

ANEXO GENERAL

Índice

1.	GENERALIDADES.....	3
1.1	FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO	4
1.2	ESQUEMAS DE LIMPIEZA Y CATEGORIAS DE POLUCIÓN AMBIENTAL	5
1.3	ANÁLISIS DE DEPRECIACIÓN	6
1.3.1	DEPRECIACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO DE LA BOMBILLA (FDFL).....	6
1.3.2	DEPRECIACIÓN DE LA LUMINARIA (FDLU)	8
1.3.3	DEPRECIACIÓN DE SUPERFICIES DE RECINTOS	11
1.3.4	DEPRECIACIÓN A LARGO PLAZO DE MATERIALES DE REFRACTORES Y REFLECTORES.....	12
2.	FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM).....	13
2.1	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO	15
3.	ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO	16
3.1	COSTO DE REEMPLAZO DE BOMBILLAS	17
3.2	COSTO DE RUTINAS DE LIMPIEZA	18
3.3	COSTO DE LA INSTALACIÓN DE ACUERDO AL FACTOR DE MANTENIMIENTO..	19
3.4	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO	20
4.	USO RACIONAL DE LA ENERGIA (URE)	20
4.1	CALCULO DE SLEEC.....	21
4.2	CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO	24
4.3	NIVELES MÁXIMOS DE ILUMINACIÓN PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO VIAL.....	26
5.	OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y SU REGISTRO.....	27
5.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	28
5.2	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	30

Índice de figuras

Figura 1. Efectos del programa de mantenimiento.....	5
Figura 2. Clasificación Energética de las instalaciones de alumbrado público.....	255
Figura 3. Diagrama de decisión ilustrativo.....	322

Índice de tablas

Tabla 1. Factores de depreciación del flujo luminoso de las bombillas (FDFL).....	7
Tabla 2. Factores de depreciación del flujo luminoso de las bombillas Med (FDFL).....	7
Tabla 3. Factores de depreciación de la luminaria (FDLU),	8
Tabla 4. Equivalencia en la clasificación de vías.....	10
Tabla 5. Asignación de grados de contaminación según tipo de vías.....	10
Tabla 6. Factores de depreciación de las superficies del recinto (FDSR).....	11
Tabla 7. Ejemplos típicos de la operación en años de las bombillas.....	15
Tabla 8. Requisitos de SLEEC para vías vehiculares. (Medida en $W/cd.m^{-2}/m^2$).....	23
Tabla 9. Requisitos de SLEEC para áreas críticas vehiculares. (Medida en $W/lx/m^2$).....	23
Tabla 10. Requisitos de SLEEC para vías peatonales y ciclo rutas. (Medida en $W/lx/m^2$).....	23
Tabla 11. Valores energéticos de referencia.....	24
Tabla 12. Clasificación Energética de las instalaciones de alumbrado público.....	25
Tabla 13. Niveles Máximos de iluminación para el diseño de vías.....	26
Tabla 14. Matriz AMFE ilustrativa para el alumbrado público.....	29
Tabla 15. Guía de fallas con bombillas de alta presión de metal halide.....	31



1. GENERALIDADES

Las estrategias y procedimientos para la operación de los activos del sistema de alumbrado público deberán ser establecidos sobre la base de una operación continua, segura, eficiente y efectiva, garantizando el máximo aprovechamiento de la vida útil de cada uno de sus componentes. Todas las estrategias y procedimiento adoptados deberán estar de acuerdo en lo estipulado RETILAP (resolución 180540 de Marzo 30 de 2010) o aquellas que la modifiquen, adicionen o complementen.

Las características técnicas de la infraestructura de alumbrado público se modifican y degradan a lo largo del tiempo, debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

- La baja progresiva del flujo luminoso de las bombillas.
- El ensuciamiento polutivo de las luminarias y de la bombilla.
- El envejecimiento de los diferentes componentes de las luminarias (reflector, refractor, cierre, etc.).
- El prematuro cese de funcionamiento de las bombillas.
- Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc.

La implantación de las instalaciones de alumbrado exterior, sometidas a los agentes atmosféricos, el riesgo que supone que parte de sus elementos sean fácilmente accesibles, así como la primordial función que dichas instalaciones desempeñan en materia de seguridad vial, como de las personas y los bienes, obligan a establecer un correcto mantenimiento de las mismas.

