE 140-2000 que menciona que se deben incluir las luminarias que se sitúan dentro de cinco veces la altura de montaje desde el punto de cálculo; sin embargo, por la experiencia, cuando es notable que las luminarias presenten un desgaste considerable se puede reducir la cantidad de luminarias consideradas.

- **Obtención de iluminancias en los puntos de ajuste:** El criterio de selección de estos puntos es que el triángulo formado por los mismos ocupe el área mayor posible dentro del rectángulo correspondiente al vano en evaluación. Por ejemplo, para una configuración unilateral de los EAP (Equipos de Alumbrado Público) en el vano, dos de los puntos serían los resultantes de la proyección en el vano de las 2 luminarias de los EAP que delimitan el vano y el tercer punto estaría ubicado a la mitad del vano en el lado opuesto al de la instalación de los EAP.

#### b) Proceso de Datos

El tratamiento que se da a los datos recogidos en campo está descrito en el Capítulo VII, de donde se obtienen el valor de la iluminancia promedio, la uniformidad media y el factor de mantenimiento.

### 4.3 Disponibilidad de Información

Como parte del nuevo esquema de supervisión también se ha observado la necesidad de que la información relevante esté disponible para el Supervisor. El tratamiento de esta información está basado en el modelo del Registro Histórico de Deficiencias de la Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público; es decir, el que genera, mantiene y actualiza estos datos es la concesionaria de distribución y le OSINERGMIN tiene acceso de lectura que le permite realizar sus actividades de supervisión.

El requerimiento de información se ha dividido en 3 bases de datos que se detallan a continuación:

#### 4.3.1 Base de Datos de Vías

Su estructura es la que se muestra en la Tabla N° 4.1.

**TABLA N° 4.1 Estructura de la Base de Datos de Vías**

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
1	Código de empresa concesionaria de distribución
2	Código de la vía
3	Nombre de la vía
4	Código de tipo de vía (según NTAP)
5	Código de tipo de alumbrado (según NTAP)
6	Sector Típico
7	Longitud de la vía
8	Código UBIGEO de inicio de la vía
9	Código UBIGEO del fin de la vía

#### 4.3.2 Base de Datos de Equipos de Alumbrado Público

Su estructura se muestra en la Tabla N° 4.2

**TABLA N° 4.2 Estructura de la Base de Datos de Equipos de Alumbrado Público**

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
1	Código único de Identificación de EAP
2	Código de poste
3	Código de vía (campo 2 de la Base de Datos de Vías)
4	Código UBIGEO
5	Marca de luminaria
6	Modelo de luminaria
7	Código de Tabla de Intensidades Luminosas
8	Marca de Lámpara
9	Modelo de Lámpara
10	Potencia de Lámpara (W)
11	Flujo Luminoso Nominal (lm)
12	Altura de instalación
13	Ángulo de inclinación
14	Valor de iluminancia horizontal apantallada medida en fecha de instalación de EAP (nuevo)
15	Fecha de instalación
16	Valor de iluminancia horizontal apantallada medida en fecha de último mantenimiento
17	Fecha de último mantenimiento

Por la cantidad de registro esta base de datos debe estar fraccionada en bases de datos que agrupen los EAP por distritos y, por tratarse de información no disponible actualmente, esta base de datos se empezaría a formar parcialmente conforme el avance de renovación de instalaciones y el mantenimiento.

### **4.3.3 Base de Datos de Tablas de Intensidades Luminosas**

A través de esta base de datos se debe ingresar a las Tablas de Intensidades Luminosas de todos los equipos de alumbrado público instalados, su identificación sería el Código de Tabla de Intensidades Luminosas (campo 7 de la Base de Datos de Equipos de Alumbrado Público).

Las tablas de intensidades luminosas son muy importantes en el nuevo esquema, puesto que su indisponibilidad actual o la poca certeza que se tiene de su correspondencia con las luminarias instaladas son la principal fuente de divergencia entre los resultados obtenidos con el método alternativo y los obtenidos con la medición tradicional.

## **4.4 Supervisión de Instalaciones de Alumbrado Público Nuevas o Remodeladas**

### **4.4.1 Alcance**

Puesta en servicio de nuevos proyectos de iluminación y remodelación de instalaciones de alumbrado público.

### **4.4.2 Descripción**

- a) La concesionaria da aviso anticipado al OSINERGMIN de tal forma que, de creerlo conveniente, un Supervisor del Organismo participe en las mediciones.
- b) La medición es efectuada por la empresa concesionaria.
- c) El método de medición de los parámetros de control es el tradicional establecido en la NTAP.
- d) Los resultados de la medición son evaluados contra las exigencias de la NTAP y también son almacenados para la evaluación futura del mantenimiento.
- e) Los datos de la vía nueva o remodelada, así como los resultados de la medición, alimentan a las Bases de Datos referidas en la sección 4.2.

## **4.5 Supervisión del Mantenimiento de Instalaciones de Alumbrado Público**

### **4.5.1 Alcance**

Totalidad de vías a cargo de las empresas concesionarias de distribución.

### **4.5.2 Descripción**

El procedimiento de esta supervisión es semejante al de la Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público que fue descrito en la sección 3.2, es decir:

- a) En base a la teoría de muestras se obtiene la relación de vanos a supervisar.
- b) En fecha determinada por el OSINERGMIN se efectúan las inspecciones de campo.
- c) El método de medición usado en esta supervisión es el método alternativo descrito en la sección 4.2.
- d) Estas mediciones de campo son efectuadas por el Supervisor del OSINERGMIN y el(los) representante(s) de la concesionaria.
- e) Los vanos a supervisar son del conocimiento de la concesionaria solamente minutos antes de la inspección de campo correspondiente.
- f) Como resultado de las inspecciones de campo se obtiene el indicador correspondiente:

$$\%LVD = \frac{LVD}{LVS} \times 100\% \quad (4.2)$$

donde:

- % LVD: Porcentaje de longitud de vanos deficientes
- LVD: Longitud total de Vanos con Alumbrado Deficiente en m
- LVS: Longitud total de Vanos Supervisados en m

- g) Considerando que el factor de mantenimiento no debe ser inferior a 0,7 (este valor es el reconocido por el OSINERGMIN en sus cálculos tarifarios), el indicador de mantenimiento está definido como:

$$\%VFMD = \frac{LVFMD}{LVS} \times 100\% \quad (4.3)$$

donde:

- % LVD: Porcentaje de longitud de vanos con Factor de Mantenimiento deficiente
- LVFMD: Longitud total de Vanos con Factor de Mantenimiento deficiente en m
- LVD: Longitud total de Vanos Supervisados en m

#### 4.6 Consideraciones para el Establecimiento de Tolerancias y Sanciones

- a) Debido a la existencia de divergencias entre el método de medición tradicional y el método alternativo (ver Capítulo VIII), los resultados obtenidos en el nuevo esquema de supervisión presentan un margen de incertidumbre (ver Sección 8.7) que debe ser tomado en cuenta para la determinación de las tolerancias y sanciones relacionadas con la supervisión.
- b) Si bien el valor del factor de mantenimiento reconocido en la regulación tarifaria es de 0,7 (que también coincide con el valor normalmente usado en los proyectos de iluminación), este valor no puede ser exigido pues es

necesario considerar un periodo de adecuación por dos razones: (1) no existe información ordenada del estado inicial de las instalaciones de alumbrado público y (2) los valores obtenidos para el factor de mantenimiento a partir de los datos teóricos (según lo descrito en la sección 7.4 del Capítulo VII) son en varios casos menores al umbral de 0,7.

## CAPÍTULO V

### EL CILINDRO DE APANTALLAMIENTO

El cilindro de apantallamiento es una herramienta que es usada como accesorio del luxómetro y su función es que la cantidad de luz que recibe el luxómetro sea solamente la que corresponde a un equipo de alumbrado público.

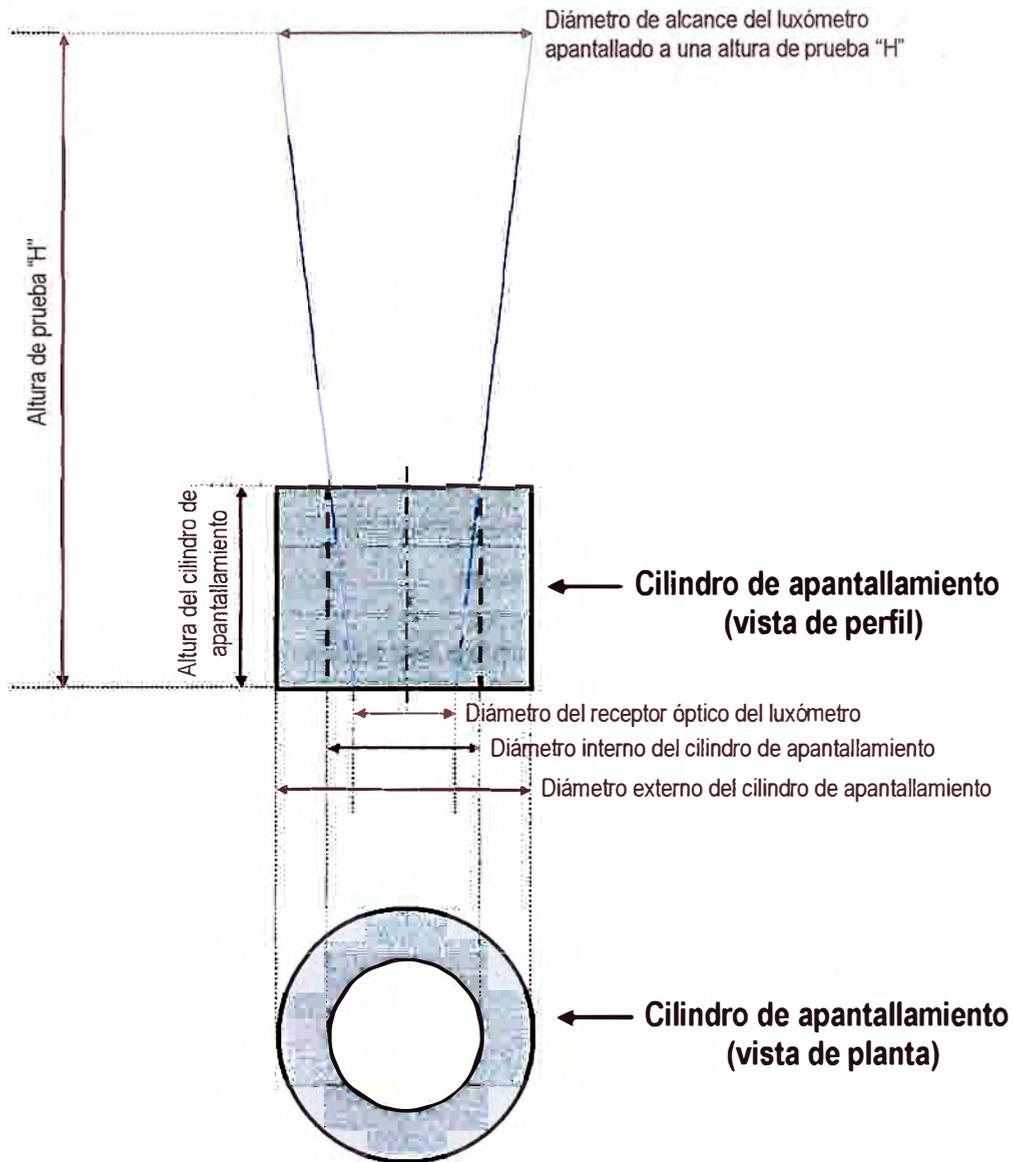
#### 5.1 Dimensiones

Las dimensiones del cilindro de apantallamiento dependen del diámetro del receptor óptico del luxómetro con el cual se va a usar, la altura a la cual están instaladas las luminarias a evaluar y las dimensiones horizontales de su difusor. Sus detalles se muestran en la Figura 5.1; de la misma, se debe considerar que el diámetro externo depende solo del material del cual está hecho, y que el diámetro interno y la altura deben ser tal que permitan que el diámetro de alcance a la altura de prueba “H” sea mayor que las dimensiones horizontales del difusor de la luminaria. Para determinar el diámetro de alcance se debe usar la siguiente fórmula:

$$D_H = \frac{H}{h_{ca}} \cdot (d_{ica} - d_L) + d_L \quad (5.1)$$

donde:

- $D_H$  es el diámetro de alcance del luxómetro apantallado para una altura H
- H es la altura de prueba que representa a la altura de instalación de las luminarias
- $h_{ca}$  es la altura del cilindro de apantallamiento
- $d_{ica}$  es la altura del diámetro interno del cilindro de apantallamiento
- $d_L$  es el diámetro del receptor óptico del luxómetro



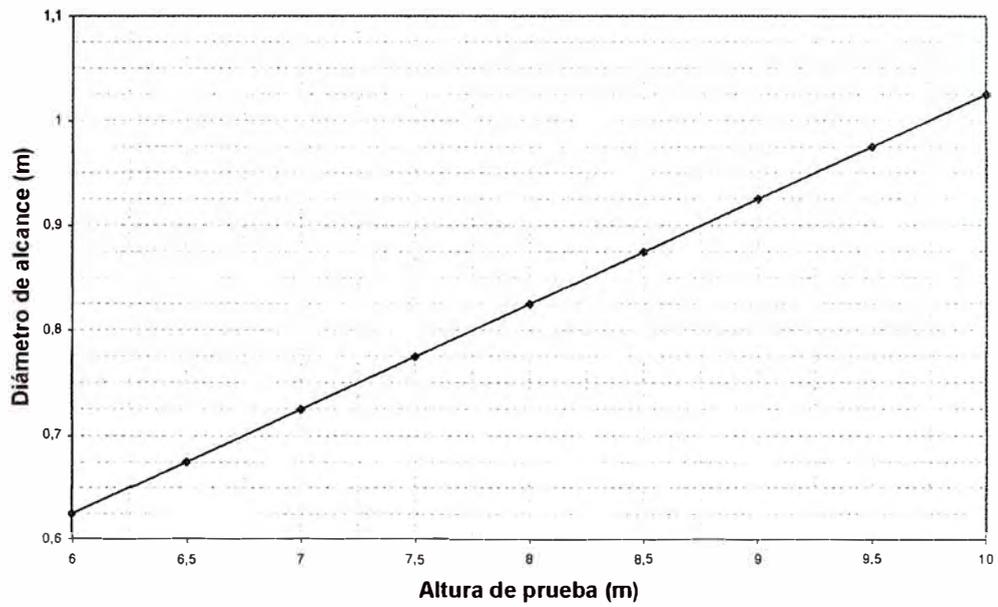
**Fig. 5.1 Detalles geométricos del cilindro de apantallamiento**

## 5.2 Material y Color

El único requisito para el material es que sea de superficie rugosa no reflectiva de color negro mate, se recomienda que el cilindro sea fabricado en madera porosa mediante un proceso de tomo.

## 5.3 Cilindro Usado en el Presente Estudio

Para las mediciones de campo del presente estudio se ha usado un luxómetro modelo T-10 de Konica Minolta (con diámetro del receptor óptico igual a 0,25 m) y un cilindro de apantallamiento de 0,15 m de altura y 0,04 m de diámetro interno, el material usado fue madera copaiba y fue pintado superficialmente con pintura esmalte negro mate. De acuerdo a la Fórmula 5.1, este cilindro tiene el comportamiento mostrado en la Figura 5.2.



**Fig. 5.2 Especificación del diámetro de alcance para el cilindro de apantallamiento y luxómetro usados en las mediciones de campo del presente estudio**

## CAPÍTULO VI

### HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN: EL ILUNERGMIN

Ilunergmin es el nombre dado a la herramienta informática diseñada para su uso específico con el nuevo enfoque de la Supervisión de la Calidad del Servicio de Alumbrado Público. El presente capítulo describe las características requeridas y los fundamentos utilizados para su cumplimiento. La guía de usuario del Ilunergmin está contenida en el siguiente capítulo.

#### 6.1 Características Requeridas

Considerando que la obtención de los parámetros lumínicos es el resultado de una simulación, los datos de ingreso para ésta deben representar de la mejor forma posible las condiciones reales de las instalaciones de alumbrado público, es así que los requerimientos más importantes de la herramienta de simulación son:

**a) Capacidad de procesar al mismo instante distintas condiciones geométricas para cada uno de los Equipos de Alumbrado Público (EAP) que intervienen en cada caso.**

Partiendo del hecho real que las luminarias instaladas en una misma vía (y más aún en una misma cuadra) tienen diferentes alturas de instalación, longitud de avance respecto al límite de la calzada, diferentes ángulos de inclinación, rotación y giro. Si bien estas diferencias pueden tener su origen en el diseño inicial del proyecto, también se deben a deficiencias que se presentan con el paso del tiempo, principalmente la rotación, giro o inclinación del pastoral.

**b) Capacidad de procesar al mismo instante diferentes tipos de luminarias.**

Esto conlleva a que la herramienta de simulación posea la capacidad de procesar información técnica distinta para cada EAP que interviene para un determinado caso, según corresponda.

**c) Capacidad de simular la condición de desgaste de la luminaria.**

La herramienta incluye un modelo de simulación que combina datos obtenidos en la medición de campo y datos obtenidos de la información técnica de las luminarias (tablas de intensidades luminosas)

## 6.2 Base Teórica para el Desarrollo de la Herramienta de Simulación

### 6.2.1 Cálculo de Iluminancia Horizontal

El desarrollo del Ilunergmin está basado en la aplicación de la fórmula para la iluminancia horizontal en un punto:

$$E_h = \sum \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \varepsilon \cdot \Phi \cdot FM}{H^2} \quad (6.1)$$

donde:

- $E_h$  es la iluminancia horizontal mantenida en el punto en lux;
- $\Sigma$  indica la sumatoria de la contribución de todas las luminarias;
- $I(C, \gamma)$  es la intensidad en cd/klm en la dirección del punto;
- $\varepsilon$  es el ángulo de incidencia de la luz en el punto;
- $\gamma$  es el ángulo fotométrico vertical;
- $H$  es la altura de montaje en m de la luminaria;
- $\Phi$  es el flujo luminoso inicial en klm de la lámpara o lámparas de la luminaria;
- $FM$  es el producto del factor de mantenimiento del flujo de la lámpara y el factor de mantenimiento de la luminaria.

En la Figura 6.1 se han representado algunos de los elementos de la Fórmula 6.1:

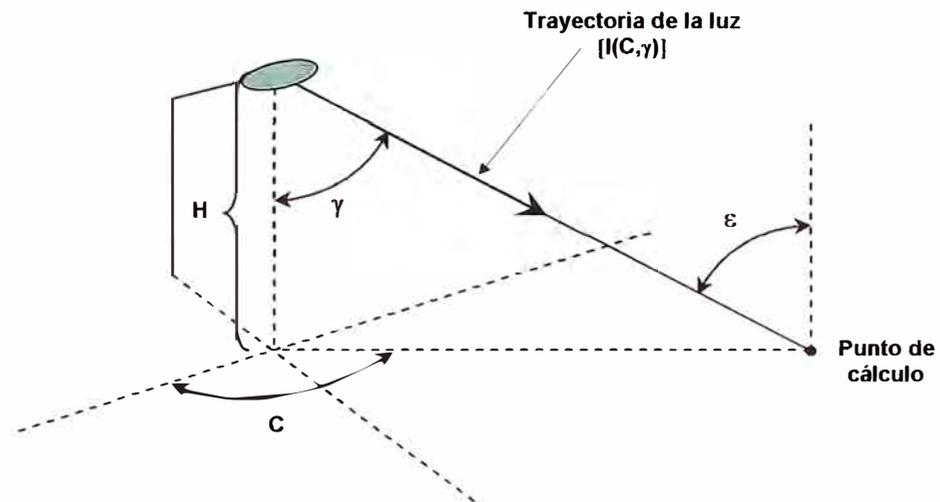
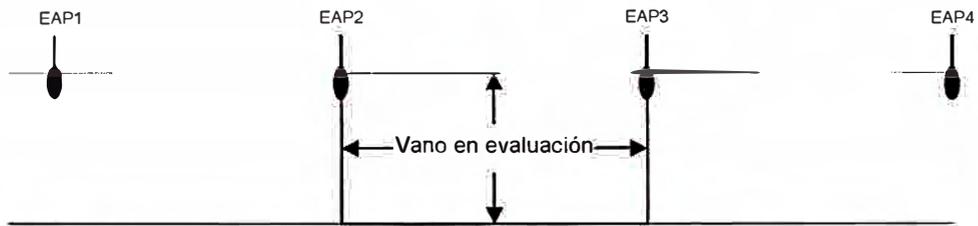


Fig. 6.1 Algunos parámetros geométricos de una instalación de alumbrado público

### 6.2.2 Principio de Superposición

Para cumplir con los requerimientos citados en la sección 6.1 se aplica el principio de superposición (implícito por el símbolo de sumatoria en la Fórmula 6.1) en combinación con la capacidad del Ilunergmin de recibir

información individualizada, tanto geométrica y lumínica, para cada una de las EAP involucradas. Para una explicación gráfica veamos la Figura 6.2



**Fig. 6.2 Vista de Planta de una vía con instalación de alumbrado público típica (disposición unilateral)**

En la Figura 6.2 se muestra una vía con instalaciones de alumbrado público típicas, aparentemente con condiciones uniformes para los EAP; sin embargo, esta instalación puede presentar las siguientes características que la alejan de una condición uniforme, por ejemplo:

Las luminarias de los EAP son diferentes, de diferente marca y modelo.

Las condiciones de desgaste (factor de mantenimiento) son diferentes para cada uno de los EAP.

Todos los EAP están instalados a diferentes alturas; es común que en una misma cuadra de una vía los EAP presenten diferencias de alturas que pueden llegar hasta 3 m

El avance de las luminarias de los EAP es distinto.

Las distancias entre los EAP (vanos) son diferentes.

Los ángulos de giro, rotación e inclinación son diferentes; en el último de éstos probablemente por el diseño del proyecto, pero en los dos primeros —en la mayoría de los casos— debido a deficiencias en el pastoral o la luminaria del EAP.

En una instalación de alumbrado público cualquiera, la mayoría de estas características es aplicable, ya sea en menor o mayor grado dependiendo de la importancia de la vía, para vías de mayor importancia las concesionarias han tratado de mantener la uniformidad del proyecto inicial de alumbrado público. Por ello, como ya se mencionó el Ilunergmin recibe información individualizada para cada EAP.

### 6.2.3 Modelo del Desgaste de la Luminaria

#### a) Cálculo con el factor de mantenimiento constante para cada EAP

Como primera aproximación, el Ilunergmin –para cada EAP que interviene en la simulación– calcula el Factor de Mantenimiento en el punto que corresponde a su proyección. Este Factor de Mantenimiento queda calculado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$FM_{proyección,EAPi} = \frac{E_{med.ca,EAPi}}{E_{calculada,EAPi}} \quad (6.2)$$

donde:

- $FM_{proyección,EAPi}$  es el Factor de Mantenimiento en la Proyección para el EAP “i”
- $E_{med.ca,EAPi}$  es la Iluminancia medida con apantallamiento (usando el Cilindro de Apantallamiento) en lux para el EAP “i”
- $E_{calculada,EAPi}$  es la Iluminancia calculada en lux aplicando la Fórmula (3.1) solo para el EAP “i” en el punto de cálculo correspondiente a la proyección de la luminaria del mismo EAP

Considerando la grilla de medición correspondiente (ver literal e de la sección 7.3), el Ilunergmin aplica la Fórmula (6.1) para cada uno de los puntos definidos en tal grilla y para cada EAP que interviene en la simulación.

#### b) Ajuste con puntos de referencia

Este ajuste consiste en la modificación de los resultados obtenidos del proceso descrito en el literal anterior, mediante la introducción de factores de corrección calculados a partir de valores de Iluminancia horizontal en 3 puntos de ajuste ubicados en la superficie del vano en evaluación, el proceso es el siguiente:

Se determinan los 3 puntos de ajuste. Según lo descrito en el Capítulo IV, el criterio de selección de estos puntos es que el triángulo formado por los mismos ocupe el área mayor posible dentro del rectángulo correspondiente al vano en evaluación. Por ejemplo, para una configuración unilateral de los EAP en el vano, dos de los puntos serían los resultantes de la proyección en el vano de las 2 luminarias de los EAP que delimitan el vano y el tercer punto estaría ubicado a la mitad del vano en el lado opuesto al de la instalación de los EAP.

- Se obtiene la razón de ajuste para cada uno de los tres puntos:

$$R_{ajuste,j} = \frac{E_{medido,j}}{E_{calc.prel.,j}} \quad (6.3)$$

donde:

$R_{ajuste,j}$	es la razón de ajuste para el punto de ajuste "j"
$E_{medido,j}$	es la iluminancia horizontal en lux, medida (sin apantallamiento) para el punto de ajuste "j"
$E_{calc.prel.,j}$	es la iluminancia horizontal en lux, calculada mediante el proceso descrito en el literal anterior para el punto de ajuste "j"

- Con las coordenadas de los 3 puntos de ajuste y sus respectivas razones de ajuste, se genera la ecuación para razones de ajuste. Para esto se aplica la propiedad geométrica de determinación de un plano con 3 puntos no colineales, en este caso el espacio lo conforman los ejes coordenados de la posición de los ajustes y la tercera coordenada corresponde a las razones de ajuste; de tal forma que se obtiene:

$$RA(x,y) = \frac{1 - (ax + by)}{c} \quad (6.4)$$

donde:

$RA(x,y)$	es la Razón de Ajuste para el punto cuyas coordenadas son "x" e "y"
x	es la posición del punto de cálculo en la Coordenada Longitudinal X
y	es la posición del punto de cálculo en la Coordenada Trasversal Y
a, b y c	son constantes determinadas por la solución de la fórmula (6.5)

El valor de las constantes a, b y c es calculado al solucionar:

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & R_{ajuste,1} \\ x_2 & y_2 & R_{ajuste,2} \\ x_3 & y_3 & R_{ajuste,3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6.5)$$

donde:

$R_{ajuste,j}$	es la Razón de Ajuste para el punto de ajuste "j"
$x_j$	es la posición del punto de ajuste "j" en la Coordenada Longitudinal X
$y_j$	es la posición del punto de ajuste "j" en la Coordenada Trasversal Y
a, b y c	son constantes determinadas por la solución de la fórmula (6.5)

- Finalmente, se hace uso de la fórmula (6.4) para corregir los valores obtenidos según lo descrito en el numeral anterior. Resumiendo, el valor de la iluminancia horizontal para cada punto perteneciente a la grilla de medición del vano en evaluación es calculado por:

$$E_h(x, y) = RA(x, y) \cdot \left[ \sum \frac{I(C, \gamma) \cdot \cos^3 \varepsilon \cdot \Phi \cdot FM}{H^2} \right] \quad (6.6)$$

donde:

$E_h(x, y)$  es la iluminancia horizontal para el punto de cálculo de coordenadas "x" e "y"

el resto de parámetros están descritos en la parte explicativa de las fórmulas (6.1) y (6.4)

## CAPÍTULO VII

### GUÍA DE USO DEL ILUNERGMIN

El Ilunergmin está desarrollado sobre un libro (archivo) de Microsoft® Excel 2002; por lo tanto, son aplicables todas las bondades de este conocido programa informático y, en ese orden de ideas, se recomienda al usuario adquirir conocimientos generales sobre el manejo de hojas de cálculos antes de hacer uso del Ilunergmin.