Las estrategias de mantenimiento son parte fundamental de la operación de activos, el cual será responsable del remplazo de bombillas, reparación o reemplazo de los equipos que hayan fallado en servicio y por lo tanto de la limpieza de luminarias o el cambio de alguno de sus componentes acordes con el plan de mantenimiento previamente establecido y garantizando que los niveles de luminancia e iluminancia promedio o mantenida nunca estén por debajo de los niveles estipulados en el RETILAP.



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
 Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



1.1 FACTORES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO

Según la publicación CIE 154 de 2003 y RETILAP sección 580.2.3 existen distintos factores que pueden reducir los parámetros luminotécnicos de una instalación de alumbrado público y se agrupan en recuperables y no recuperables.

Los factores no recuperables, como el envejecimiento, son inherentes a la instalación y factores ambientales, por tal motivo no se pueden restablecer a sus valores iniciales mediante rutinas de mantenimiento o son demasiado costosos de acometer. Por tal motivo estos factores deberán ser tenidos en cuenta a la hora de planear las estrategias de mantenimiento.

Si la influencia de otros factores como como voltaje, frecuencia, temperatura y balasto son permanentes y significativos, entonces en la etapa de diseño estos factores serán estimados y se realizará una previsión similar a la del factor de mantenimiento en los cálculos . La influencia de eventos aleatorios será despreciada de los cálculos por no ser un modo de falla relevante.

Los factores recuperables como la depreciación del flujo luminoso de la bombilla, factor de supervivencia de la bombilla y factor de depreciación de la luminaria se pueden restablecer a valores óptimos y consecuentemente el porcentaje de iluminancia, mediante rutinas de mantenimiento como sustitución de bombillas, limpieza y sustitución de componentes.

El valor de dicho mantenimiento es ejemplificado en la Figura 1. Claramente la depreciación de un esquema sin mantenimiento decaen sus niveles de iluminancia, hasta que se realice limpieza de luminaria (de acuerdo a unas rutinas), hasta que la depreciación sea tal, que implique el cambio de bombilla en conjunto con la limpieza de luminaria. La curva B corresponde a la curva de depreciación del flujo luminoso de la bombilla (FDFL). Y la curva C corresponde a la curva de depreciación de luminaria (FDLU).



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín

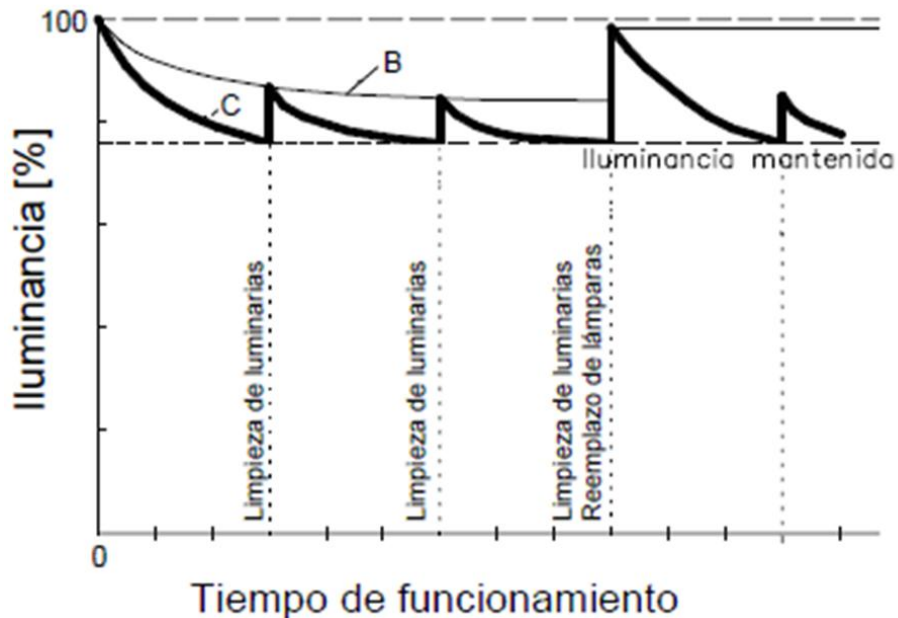


Figura 1. Efectos del programa de mantenimiento.

Fuente: Adaptada de RETILAP. Figura 530.4 Esquema de mantenimiento de una instalación de alumbrado público

Una vez que las reducciones de los factores no recuperables ocurran como se mencionó anteriormente, no podrán ser restablecidos a niveles iniciales o óptimos, por lo que requerirá el cambio de reflector, refractor o la sustitución total de la luminaria de ser necesario, adicionalmente se verificará las condiciones ambientales en que se encuentra dicha instalación, ya que probablemente sea más prudente la sustitución por un grado de sellamiento o IP o IK más elevado.