#### 7.1 Ventana General del Ilunergmin

		1	2	3	4	5	6	7	8	
Datos de Luminaria	Marca									*
	Modelo									*
	Inclinación nominal									**
Datos de Lámpara	Potencia									**
	Flujo Luminoso Nominal									***
Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria	Altura				A					***
	X									***
	Y									***
	$\alpha$ (rotación)									***
	$\delta$ (inclinación)									***
Otros	$\psi$ (giro)									***
	F.M.(en proyección)									***
	Iluminancia (medida o calculada) en proyección									

Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla	Calcular Iluminancia con F.M. constante	Calcular Iluminancia con Ingreso de Puntos de Ajuste	Calcular Parámetros de Control
----------------------------	------------------------------	---	--	--------------------------------

\* No llenar  
 \*\* No obligatorio  
 \*\*\* Obligatorio

Borrar Datos Cargados

Calcular F.M. en proyección de luminaria  
 Ingresar F.M. directamente

**Fig. 7.1 Ventana General del Ilunergmin**

La parte "A" de la Figura 7.1 indica el cuadro que muestra los datos geométricos y lumínicos para cada una de las EAP, se resalta el hecho que cada uno de los parámetros se ingresa y se muestra de forma individualizada por las razones expuestas en la sección 6.2.2; la parte "B" corresponde a los botones de comando y la parte "C" es la región donde se muestran los resultados obtenidos tras la simulación.

## 7.2 Ingreso de Datos

### 7.2.1 Carga de Tabla de Intensidades Luminosas

El Ilunergmin acepta tablas de intensidades luminosas desarrolladas en el sistema de coordenadas  $(C,\gamma)$  elaboradas de acuerdo a lo recomendado en las Publicaciones CIE 30.2-1892 y la CIE 140-200.

La carga de la tabla de intensidades luminosas se hace individualmente para cada Equipo de Alumbrado Público (EAP), simplemente se inserta la hoja que contiene la tabla deseada al libro del Ilunergmin y se la nombra "Tablan" (sin considerar las comillas) donde "n" debe ser un valor de 1 a 8 dependiendo del EAP correspondiente.

En relación al formato, la hoja de cálculo que contiene la tabla de intensidades luminosas debe ser tal que:

- Las celdas "i2", "i3" e "i4" contengan, respectivamente, la indicación de la marca, modelo y ángulo inclinación de la luminaria.
- Las coordenadas del ángulo "C" se inicien con el valor de  $0^\circ$  en la celda "c6" y se desarrollen hacia las celdas de la derecha hasta alcanzar el valor de  $360^\circ$ .
- La coordenada del ángulo "C" ingresada en la celda "b6" es igual al valor negativo de la coordenada ingresada en la celda "d6".
- La coordenada del ángulo "C" ingresada en la celda ubicada a la derecha de la celda correspondiente al valor de  $C=360^\circ$  debe ser igual al valor de la celda "d6" aumentada en  $360^\circ$
- Las coordenadas del ángulo " $\gamma$ " se inicien con el valor de  $0^\circ$  en la celda "a8" y se desarrollen hacia las celdas inferiores hasta alcanzar el valor de  $90^\circ$ .
- La coordenada del ángulo " $\gamma$ " ingresada en la celda "a7" es igual al valor negativo de la coordenada ingresada en la celda "a9".

Estas consideraciones deben ser tomadas en cuenta por el usuario que desee generar una tabla de intensidades luminosas a partir de una hoja de cálculo en blanco; caso contrario, se recomienda hacer uso de las hojas de cálculo formateadas incluidas en el Ilunergmin.

### 7.2.2 Ingreso de Datos de la Lámpara

Estos son ingresados según se muestra en la Figura 7.2.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Datos de Luminaria	M Marca							
	Modelo							
	Inclinación nominal							
Datos de Lámpara	Potencia	70 W						
	Flujo Luminoso Nominal	8500 lm						

Fig. 7.2 Celdas para el ingreso de datos de las lámparas

Las unidades reconocidas por el Ilunergmin son el watt para la potencia y el lumen para el flujo luminoso, solo es necesario ingresar la parte numérica de los valores puesto que el Ilunergmin le asignará las unidades correspondientes.

El ingreso del valor de la potencia de la lámpara puede ser obviado; sin embargo, se recomienda su inclusión por cuestiones referenciales. El valor del flujo luminoso sí es obligatorio ya que con él se efectúan los cálculos.

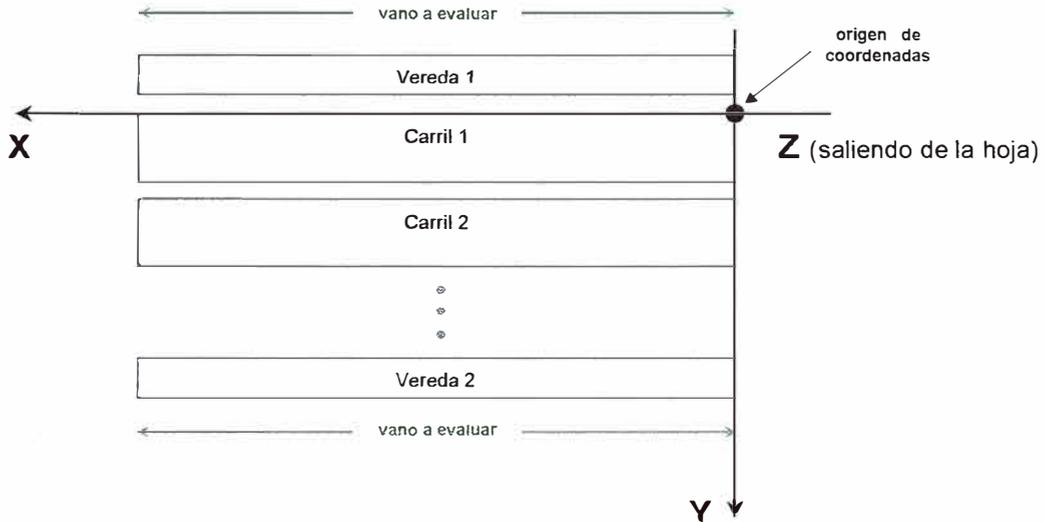
### 7.2.3 Ingreso de Datos Geométricos

#### a) Consideraciones previas

Las consideraciones relacionadas a las coordenadas longitudinales, transversales, verticales, así como del punto de origen de las mismas son las siguientes:

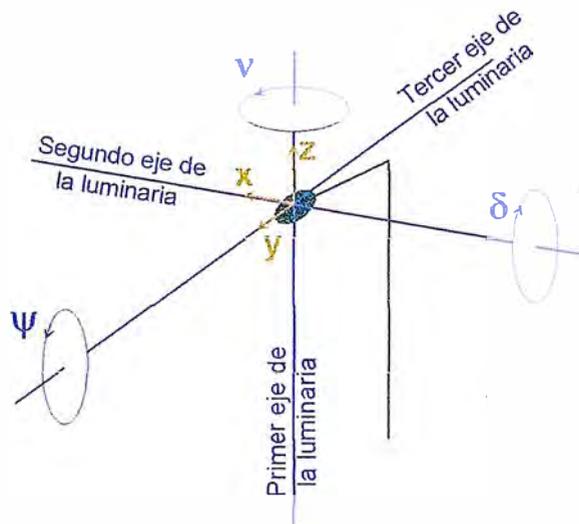
- El punto de origen de coordenadas es cualquiera de los vértices del rectángulo formado por el de la calzada principal del vano en evaluación.
- El sentido positivo del eje de la coordenada vertical (Z) está dirigido hacia arriba, el vector unitario de ese eje es perpendicular al plano horizontal.
- El sentido positivo del eje de la coordenada transversal (Y) es tal que atraviesa la calzada principal del vano en evaluación.
- El sentido positivo del eje de la coordenada longitudinal (X) es el resultado de la multiplicación vectorial de los vectores unitarios positivos de los ejes de la coordenada transversal y la vertical, en ese orden.

Lo anterior está plasmado en la Figura 7.3 a continuación.



**Fig. 7.3 Coordenadas Longitudinal, Transversal y Vertical, y su origen**

El sentido de los ángulos de inclinación, rotación y giro de la luminaria está descrito en la Figura 7.4



**Fig. 7.4 Ángulos de inclinación, rotación y giro para una luminaria**

#### b) Ingreso de datos geométricos

Los datos geométricos son ingresados según se muestra en el ejemplo de la Figura 7.5 donde se ha ingresado los datos geométricos de un vano evaluado que recibe la influencia de 4 EAP, todos ellos con lámparas de igual potencia pero con luminarias de distintas marcas y modelos e instaladas de manera no uniforme, según las consideraciones descritas en el literal anterior.

		1	2	3	4	5	6	7	8
Datos de Luminaria	Marca	Josfel	Schreder	Philips	General Electric				
	Modelo	AS70C2SPAX7015C2SM	E27	II,C,SR	Solaris				
	Inclinación nominal	15°	15°	0°	15°				
Datos de Lámpara	Potencia	70 W	70 W	70 W	70 W				
	Flujo Luminoso Nominal	6500 lm	6500 lm	6500 lm	6500 lm				
Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria	Altura	8 m	7,5 m	8,1 m	9 m				
	X	0 m	30 m	59,5 m	-32,1 m				
	Y	-0,3 m	0 m	0,25 m	-0,3 m				
	$\nu$ (rotación)	0°	0°	5°	0°				
	$\delta$ (inclinación)	15°	0°	7°	15°				
	$\psi$ (giro)	0°	0°	0°	2°				

Fig. 7.5 Celdas para el ingreso de datos geométricos

**c) Ingreso de valores de Iluminancia horizontal para puntos ubicados en la proyección de cada una de los EAP**

El ingreso de estos datos está explicado en las secciones 7.3.1 y 7.3.2.

## 7.3 Uso de los Botones de Comando

### 7.3.1 “Borrar datos cargados”

Este comando reinicia el Ilunergmin, borrando los datos de lámparas, los datos geométricos y los resultados previamente obtenidos (si los hubiera). Para borrar los datos relacionados con la luminaria (marca, modelo y ángulo de inclinación) basta con eliminar la hoja de cálculo que contiene la correspondiente tabla de intensidades luminosas.

### 7.3.2 “Calcular F.M. en proyección de luminaria”

Como de su nombre se entiende, este comando facilita la evaluación del factor de mantenimiento puntual en la proyección de la luminaria calculado a través del ingreso del valor obtenido en la medición de iluminancia en el punto referido (o en una vecindad del mismo) haciendo uso conjunto de un luxómetro y el cilindro de apantallamiento. La explicación gráfica de lo descrito está contenida en el formulario que se muestra al presionar el botón del comando, que es como se muestra en la Figura 7.6.

El formulario mostrado en la Figura 7.6 contiene las pautas necesarias para su adecuado uso, cuyos resultados –para el ejemplo que se viene desarrollando– deberían mostrarse en la ventana general como en la Figura 7.7.

**Cálculo Indirecto de Factor Mantenimiento en la Proyección de la Luminaria**

**VISTA DE FRENTE**

**VISTA DE PLANTA**

**Notas:**

- El origen de coordenadas para este cálculo en particular está ubicado en la proyección sobre el nivel del suelo de la luminaria en evaluación; es decir, no necesariamente coincide con el origen de coordenadas del cálculo principal.
- El punto de medición debe ser el más cercano a la proyección de la luminaria (origen de coordenadas en el gráfico superior). Los valores de Ym y Xm pueden ser cualquier valor real cercano a cero. El valor de Hm puede ser cualquier valor positivo igual o inferior a la altura de instalación de la luminaria.

**Selección del Equipo de AP**

Ingrese número que corresponda al Equipo de AP a evaluar:

**Continuar**

**Ingreso de Datos**

Xm:  m

Ym:  m

Hm:  m

Iluminancia Medida:  lux

**Resultados**

**F.M. en proyección:**

**Iluminancia en proyección:**  lux

Calcular

Guardar Datos

Cerrar

**Fig. 7.6** Formulario para el cálculo del Factor de Mantenimiento en la Proyección de la Luminaria

		1	2	3	4	5	6	7	8
Datos de Luminaria	Marca	Josfel	Schreder	Philips	General Electric				
	Modelo	AS70C2SP	AX7015C2SM	E27 II,C,SR	Solaris				
	Inclinación nominal	15°	15°	0°	15°				
Datos de Lámpara	Potencia	70 W	70 W	70 W	70 W				
	Flujo Luminoso Nominal	6500 lm	6500 lm	6500 lm	6500 lm				
Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria	Altura	8 m	7,5 m	8,1 m	9 m				
	X	0 m	30 m	59,5 m	-32,1 m				
	Y	-0,3 m	0 m	0,25 m	-0,3 m				
	v(rotación)	0°	0°	5°	0°				
	δ(inclinación)	15°	0°	7°	15°				
	ψ(giro)	0°	0°	0°	2°				
Otros	F.M.(en proyección)	0,44	0,39	0,94	0,58				
	Iluminancia (medida o calculada) en proyección	5,40	10,00	9,40	7,20				

**Fig. 7.7** Celdas donde se muestra el resultado del cálculo del Factor de Mantenimiento en la Proyección de la Luminaria

### 7.3.3 “Ingresar F.M. directamente”

Mediante este comando, el usuario ingresa un valor numérico para el factor de mantenimiento para cada una de los EAP, y el Ilunergmin hace el cálculo de la Iluminancia en la proyección de la luminaria. Es decir, el

cálculo contrario al descrito para el comando “Calcular F.M. en proyección de luminaria”. Al presionar el botón de este comando se muestra el siguiente formulario:

**Fig. 7.8 Formulario para el ingreso directo del valor del Factor de Mantenimiento**

Una utilidad práctica de este comando es cuando se desea hacer el cálculo de los valores de iluminancia con el aporte de las luminarias al 100%, es decir con factor de mantenimiento igual a 1.

#### 7.3.4 “Ver Gráficos de Referencia”

A través de este comando se accede a los gráficos mostrados en el literal a) de la sección 7.2.3.

#### 7.3.5 “Modificar datos de la Grilla”

A través de este comando se accede al formulario para el ingreso de datos para definir la grilla de medición.

**Fig. 7.9 Formulario para el ingreso de datos para la Generación de la Grilla de Medición**

Este formulario contiene las indicaciones necesarias para su uso, resaltando el hecho de que el Ilunergmin es capaz de generar la grilla de medición tomando como referencia las recomendaciones de la Publicación CIE 30.2 o las de la Publicación CIE 140-2000.

Continuando con el ejemplo desarrollado, en la Figura 7.10 se muestra el resultado de la generación de una grilla en base a las recomendaciones de la Publicación CIE 30.2 para un vano de 30 m de longitud que cuenta con una calzada (compuesta de dos carriles de 3 m de ancho cada uno) y dos aceras de 2 m de ancho cada una separadas de la calzada principal por bermas laterales de 2 m de ancho.

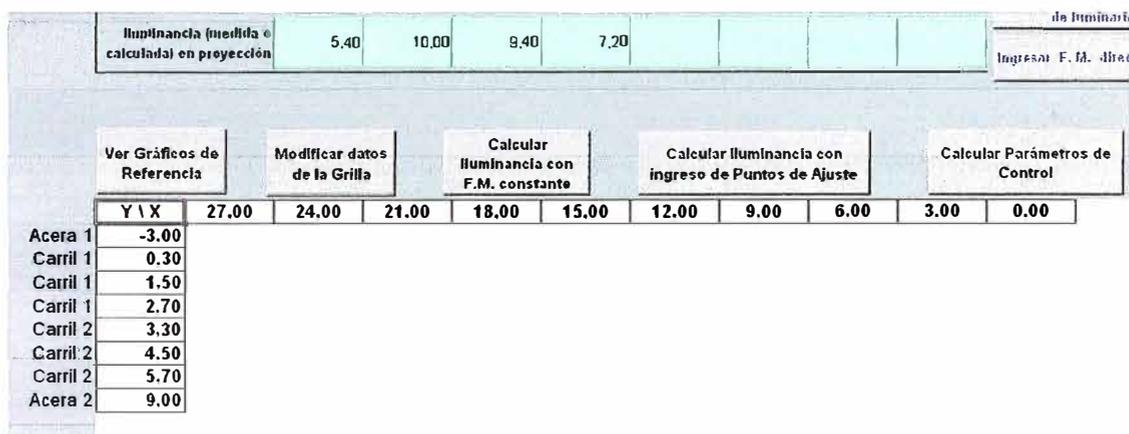


Fig. 7.10 Muestra de una grilla de medición generada por el Ilunergmin

### 7.3.6 “Calcular Iluminancia con F.M. constante”

Mediante este comando se efectúa el cálculo de iluminancias para todos los puntos pertenecientes a la grilla de medición ingresada, para dar inicio al cálculo primero se solicita la confirmación de los EAP que van a intervenir en el cálculo, tal confirmación se hace mediante el formulario mostrado en el Figura 7.11.

Fig. 7.11 Formulario para confirmar los EAP que intervienen en la simulación

Luego de efectuar la selección de los EAP y presionar el botón “Aceptar”, el Ilunergmin efectuará una revisión para asegurarse que todos los datos necesarios de los EAP escogidos hayan sido ingresados de forma

correcta, si encuentra alguna deficiencia el cálculo se cancelará y se mostrará uno o más mensajes señalando las deficiencias encontradas. Si el Ilunergmin no detecta deficiencias en la información, efectuará el cálculo que considera el aporte de cada EAP con Factor de Mantenimiento constante que fue ingresado en los pasos descritos en el literal b) o c), según corresponda. El resultado obtenido se debe mostrar similar al de la Figura 7.12 que corresponde al ejemplo que se viene desarrollando y para el cual se hizo intervenir en la simulación a las 4 EAP cuyos datos estaban ingresados.

de luminari:											
Iluminancia (medida o calculada) en proyección		5,40	10,00	9,40	7,20						
Ingresar F. M. direct											
Ver Gráficos de Referencia		Modificar datos de la Grilla			Calcular Iluminancia con F.M. constante		Calcular Iluminancia con Ingreso de Puntos de Ajuste			Calcular Parámetros de Control	
Y \ X		27.00	24.00	21.00	18.00	15.00	12.00	9.00	6.00	3.00	0.00
Acera 1	-3,00	5,80	2,86	1,97	1,37	0,74	0,99	1,60	2,17	3,11	2,84
Carril 1	0,30	9,06	4,31	2,94	2,21	1,51	1,83	2,34	3,34	5,63	5,91
Carril 1	1,50	8,57	4,37	3,07	2,43	2,09	2,43	2,96	4,97	7,54	7,91
Carril 1	2,70	7,16	3,90	3,02	2,71	3,05	3,31	4,07	6,92	10,59	10,67
Carril 2	3,30	6,34	3,53	2,92	2,84	3,58	3,68	4,47	7,93	10,96	11,22
Carril 2	4,50	4,65	2,81	2,55	2,99	3,94	3,83	4,54	8,06	9,64	10,17
Carril 2	5,70	3,30	2,07	2,07	2,86	3,77	3,16	3,88	6,41	7,19	7,33
Acera 2	9,00	1,33	1,18	1,20	1,77	1,85	1,44	1,84	2,28	2,02	1,90

**Fig. 7.12 Ejemplo de Resultados obtenidos tras una simulación con el Ilunergmin con Factor de Mantenimiento constante**

### 7.3.7 “Calcular Iluminancia con Ingreso de Puntos de Ajuste”

Este comando efectúa el cálculo descrito en la sección 7.3.6, pero adicionalmente efectúa un ajuste en base a valores de iluminancia horizontal reales tomados en campo en 3 puntos denominados “Puntos de Ajuste”. El formulario para el ingreso de datos se muestra en la Figura 7.13.

El “Paso 1” indicado en este formulario es idéntico al descrito en el literal anterior. En el “Paso 2” se ingresan los datos para los “Puntos de Ajuste”, siendo estos las coordenadas de ubicación (“X” e “Y”) y el valor de iluminancia horizontal medido en campo con el luxómetro.

Para continuar con el ejemplo se ha ingresado los puntos de ajuste (PA) mostrados en la Tabla N° 7.1.

**Ilunergmin 9.1 (2008-08-22)**

**Paso 1: Seleccione los Equipos de Alumbrado Público que serán considerados en la simulación**

1	2	3	4	5	6	7	8
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Aceptar y continuar**

---

**Paso 2: Ingrese o confirme los datos relacionados con la medición en los puntos de ajuste**

Datos de puntos de ajuste cargados

**Eliminar último**

**Eliminar todos**

Ingreso de Datos

**<<< Ingresar >>>**

Xi(m):

Yi(m):

Ei(lux):

**Nota:**  
El modelamiento requiere el ingreso de 3 puntos de ajuste, se recomienda ver gráfico referencial para la adecuada ubicación de los mismos.

**Aceptar y continuar** **Ver gráfico referencial**

---

**Paso 3: Efectúe el cálculo**

**Calcular** **Cancelar**

**Fig. 7.13 Formulario para el ingreso de Puntos de Ajuste**

**TABLA N° 7.1 Ejemplo de datos de Puntos de Ajuste**

Ítem	PA1	PA2	PA3
X (m)	0	30	15
Y (m)	-0,3	0	5,7
E (lux)	6,1	10,9	4,5

Las coordenadas X e Y de los Puntos de Ajuste 1 y 2 coinciden con las coordenadas X e Y de los EAP 1 y EAP2, respectivamente, pero no necesariamente siempre tiene que ser así. El Punto de Ajuste 3 está ubicado a mitad de vano al lado opuesto al de instalación de las luminarias y coincide con un punto de la grilla de medición, esto tiene sólo fines ilustrativos y, nuevamente, no siempre tiene que haber tal coincidencia. En la Figura 7.14 se muestra los resultados obtenidos con el Ilunergmin para la situación descrita.

de lumi											
Iluminancia (medida o calculada) en proyección		5,40	10,00	9,40	7,20						Ingresar F. M.
Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla			Calcular Iluminancia con F.M. constante			Calcular Iluminancia con ingreso de Puntos de Ajuste			Calcular Parámetros de Control	
	Y \ X	27.00	24.00	21.00	18.00	15.00	12.00	9.00	6.00	3.00	0.00
Acera 1	-3.00	5,99	2,97	2,05	1,44	0,78	1,04	1,69	2,31	3,32	3,04
Carril 1	0.30	9,85	4,70	3,22	2,44	1,66	2,03	2,61	3,74	6,33	6,66
Carril 1	1.50	9,49	4,85	3,42	2,73	2,35	2,74	3,35	5,65	8,61	9,08
Carril 1	2.70	8,07	4,41	3,43	3,09	3,49	3,80	4,69	8,02	12,31	12,45
Carril 2	3.30	7,20	4,03	3,34	3,26	4,13	4,26	5,20	9,27	12,85	13,20
Carril 2	4.50	5,38	3,26	2,98	3,50	4,63	4,52	5,37	9,57	11,49	12,17
Carril 2	5.70	3,88	2,44	2,45	3,40	4,50	3,78	4,66	7,74	8,71	8,92
Acera 2	9.00	1,63	1,45	1,48	2,21	2,31	1,80	2,31	2,88	2,55	2,41

**Fig. 7.14. Ejemplo de Resultados obtenidos tras una simulación con el Ilunergmin usando Puntos de Ajuste**

Obsérvese que el valor obtenido de iluminancia para el punto de la grilla cuyas coordenadas son X=15 e Y=5,7 corresponde al del punto de ajuste 3; en general, todos los valores de iluminancia han sido ajustados (compare con los resultados mostrados en la Figura 7.12).

### 7.3.8 “Calcular Parámetros de Control”

Mediante este botón, el Ilunergmin efectúa el cálculo de iluminancia mínima, iluminancia máxima, iluminancia promedio y uniformidad para cada elemento del vano en evaluación. Los resultados se ubican en la parte inferior de la grilla de medición, como se muestra en la Figura 7.15.

Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla			Calcular Iluminancia con F.M. constante			Calcular Iluminancia con ingreso de Puntos de Ajuste			Calcular Parámetros de Control	
	Y \ X	27.00	24.00	21.00	18.00	15.00	12.00	9.00	6.00	3.00	0.00
Acera 1	-3.00	5,99	2,97	2,05	1,44	0,78	1,04	1,69	2,31	3,32	3,04
Carril 1	0.30	9,85	4,70	3,22	2,44	1,66	2,03	2,61	3,74	6,33	6,66
Carril 1	1.50	9,49	4,85	3,42	2,73	2,35	2,74	3,35	5,65	8,61	9,08
Carril 1	2.70	8,07	4,41	3,43	3,09	3,49	3,80	4,69	8,02	12,31	12,45
Carril 2	3.30	7,20	4,03	3,34	3,26	4,13	4,26	5,20	9,27	12,85	13,20
Carril 2	4.50	5,38	3,26	2,98	3,50	4,63	4,52	5,37	9,57	11,49	12,17
Carril 2	5.70	3,88	2,44	2,45	3,40	4,50	3,78	4,66	7,74	8,71	8,92
Acera 2	9.00	1,63	1,45	1,48	2,21	2,31	1,80	2,31	2,88	2,55	2,41

	E min.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	0,78	5,99	2,46	0,32
Calzada	1,66	13,20	5,66	0,29
Acera 2	1,45	2,88	2,10	0,69

**Fig. 7.15. Ejemplo de Resultados mostrados por el Ilunergmin que incluyen los parámetros de control**

#### 7.4 Cálculo del Factor de Mantenimiento para un Vano

Para realizar este cálculo se recomienda el siguiente proceso:

- Calcule las iluminancias promedio considerando un factor de mantenimiento igual a 1 para cada una de los EAP que intervienen. A este resultado denomínelo como  $E_{promedio(FM=1)}$ .
- Calcule las iluminancias promedio mediante el método descrito, considerando los puntos de ajuste y las medidas obtenidas de las mediciones en campo. A este resultado denomínelo  $E_{promedio,actual}$ .
- El factor de mantenimiento es el resultado de la fórmula:

$$FM = \frac{E_{promedio(FM=1)}}{E_{promedio,actual}} \quad (7.1)$$

- Si se cuenta con el dato de la iluminancia promedio obtenida en una medición efectuada cuando las instalaciones de alumbrado público estaban recién instaladas ( $E_{promedio,nuevo}$ ), este valor reemplaza al obtenido en la simulación con factor de mantenimiento igual a 1 en al fórmula (7.1), obteniéndose:

$$FM = \frac{E_{promedio(FM=1)}}{E_{promedio,nuevo}} \quad (7.2)$$

## CAPÍTULO VIII

### CONTRASTE DE RESULTADOS

Como parte del presente estudio se han efectuado mediciones de campo para evaluar el método de medición alternativo presentado en este informe en contraste con el método de medición tradicional establecido en la Norma Técnica de Alumbrado de Vías en Zonas de Concesión (NTAP).

Los casos presentados aquí son una fracción de muchos más que se han efectuado (y que se vienen efectuando) y su fin es servir de referencia para describir tendencias.

Cada caso es presentado en una sección, primero se describe la vía de forma general, luego se muestran los resultados obtenidos con la medición tradicional, en seguida se muestran los resultados de la aplicación del método alternativo y, finalmente, se incluye un resumen de las divergencias encontradas.

Las consideraciones generales que se han tomado para llevar a cabo las mediciones son:

- Se ha usado el Luxómetro modelo T-10 de Konica Minolta (con certificado de calibración otorgado por Indecopi).
- Las medidas de longitudes fueron obtenidas con Telémetro modelo L150 de Bosch.
- Las mediciones se efectuaron entre las 19:00 y 23:00 horas.
- El método de medición tradicional mencionado aquí es el que corresponde a la medición de "30 puntos por carril" detallada en la Guía de Medición de la NTAP.
- El método alternativo es el descrito en el presente informe y se ha considerado los puntos de ajuste siguientes: 2 puntos en la proyección de las luminarias de los EAP que delimitan el vano y 1 punto a la mitad del vano en el lado opuesto al de instalación de los EAP.
- Se ha usado la versión 9.1 del Ilunergmin para efectuar la simulación
- El Factor de Mantenimiento mostrado para cada caso ha sido calculado considerando valores iniciales obtenidos mediante simulación con Factor de Mantenimiento igual a 1.
- La identificación de luminarias (marca y modelo) ha sido efectuada de manera visual.

8.1 Caso 1: Mediciones en Cuadra 5 de la Calle José Santos Atawalpa – Los Olivos

8.1.1 Descripción General del vano evaluado:

Fecha de medición : 2008-06-30  
 Longitud del vano : 29,5 m  
 Tipo de Vía Local Residencial 1  
 Tipo de Alumbrado IV  
 Tipo de calzada Oscura

8.1.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional

TABLA Nº 8.1 Resultados obtenidos en la medición tradicional

Y \ X	26,55	23,60	20,65	17,70	14,75	11,80	8,85	5,90	2,95	0,00	
Acera 1	-2,15	4,20	3,28	2,38	1,80	1,57	1,48	2,04	2,46	3,77	4,48
Carril 1	0,31	4,87	3,83	2,86	2,29	1,61	1,52	2,16	2,86	4,37	4,12
Carril 1	1,55	5,13	4,23	3,26	2,83	2,31	2,47	2,41	3,12	4,51	4,35
Carril 1	2,79	5,30	4,32	3,81	3,74	3,15	2,85	2,49	3,49	4,38	4,59
Carril 2	3,41	5,17	4,35	3,94	3,81	3,85	2,97	2,55	3,45	4,14	4,65
Carril 2	4,65	4,68	4,20	3,77	3,88	4,02	3,16	2,73	3,18	3,54	4,24
Carril 2	5,89	3,99	3,79	3,48	3,57	3,63	2,92	2,74	2,90	3,24	3,46
Acera 2	8,35	0,74	2,68	2,56	2,73	2,82	2,65	2,39	2,17	2,30	2,51

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	1,48	4,48	2,75	0,54
Calzada	1,52	5,30	3,55	0,43
Acera 2	0,74	2,82	2,36	0,31

E mín = iluminancia mínima  
 E máx = iluminancia máxima  
 E med = iluminancia promedio  
 Uniform = Uniformidad media de iluminancia

8.1.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa

	1	2	3	4	5	6	7	8
Datos de Luminaria	Marca	Philips	Philips	Philips	Philips			
	Modelo	E27 II,C,SR	E27 II,C,SR	E27 II,C,SR	E27 II,C,SR			
Datos de Lámpara	Potencia	70 W	70 W	70 W	70 W			
	Flejo Luminoso Nominal	6500 lm	6500 lm	6500 lm	6500 lm			
Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria	Altura	7,95 m	8,89 m	8,07 m	8 m			
	X	0 m	29,5 m	51,8 m	-30,3 m			
	Y	0,21 m	0,17 m	0,1 m	0,05 m			
	v (rotación)	0°	0°	0°	0°			
	α (inclinación)	17°	19°	19°	15°			
Otros	ψ (giro)	0°	0°	0°	0°			
	F.M. (en proyección)	0,39	0,55	0,56	0,92			
	Iluminancia (medida o calculada) en proyección	3,81	4,11	5,08	8,50			

! No llenar  
 \*\* No obligatorio  
 \*\*\* Obligatorio

Botón Datos Cargados

Calcular F.M. en proyección de luminaria  
 Ingresar F.M. directamente

Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla	Calcular Iluminancia con F.M. constante	Calcular Iluminancia con ingreso de Puntos de Ajuete	Calcular Parámetros de Control							
Y \ X	26,55	23,60	20,65	17,70	14,75	11,80	8,85	5,90	2,95	0,00	
Acera 1	-2,15	2,99	2,35	1,60	1,04	0,84	0,94	1,26	1,93	2,54	2,81
Carril 1	0,31	4,03	3,03	2,05	1,66	1,43	1,71	1,72	2,65	3,60	4,23
Carril 1	1,55	4,12	3,43	2,30	1,93	1,62	1,78	2,10	2,80	3,64	4,57
Carril 1	2,79	4,62	3,55	2,75	1,98	1,90	1,86	2,37	3,30	4,31	4,80
Carril 2	3,41	4,85	3,81	2,79	2,15	1,98	2,20	2,58	3,48	4,67	4,80
Carril 2	4,65	5,26	4,17	3,03	2,73	2,59	2,68	2,95	3,90	5,20	4,84
Carril 2	5,89	5,80	4,65	3,71	3,86	3,68	3,72	3,70	4,78	5,97	5,00
Acera 2	8,35	6,77	6,79	5,45	5,35	5,50	5,55	5,20	5,73	5,16	4,23

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	0,84	2,99	1,83	0,46
Calzada	1,43	5,97	3,36	0,43
Acera 2	4,23	6,79	5,57	0,76

Fig. 8.1 Ventana General del Ilunergmin que muestra los resultados obtenidos de la simulación

### 8.1.4 Factor de Mantenimiento Teórico

TABLA N° 8.2 Cálculo del Factor de Mantenimiento Teórico

	Em(actual)	Em(nuevo)	FM
<b>Acera 1</b>	1,83	3,68	0,50
<b>Calzada</b>	3,36	6,34	0,53
<b>Acera 2</b>	5,57	9,75	0,57

Em(acutal) = Iluminancia promedio actual

Em(nuevo) = Iluminancia promedio con FM = 1

FM = Factor de Mantenimiento

### 8.1.5 Divergencias

TABLA N° 8.3 Comparación de Resultados

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
<b>Acera 1</b>	-43%	-33%	-33%	-14%
<b>Calzada</b>	-6%	13%	-6%	-1%
<b>Acera 2</b>	471%	141%	137%	141%

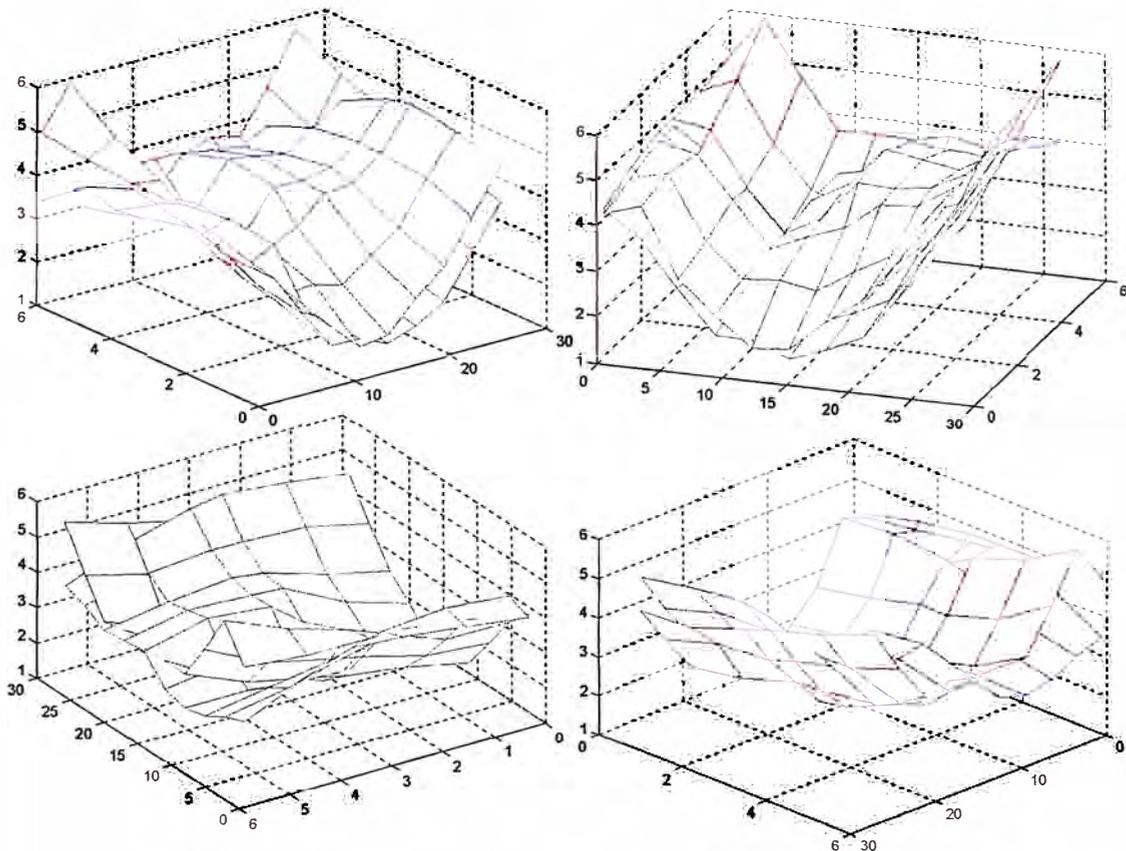


Fig. 8.2 Gráficos de Iluminancia (en función de las Coordenadas de los puntos de medición dentro de la calzada) que muestran las divergencias entre el método tradicional (en azul) y el método alternativo (en rojo)

8.2 Caso 2: Mediciones en Cuadra 38 de la Calle Galena – Los Olivos

8.2.1 Descripción General del vano evaluado:

Fecha de medición : 2008-07-03  
 Longitud del vano : 27 m  
 Tipo de Vía : Local Residencial 1  
 Tipo de Alumbrado : IV  
 Tipo de calzada : Oscura

8.2.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional

TABLA N° 8.4 Resultados obtenidos en la medición tradicional

Y \ X	24,30	21,60	18,90	16,20	13,50	10,80	8,10	5,40	2,70	0,00	
Acera 1	-2,19	5,33	3,98	3,08	2,30	2,22	2,39	3,32	4,42	6,92	7,71
Carril 1	0,30	7,02	4,77	3,79	3,40	3,26	4,05	4,68	7,34	11,03	10,63
Carril 1	1,50	7,46	5,07	4,18	3,77	3,78	4,24	5,02	7,71	10,79	11,61
Carril 1	2,70	6,53	5,24	4,25	4,05	4,06	4,34	5,30	7,40	9,83	9,85
Carril 2	3,30	5,97	5,28	4,51	4,10	4,09	4,40	5,38	7,41	9,75	9,39
Carril 2	4,50	4,87	4,87	4,23	3,98	4,14	4,23	5,07	7,49	8,73	8,19
Carril 2	5,70	4,70	4,59	3,94	3,79	3,91	4,06	4,69	6,06	7,50	7,85
Acera 2	8,25	3,76	3,23	3,13	3,08	3,00	3,11	3,35	4,29	4,21	4,83

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	2,22	7,71	4,17	0,53
Calzada	3,26	11,61	5,86	0,56
Acera 2	3,00	4,83	3,60	0,83

Emín = Iluminancia mínima  
 Emáx = Iluminancia máxima  
 Emed = Iluminancia promedio  
 Uniform = Uniformidad media de iluminancia

8.2.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa

	1	2	3	4	5	6	7	8
Datos de Luminaria	Marca	Schreder	Schreder	Schreder	Schreder			
	Modelo	LX7015C2SM	LX7015C2SM	LX7015C2SM	LX7015C2SM			
Datos de Lámpara	Potencia	70 W	70 W	70 W	70 W			
	Flujo Luminoso Nominal	6500 lm	6500 lm	6500 lm	6500 lm			
Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria	Altura	9 m	8,9 m	8,9 m	8,8 m			
	X	0 m	27 m	51,5 m	28 m			
	Y	0 m	0,11 m	0,08 m	0 m			
	v(rotación)	0°	0°	0°	0°			
	δ(inclinación)	15°	9°	19°	7°			
Otros	ψ(giro)	0°	0°	0°	0°			
	F.M.(en proyección)	0,52	0,44	0,19	0,52			
	Iluminancia (medida o calculada) en proyección	9,52	7,44	2,90	9,33			

Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla	Calcular Iluminancia con F.M. constante	Calcular Iluminancia con ingreso de Puntos de Ajuste	Calcular Parámetros de Control							
Y \ X	24,30	21,60	18,90	16,20	13,50	10,80	8,10	5,40	2,70	0,00	
Acera 1	-2,19	6,05	4,03	2,83	2,46	2,63	2,86	3,40	4,67	7,42	7,66
Carril 1	0,30	8,36	5,78	3,74	3,25	4,05	3,89	4,49	7,19	10,72	10,85
Carril 1	1,50	8,85	6,25	3,97	3,79	4,25	4,18	4,76	7,77	11,29	11,46
Carril 1	2,70	8,31	6,24	4,10	4,04	4,34	4,35	4,86	8,00	10,98	11,09
Carril 2	3,30	7,80	6,06	4,08	4,08	4,32	4,37	4,88	7,88	10,47	10,57
Carril 2	4,50	6,69	5,39	3,84	4,04	4,21	4,26	4,67	7,24	8,98	9,03
Carril 2	5,70	5,48	4,58	3,46	3,81	3,91	3,99	4,21	6,20	7,52	7,52
Acera 2	8,25	3,41	2,86	2,57	2,81	2,92	2,95	2,99	4,01	4,75	4,81

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	2,46	7,66	4,40	0,56
Calzada	3,25	11,46	6,15	0,53
Acera 2	2,57	4,81	3,41	0,75

Fig. 8.3 Ventana General del Ilunergmin que muestra los resultados obtenidos de la simulación

## 8.2.4 Factor de Mantenimiento Teórico

TABLA N° 8.5 Cálculo del Factor de Mantenimiento Teórico

	Em(actual)	Em(nuevo)	FM
Acera 1	4,40	7,73	0,57
Calzada	6,15	10,38	0,59
Acera 2	3,41	5,59	0,61

Em(acutal) = Iluminancia promedio actual

Em(nuevo) = Iluminancia promedio con FM = 1

FM = Factor de Mantenimiento

## 8.2.5 Divergencias

TABLA N° 8.6 Comparación de Resultados

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	11%	-1%	6%	5%
Calzada	0%	-1%	5%	-5%
Acera 2	-14%	0%	-5%	-10%

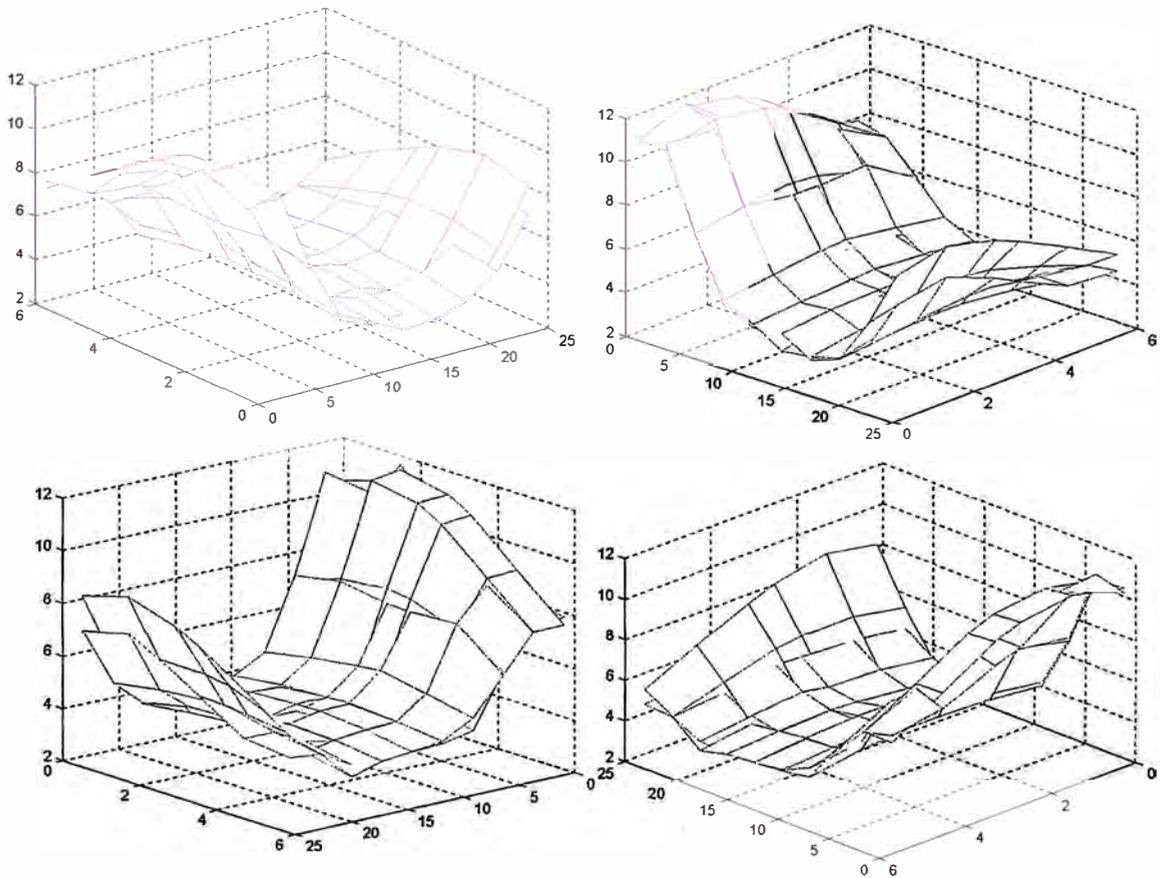


Fig. 8.4 Gráficos de Iluminancia (en función de las Coordenadas de los puntos de medición dentro de la calzada) que muestran las divergencias entre el método tradicional (en azul) y el método alternativo (en rojo)

8.3 Caso 3: Mediciones en la Calle Mama Ocllo – Lince

8.3.1 Descripción General del vano evaluado:

Fecha de medición : 2008-07-07  
 Longitud del vano : 19,3 m  
 Tipo de Vía : Local Residencial 1  
 Tipo de Alumbrado : IV  
 Tipo de calzada : Oscura

8.3.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional

TABLA N° 8.7 Resultados obtenidos en la medición tradicional

Y \ X	17,37	15,44	13,51	11,58	9,65	7,72	5,79	3,86	1,93	0,00	
Acera 1	4,00	29,85	24,94	19,97	18,41	18,83	18,14	18,30	22,31	23,34	26,02
Carril 1	0,30	42,50	36,70	31,30	26,60	34,71	27,52	29,50	34,20	36,00	34,50
Carril 1	1,50	41,10	35,70	30,70	25,61	26,84	27,42	29,13	31,90	34,30	33,50
Carril 1	2,70	39,10	33,90	29,67	25,85	26,36	26,64	27,92	29,50	29,70	30,30
Carril 2	3,30	36,90	32,70	29,82	24,37	24,45	24,82	26,10	26,50	27,10	27,28
Carril 2	4,50	27,30	29,20	24,50	22,30	22,11	22,24	22,70	21,05	23,44	23,17
Carril 2	5,70	26,60	26,23	21,26	19,50	19,31	18,02	18,72	19,20	19,62	19,40
Acera 2	10,00	11,20	12,17	11,33	10,21	10,71	10,43	10,15	11,47	10,39	9,42

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	18,14	29,85	22,01	0,82
Calzada	18,02	42,50	27,91	0,65
Acera 2	9,42	12,17	10,75	0,88

Emín = Iluminancia mínima  
 Emáx = Iluminancia máxima  
 Emed = Iluminancia promedio  
 Uniform: Uniformidad media de Iluminancia

8.3.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa

The screenshot shows the Ilunergmin software interface. It features several input sections: 'Datos de Luminaria' (Luminaire Data) with fields for Marca, Modelo, and Inclinación nominal; 'Datos de Lámpara' (Lamp Data) with fields for Potencia and Flujo Luminoso Nominal; 'Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria' (Geometric Data of Luminaire Installation) with fields for X, Y, α (rotación), β (inclinación), and γ (giro); and 'Datos' (Data) with fields for F.M. (en proyección) and Iluminancia (medida o calculada) en proyección. A grid of 8 columns and 8 rows shows calculated illuminance values. A summary table at the bottom provides E mín., E máx., E med., and Uniform. values for Acera 1, Calzada, and Acera 2. The interface also includes buttons for 'Ver Gráficos de Referencia', 'Modificar datos de la Grilla', 'Calcular Iluminancia con F.M. constante', 'Calcular Iluminancia con ingreso de Puntos de Ajuste', and 'Calcular Parámetros de Control'.

Y \ X	17,37	15,44	13,51	11,58	9,65	7,72	5,79	3,86	1,93	0,00	
Acera 1	4,00	25,77	19,65	16,59	13,85	14,14	9,75	7,34	9,77	10,38	11,73
Carril 1	0,30	47,90	41,11	32,54	25,50	26,52	28,14	29,62	28,98	31,74	39,86
Carril 1	1,50	46,15	44,59	33,02	27,73	27,17	28,35	31,96	29,77	3,193	38,63
Carril 1	2,70	44,44	42,51	33,28	27,52	26,10	26,77	30,22	27,58	29,46	33,95
Carril 2	3,30	42,37	41,56	32,53	27,28	25,25	25,23	28,48	26,62	27,39	31,03
Carril 2	4,50	36,29	36,83	30,94	24,64	22,92	22,51	24,38	23,30	22,67	24,66
Carril 2	5,70	27,64	28,90	25,26	20,85	19,31	18,89	20,28	20,27	19,84	21,02
Acera 2	10,00	10,53	11,07	10,71	9,49	9,10	9,82	11,96	12,72	13,41	14,14

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	7,34	25,77	13,90	0,53
Calzada	18,89	47,90	29,87	0,63
Acera 2	9,10	14,14	11,29	0,81

Fig. 8.5 Ventana General del Ilunergmin que muestra los resultados obtenidos de la simulación

### 8.3.4 Factor de Mantenimiento Teórico

TABLA N° 8.8 Cálculo del Factor de Mantenimiento Teórico

	Em(actual)	Em(nuevo)	FM
Acera 1	13,90	19,31	0,72
Calzada	29,87	39,31	0,76
Acera 2	11,29	11,83	0,95

Em(actual) = Iluminancia promedio actual

Em(nuevo) = Iluminancia promedio con FM = 1

FM = Factor de Mantenimiento

### 8.3.5 Divergencias

TABLA N° 8.9 Comparación de Resultados

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	-60%	-14%	-37%	-36%
Calzada	5%	13%	7%	-2%
Acera 2	-3%	16%	5%	-8%

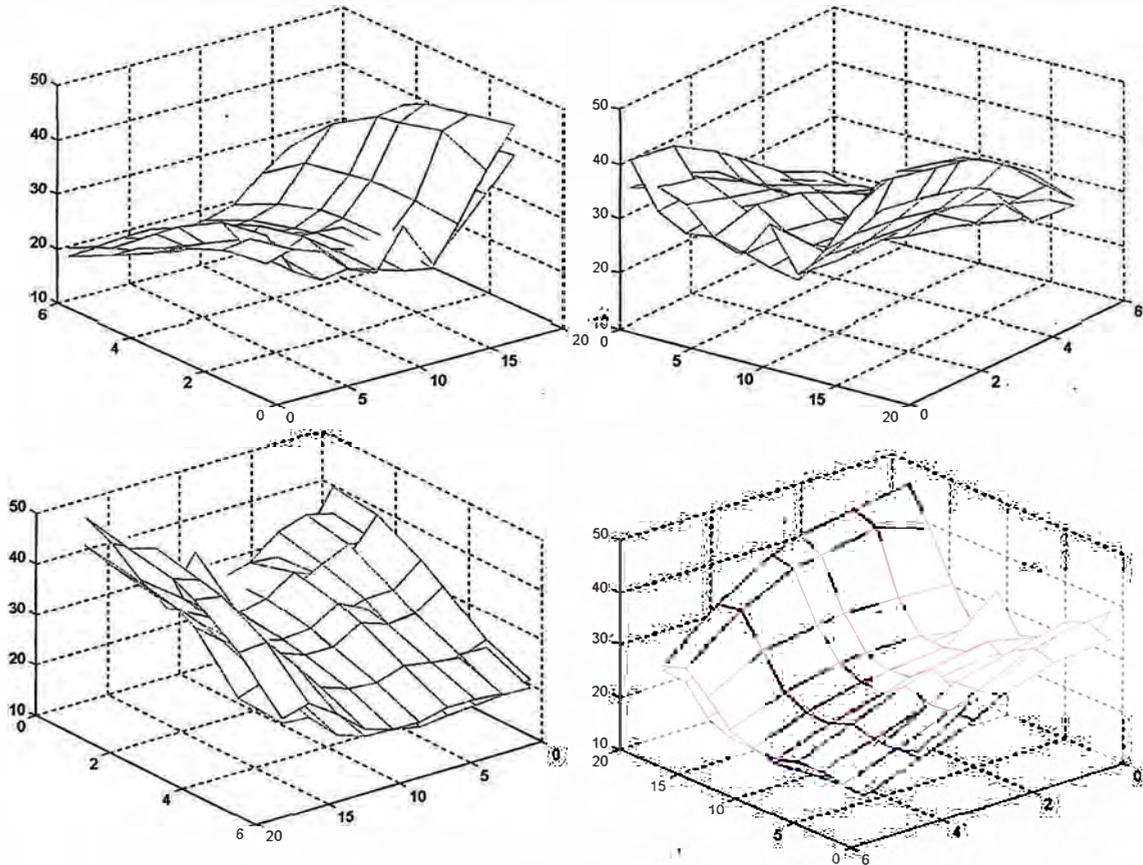


Fig. 8.6 Gráficos de Iluminancia (en función de las Coordenadas de los puntos de medición dentro de la calzada) que muestran las divergencias entre el método tradicional (en azul) y el método alternativo (en rojo)

8.4 Caso 4: Mediciones en Cuadra 23 de la Calle Sinchi Roca – Lince

8.4.1 Descripción General del vano evaluado:

Fecha de medición : 2008-07-08  
 Longitud del vano : 35,3 m  
 Tipo de Vía : Local Residencial 1  
 Tipo de Alumbrado : IV  
 Tipo de calzada : Oscura

8.4.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional

TABLA N° 8.10 Resultados obtenidos en la medición tradicional

	Y \ X	31,77	28,24	24,71	21,18	17,65	14,12	10,59	7,06	3,53	0,00
Acera 1	<b>-3,00</b>	9,03	6,78	5,01	3,75	3,48	4,21	6,44	8,77	11,77	14,23
Carril 1	<b>0,30</b>	13,97	7,69	7,37	5,18	5,04	6,03	8,67	11,87	17,58	25,52
Carril 1	<b>1,50</b>	14,57	8,64	7,69	5,50	5,19	6,51	9,00	13,41	18,52	26,03
Carril 1	<b>2,70</b>	14,14	9,97	7,51	5,69	5,39	6,41	9,31	12,45	18,29	24,44
Carril 2	<b>3,30</b>	13,65	10,15	7,60	5,76	5,46	6,72	9,18	12,47	17,92	22,96
Carril 2	<b>4,50</b>	11,99	9,36	6,67	5,33	5,27	6,40	8,57	11,48	15,99	19,09
Carril 2	<b>5,70</b>	10,46	7,83	6,29	5,05	5,10	6,18	7,80	9,13	13,87	15,45
Acera 2	<b>8,98</b>	6,14	5,09	4,47	4,25	4,23	4,38	5,33	6,37	7,78	8,90

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
<b>Acera 1</b>	3,48	14,23	7,35	0,47
<b>Calzada</b>	5,04	26,03	10,61	0,47
<b>Acera 2</b>	4,23	8,90	5,69	0,74

Emin = Iluminancia mínima  
 Emáx = Iluminancia máxima  
 Emed = Iluminancia promedio  
 Uniform = Uniformidad media de iluminancia

8.4.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa

		1	2	3	4	5	6	7	8	
Datos de Lámpara	Marcas	Philips	Philips	Jostel	Philips					*
	Modelo	E40 ILM,SR	E40 ILM,SR	AS15C2SS	E40 ILM,SR					*
Datos de Lámpara	Inclinación nominal	0°	0°	15°	0°					**
	Potencia	150 W	150 W	150 W	150 W					**
Datos Geométricos de la Instalación de Lámpara	Flujo Luminoso Nominal	16000 lm	16000 lm	16000 lm	16000 lm					***
	Altura	9,26 m	8,17 m	9,19 m	9,63 m					***
Otros	X	0 m	35,3 m	64 m	-33,75 m					***
	Y	0,3 m	0,23 m	-0,36 m	0 m					***
	v(rotación)	0°	0°	0°	0°					***
	δ(inclinación)	11°	13°	11°	20°					***
Otros	ψ(giro)	0°	0°	0°	0°					***
	F.M.(en proyección)	0,98	0,52	0,16	0,57					Calcular F.M. en proyección de luminaria
	Iluminancia (medida o calculada) en proyección	23,26	15,36	8,80	10,55					Ingresar F.M. directamente

	Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla	Calcular Iluminancia con F.M. constante	Calcular Iluminancia con ingreso de Puntos de Ajuste	Calcular Parámetros de Control						
	Y \ X	31,77	28,24	24,71	21,18	17,65	14,12	10,59	7,06	3,53	0,00
Acera 1	<b>-3,00</b>	9,18	6,96	5,78	5,57	6,12	6,40	8,45	11,68	16,14	20,00
Carril 1	<b>0,30</b>	12,61	9,35	8,10	8,22	8,75	9,09	11,52	15,07	20,90	25,70
Carril 1	<b>1,50</b>	12,74	10,23	7,83	7,50	7,72	9,26	11,88	16,24	21,10	25,58
Carril 1	<b>2,70</b>	12,52	9,48	7,30	6,71	6,92	8,22	11,16	15,25	21,50	27,03
Carril 2	<b>3,30</b>	12,22	9,42	7,31	6,47	6,73	7,91	11,27	15,19	21,08	27,08
Carril 2	<b>4,50</b>	10,21	8,41	6,77	5,71	6,10	7,19	10,63	14,06	18,30	24,40
Carril 2	<b>5,70</b>	7,55	6,69	5,61	4,72	5,10	6,06	9,02	11,71	14,43	19,42
Acera 2	<b>8,98</b>	1,60	1,62	1,60	1,54	1,81	2,14	2,94	3,58	4,26	5,77

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
<b>Acera 1</b>	5,57	20,00	9,63	0,58
<b>Calzada</b>	4,72	27,08	11,88	0,40
<b>Acera 2</b>	1,54	5,77	2,68	0,57

Fig. 8.7 Ventana General del Ilunergmin que muestra los resultados obtenidos de la simulación

#### 8.4.4 Factor de Mantenimiento Teórico

TABLA N° 8.11 Cálculo del Factor de Mantenimiento Teórico

	Em(actual)	Em(nuevo)	FM
Acera 1	9,63	9,09	1,06
Calzada	11,88	19,81	0,60
Acera 2	2,68	14,52	0,18

Em(actual) = Iluminancia promedio actual

Em(nuevo) = Iluminancia promedio con FM = 1

FM = Factor de Mantenimiento

#### 8.4.5 Divergencias

TABLA N° 8.12 Comparación de Resultados

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	60%	41%	31%	22%
Calzada	-6%	4%	12%	-16%
Acera 2	-64%	-35%	-53%	-23%

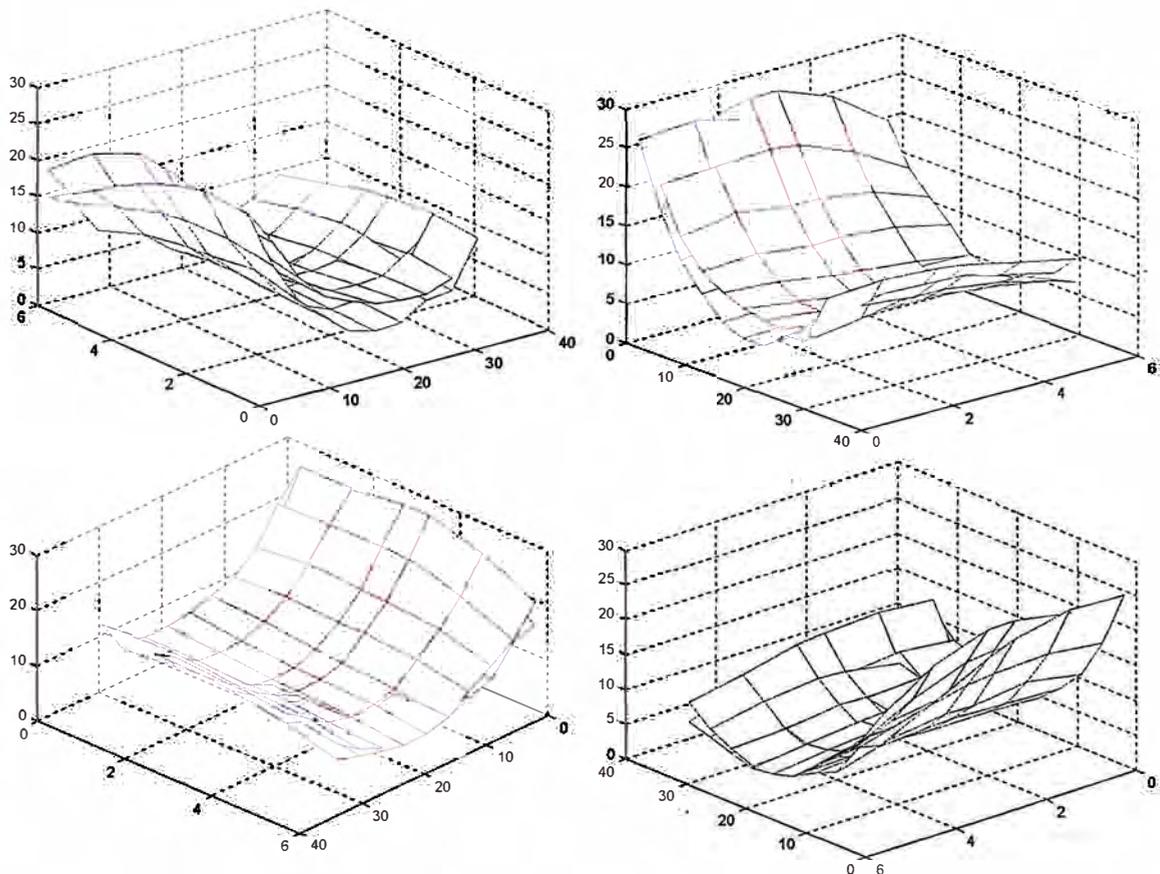


Fig. 8.8 Gráficos de Iluminancia (en función de las Coordenadas de los puntos de medición dentro de la calzada) que muestran las divergencias entre el método tradicional (en azul) y el método alternativo (en rojo)

8.5 Caso 5: Mediciones en Cuadra 5 de la Calle Luis Sáenz – Jesús María

8.5.1 Descripción General del vano evaluado:

Fecha de medición : 2008-08-08  
 Longitud del vano : 32.7  
 Tipo de Vía : Local Residencial 1  
 Tipo de Alumbrado : IV  
 Tipo de calzada : Oscura

8.5.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional

TABLA N° 8.13 Resultados obtenidos en la medición tradicional

	Y \ X	29,43	26,16	22,89	19,62	16,35	13,08	9,81	6,54	3,27	0,00
Acera 1	-2,95	7,34	5,79	4,51	2,91	3,80	5,99	8,16	11,80	15,46	17,78
Carril 1	0,30	12,02	8,66	7,31	6,30	7,05	10,40	14,70	20,33	25,94	28,90
Carril 1	1,50	13,20	10,95	9,41	8,20	8,22	11,58	16,82	24,23	31,40	34,10
Carril 1	2,70	13,92	12,78	11,53	10,78	9,35	12,68	17,64	25,69	32,70	36,40
Carril 2	3,30	14,16	12,81	11,96	11,06	9,62	12,19	17,19	25,31	32,20	36,00
Carril 2	4,50	12,60	11,80	11,82	11,05	10,30	11,90	16,69	23,34	29,60	33,50
Carril 2	5,70	10,23	9,54	9,95	10,04	10,02	11,01	15,30	21,13	25,89	29,50
Acera 2	8,98	5,00	4,70	5,16	5,92	6,70	7,28	9,72	12,45	14,90	17,13

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	2,91	17,78	8,35	0,35
Calzada	6,30	36,40	16,68	0,38
Acera 2	4,70	17,13	8,90	0,53

Emín = Iluminancia mínima  
 Emáx = Iluminancia máxima  
 Emed = Iluminancia promedio  
 Uniform. Uniformidad media de iluminancia

8.5.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa

		1	2	3	4	5	6	7	8	
Datos de Luminaria	Marca	Philips	Philips	Philips	Josfel					
	Modelo	E40 ILM SR	E27 II-C-SCO	E40 ILM SR	BS15C2SS					
	Inclinación nominal	0°	0°	0°	15°					
Datos de Lámpara	Potencia	150 W	150 W	150 W	150 W					
	Flujo Luminoso Nominal	16000 lm	16000 lm	16000 lm	16000 lm					
Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria	Altura	9,01 m	7,8 m	9,05 m	8,93 m					
	X	0,26 m	32,7 m	66,68 m	-30,09 m					
	Y	-0,19 m	0,05 m	-0,13 m	-1,29 m					
	v(rotación)	0°	0°	0°	7,0422023°					
	δ(Inclinación)	14°	14°	18°	11°					
Otros	ψ(giro)	0°	0°	0°	0°					
	F.M(en proyección)	1,11	0,32	0,85	0,53					
	Iluminancia (medida o calculada) en proyección	26,82	9,84	22,11	19,38					

	Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla	Calcular Iluminancia con F.M. constante	Calcular Iluminancia con Ingreso de Puntos de Ajuste	Calcular Parámetros de Control						
	Y \ X	29,43	26,16	22,89	19,62	16,35	13,08	9,81	6,54	3,27	0,00
Acera 1	-2,95	5,41	4,83	4,22	3,70	4,88	6,07	8,99	12,35	16,60	19,98
Carril 1	0,30	9,80	7,76	7,07	7,87	8,10	10,57	13,33	17,98	24,12	27,77
Carril 1	1,50	9,97	8,09	7,48	8,52	8,88	10,82	15,44	20,19	25,50	28,74
Carril 1	2,70	9,05	8,36	7,63	8,45	9,48	10,80	15,64	20,19	27,77	33,28
Carril 2	3,30	9,88	8,62	7,84	8,36	9,70	11,36	16,08	21,11	28,21	34,26
Carril 2	4,50	11,17	9,19	8,13	8,76	10,16	12,18	16,51	21,22	26,26	33,92
Carril 2	5,70	10,47	8,62	8,00	8,50	10,02	12,10	15,75	19,33	23,41	30,10
Acera 2	8,98	5,67	5,33	5,21	6,01	6,74	8,75	10,47	11,24	12,87	15,87

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	3,70	19,98	8,70	0,43
Calzada	7,07	34,26	14,80	0,48
Acera 2	5,21	15,87	8,82	0,59

Fig. 8.9 Ventana General del Ilunergmin que muestra los resultados obtenidos de la simulación

### 8.5.4 Factor de Mantenimiento Teórico

TABLA N° 8.14 Cálculo del Factor de Mantenimiento Teórico

	Em(actual)	Em(nuevo)	FM
Acera 1	8,70	9,15	0,95
Calzada	14,80	20,11	0,74
Acera 2	8,82	15,10	0,58

Em(actual) = Iluminancia promedio actual

Em(nuevo) = Iluminancia promedio con FM = 1

FM = Factor de Mantenimiento

### 8.5.5 Divergencias

TABLA N° 8.15 Comparación de Resultados

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	27%	12%	4%	22%
Calzada	12%	-6%	-11%	26%
Acera 2	11%	-7%	-1%	12%

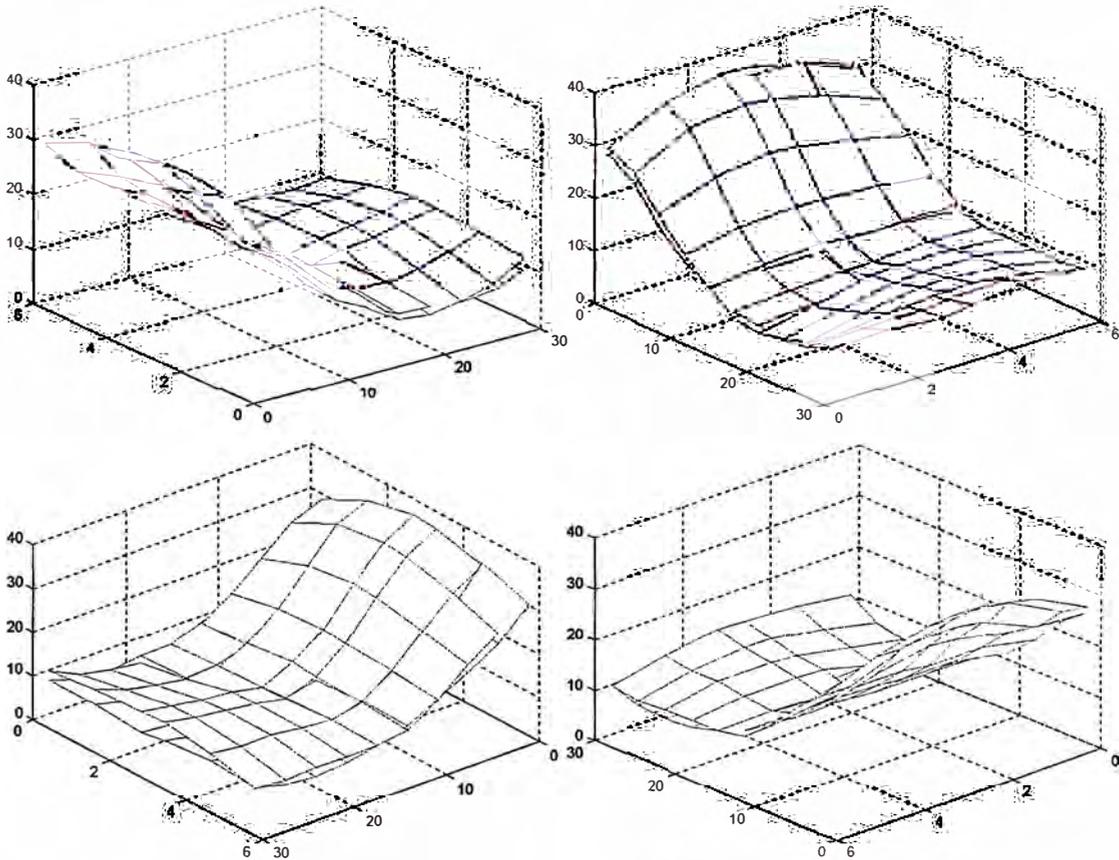


Fig. 8.10 Gráficos de Iluminancia (en función de las Coordenadas de los puntos de medición dentro de la calzada) que muestran las divergencias entre el método tradicional (en azul) y el método alternativo (en rojo)

### 8.6 Caso 6: Mediciones en Cuadra 1 de la Avenida Cayetano Heredia – Jesús María

#### 8.6.1 Descripción General del vano evaluado:

Fecha de medición : 2008-08-04  
 Longitud del vano : 25,25 m  
 Tipo de Vía : Local Residencial 1  
 Tipo de Alumbrado : IV  
 Tipo de calzada : Oscura

#### 8.6.2 Resultados obtenidos con la medición tradicional

**TABLA N° 8.16 Resultados obtenidos en la medición tradicional**

	Y \ X	22,73	20,20	17,68	15,15	12,63	10,10	7,58	5,05	2,53	0,00
Acera 1	-5,12	8,9	8,55	7,91	7,11	7,67	7,31	5,99	7,85	7,57	7,98
Carril 1	0,41	26,36	24,05	20,40	19,92	20,80	21,62	23,21	24,25	25,03	23,92
Carril 1	2,03	27,81	25,47	21,94	21,55	21,77	23,38	25,00	27,29	28,43	27,79
Carril 1	3,65	25,88	23,79	20,95	20,62	20,51	21,98	24,07	25,52	27,73	27,25
Carril 2	4,46	23,81	21,86	19,77	19,46	19,16	20,57	22,57	23,83	25,90	25,28
Carril 2	6,08	18,82	17,37	16,72	16,43	15,97	16,63	18,44	19,05	20,57	20,08
Carril 2	7,70	14,08	13,78	12,89	13,15	12,06	12,80	14,12	14,45	15,17	14,86
Acera 2	13,20	4,63	2,8	3,06	3,42	5,1	5,45	5,6	5,96	5,92	5,98

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	5,99	8,90	7,68	0,78
Calzada	12,06	28,43	20,97	0,58
Acera 2	2,80	5,98	4,79	0,58

Emín = Iluminancia mínima  
 Emáx = Iluminancia máxima  
 Emed = Iluminancia promedio  
 Uniform = Uniformidad media de Iluminancia

#### 8.6.3 Resultados obtenidos de la medición alternativa

		1	2	3	4	5	6	7	8		
Datos de Luminaria	Marca	Philips	Philips	Philips	Philips						+
	Modelo	E27 II-C-SCO	E27 II-C-SCO	E27 II-C-SCO	E27 II-C-SCO						+
	Inclinación nominal	0°	0°	0°	0°						+
Datos de Lámpara	Potencia	150 W	150 W	150 W	150 W						**
	Flujo Luminoso Nominal	16000 lm	16000 lm	16000 lm	16000 lm						***
Datos Geométricos de la Instalación de Luminaria	Altura	10,09 m	9,83 m	9,94 m	10,1 m						***
	X	0 m	25,25 m	54,1 m	-27,74 m						***
	Y	0,89 m	0,59 m	0,8 m	1,07 m						***
	ψ (rotación)	2,7776645°	3,8699859°	0°	3,6425528°						***
Otros	δ (Inclinación)	9°	13°	13°	10°						***
	ψ (giro)	0°	0°	0°	0°						***
	F.M.(en proyección)	1,16	1,06	0,98	0,20						Calcular F.M. en proyección de luminaria
	Iluminancia (medida o calculada) en proyección	22,39	20,42	18,11	3,88						Ingresar F.M. directamente

! No llenar  
 \*\* No obligatorio  
 \*\*\* Obligatorio

Borra Datos Cargados

Ver Gráficos de Referencia	Modificar datos de la Grilla	Calcular Iluminancia con F.M. constante	Calcular Iluminancia con ingreso de Puntos de Ajuste	Calcular Parámetros de Control
----------------------------	------------------------------	---	--	--------------------------------

	Y \ X	22,73	20,20	17,68	15,15	12,63	10,10	7,58	5,05	2,53	0,00
Acera 1	-5,12	9,22	9,68	8,94	7,29	5,78	7,31	8,54	9,78	9,35	8,74
Carril 1	0,41	20,98	18,21	16,44	15,17	14,77	15,91	18,52	20,22	22,53	24,60
Carril 1	2,03	21,40	19,99	18,23	16,33	16,11	17,31	20,37	22,64	23,96	24,50
Carril 1	3,65	19,67	19,95	19,32	16,76	15,75	16,20	18,81	21,37	20,73	27,05
Carril 2	4,46	21,23	20,51	18,56	15,93	15,43	16,41	18,55	21,44	22,28	28,90
Carril 2	6,08	22,61	19,56	17,42	15,51	14,78	15,01	17,16	20,51	22,65	27,65
Carril 2	7,70	18,16	15,68	14,08	12,12	12,07	12,11	13,36	15,25	17,22	20,47
Acera 2	13,20	2,43	1,97	1,74	1,62	1,48	1,42	1,46	1,35	1,50	1,61

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	5,78	9,78	8,46	0,68
Calzada	12,07	28,90	18,77	0,64
Acera 2	1,35	2,43	1,66	0,81

Fig. 8.11 Ventana General del Ilunergmin que muestra los resultados obtenidos de la simulación

### 8.6.4 Factor de Mantenimiento Teórico

TABLA N° 8.17 Cálculo del Factor de Mantenimiento Teórico

	Em(actual)	Em(nuevo)	FM
Acera 1	8,46	5,04	1,68
Calzada	18,77	21,24	0,88
Acera 2	1,66	10,91	0,15

Em(acutal) = Iluminancia promedio actual

Em(nuevo) = Iluminancia promedio con FM = 1

FM = Factor de Mantenimiento

### 8.6.5 Divergencias

TABLA N° 8.18 Comparación de Resultados

	E mín.	E máx.	E med.	Uniform.
Acera 1	-4%	10%	10%	-12%
Calzada	0%	2%	-10%	12%
Acera 2	-52%	-59%	-65%	39%

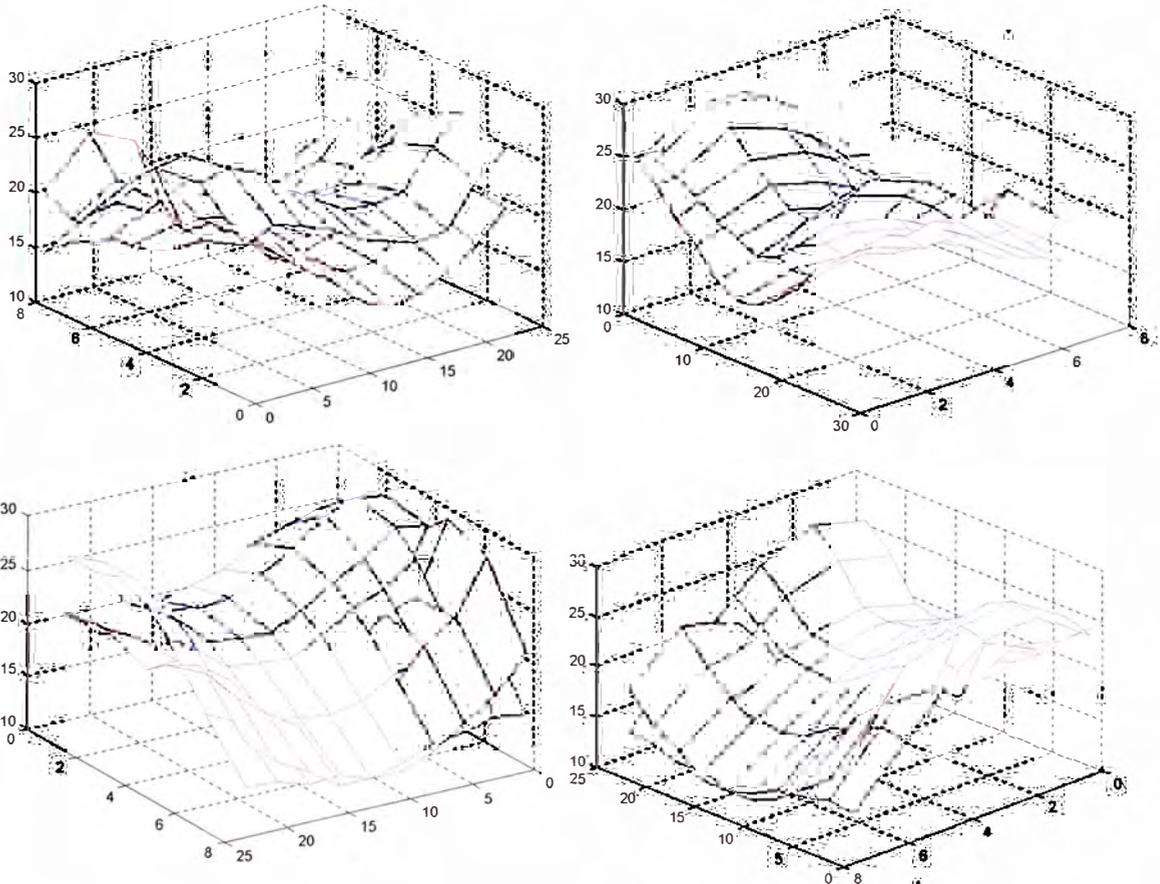


Fig. 8.12 Gráficos de Iluminancia (en función de las Coordenadas de los puntos de medición dentro de la calzada) que muestran las divergencias entre el método tradicional (en azul) y el método alternativo (en rojo)

## 8.7 Análisis de Resultados

Considerando solo los parámetros de Iluminancia promedio ( $E_{med.}$ ) en la calzada principal, las divergencias no superan el 11%. Para los otros parámetros (Iluminancia mínima e Iluminancia máxima) las divergencias son muy diversas y algunos casos superan el 100% para los parámetros de los puntos correspondientes a las aceras. Esto se explica por el hecho de que los puntos de ajuste han sido tomados considerando a la calzada como elemento principal a evaluar.

Los gráficos de divergencias (que ya consideran solamente a la calzada principal) muestra que en general las tendencias de los métodos se mantienen (las superficies tienen formas similares).

También se ha observado que existe un efecto de compensación; es decir, el método alternativo presenta valores de divergencia mayores para una evaluación punto por punto; sin embargo, sí puede ser usado para parámetros hallados de datos tomados en conjunto (iluminancia promedio y uniformidad).

Para la evaluación de los valores Factores de Mantenimiento hallados hay que considerar que estos han sido simulados y no están relacionados con valores de iluminancia iniciales reales de las instalaciones; por lo tanto, son solo referenciales.

Debido a la incertidumbre que existe en la adecuada correspondencia de las tablas de intensidades luminosas, la reducción de esta incertidumbre contribuirá a la disminución de las divergencias encontradas.

En resumen, la tendencia muestra que el método alternativo es adecuado para la evaluación de iluminancias en las calzadas principales, sin embargo, las divergencias existentes deben ser tomadas en cuenta, sobretodo, para efectos de determinación de tolerancias y sanciones.

## CONCLUSIONES

1. El nuevo método de supervisión de la calidad del servicio de alumbrado público presentado aquí tiene grandes beneficios:

Permitirá al OSINERGMIN efectuar la supervisión de una manera más efectiva (asegurando representatividad)

Del mismo modo, se obtendrá un indicador para el nivel de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público.

Se mejora la eficiencia de la evaluación de parámetros lumínicos pues se consumen menos recursos y, por lo tanto, las instalaciones de alumbrado público deficientes o ineficientes serán detectadas de forma práctica.

Todo lo anterior se traduce en la mejora del servicio de alumbrado público

2. El método de medición que forma parte neurálgica de la metodología alternativa para la supervisión brinda buenos resultados para la evaluación de iluminancias en calzadas; por lo tanto, la supervisión del mantenimiento debe ser enfocada bajo esa limitación.
3. Las divergencias que presenta el método de medición alternativo serán reducidas conforme se aplique el nuevo esquema de supervisión de instalaciones nuevas o remodeladas puesto que habrá disponibilidad mayor de un importante volumen de información confiable.
4. Las divergencias existentes deben ser tomadas en cuenta en la determinación de tolerancias y en el esquema de sanciones.
5. El reto de hacer más eficiente el método de medición definido en las normas actuales ha significado (y seguramente motivará) desarrollo de tareas de investigación, muestra de ello son el accesorio diseñado para las mediciones (cilindro de apantallamiento) y la herramienta de simulación (el Ilunergmin)

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Energía y Minas, Decreto Supremo N° 020-97-EM “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos”, publicada el 9 de octubre de 1997.
2. Ministerio de Energía y Minas, Resolución Ministerial N° 013-2003-EM/DM “Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”, publicada el 18 de enero de 2003.
3. Comisión Internacional de Iluminación, Informe Técnico CIE 140–2000 “Métodos de Cálculo para la Iluminación de Carreteras”, CIE – Austria, 2000.
4. Comisión Internacional de Iluminación - Informe Técnico CIE 30.2–1982: “Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting computer program for luminance, illuminance and glare”. CIE – Francia, 1982.
5. Philips, “Manual de Alumbrado – Cuarta Edición”, Paraninfo S.A. – España, 1975.
6. Manufacturas Metálicas Jوسفel, “Manual de Iluminación”, Manufacturas Metálicas Jوسفel – Lima, 1994.
7. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, Resolución de Consejo Directivo OSINERGMIN N° 078-2007-OS/CD “Procedimiento de Supervisión de la Operatividad del Servicio de Alumbrado Público”, publicada el 9 de marzo de 2007.
8. Jinjer Simon, “Excel Programming: Your visual blueprint™ for creating interactive spreadsheets”, Wiley Publishing Inc. – Indiana, 2005.
9. John Walkenbach, “Excel 2003 Formulas”, Wiley Publishing Inc. – Indiana, 2004.