1.2 ESQUEMAS DE LIMPIEZA Y CATEGORIAS DE POLUCIÓN AMBIENTAL

Se recomienda una rutina regular de limpieza de la instalación de alumbrado público tanto de las superficies externas como internas y su frecuencia estará de acuerdo a estas indicaciones:

- a) Tipo de ambiente
- b) Equipo usado
- c) Parámetros de diseño



Según la clasificación IP (IEC 529) adoptada por el RETILAP, el primer dígito indica la protección del equipo contra la entrada de cuerpos extraños sólidos, así corresponde al primer número siete grados, desde el grado 0 sin protección hasta el grado 6 totalmente protegido contra polvo, el segundo dígito, indica la protección del equipo dentro de la cubierta contra entrada de agua, así corresponde al segundo nueve grados, desde el grado 0 sin protección hasta el grado 8 protegido contra los efectos prolongados de inmersión bajo presión.

Las luminarias usadas en ambientes de polución medio o alto deberán tener un IP5X o superior, a menos que el área a iluminar sea cubierta.

1.3 ANÁLISIS DE DEPRECIACIÓN

Varios factores contribuyen a la pérdida de iluminación y su efecto y magnitud varían de acuerdo al tipo de bombilla, luminaria, geometría de la instalación y condiciones ambientales, por ejemplo áreas con grandes cantidades de suciedad o polución en el aire, la diferencia entre el centro de una ciudad y áreas rurales, pero el tipo de suciedad o material particulado también es importante, ya que es muy distinto el polvo de una cantera, la aspersión de cultivos o los insectos de una vía rural, así que estos factores deberán ser considerados en la elaboración del plan de mantenimiento tanto en las actividades como en su frecuencia. De ser necesario caracterizar el tipo de suciedad en el ambiente, se tiene en el Lighting Handbook IESNA capítulo 9 una clasificación de 3 clases de suciedades, la *adhesiva*: suciedad que se adhiere a la luminaria por la composición como es el caso de la grasa de comida, vapor de maquinaria de quema de combustible fósil, partículas de vapor de agua como las de una lavandería, la *atrayente* que se adhiere a la luminaria por fuerza electroestática como lanas, pelusas, pelos, fibras, etc. Y finalmente la *inerte* que solo se aloja en las superficies horizontales como la ceniza, aserrín etc.

1.3.1 DEPRECIACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO DE LA BOMBILLA (FDFL)

El flujo luminoso de la bombilla decrece con su uso, pero la medición exacta de este factor depende del tipo de bombilla y balasto. Las pérdidas por este efecto se pueden minimizar con el cambio de bombillas puntuales o cambios grupales. La Tabla 1 muestra unos ejemplos típicos de la publicación CIE 154 con la limitante de 12.000 horas, pero



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín

para los cálculos dentro del Municipio de Medellín en la Tabla 2 se muestran valores de este factor basados en datos de fabricantes, para las dos tecnologías más usadas en la infraestructura de alumbrado público.

Tipo de lámpara	Período de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,9	0,91	0,90
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,7	0,76	0,73

Tabla 1. Factores de depreciación del flujo luminoso de las bombillas (FDFL).

Fuente: adaptado de publicación CIE 154 tabla 3.1

FDFL								
Potencia	Bombilla	Período de funcionamiento en horas						
		2.000 h	4.000 h	6.000 h	8.000 h	12.000 h	16.000 h	20.000 h
70 W	Sodio alta presión	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83
	Metal Halide	0.87	0.85	0.82	0.82	0.75	0.70	0.65
150 W	Sodio alta presión	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94
	Metal Halide	0.89	0.85	0.84	0.8	0.70	0.70	0.60
250 W	Sodio alta presión	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94
	Metal Halide	0.84	0.76	0.72	0.71	0.63	0.55	0.50
400 W	Sodio alta presión	0.99	0.97	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88
	Metal Halide	0.90	0.82	0.77	0.73	0.68	0.63	0.60
1000 W	Sodio alta presión	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Metal Halide	0.71	0.58	0.47	0.35	NA	NA	NA

Tabla 2. Factores de depreciación del flujo luminoso de las bombillas Med (FDFL).

Fuente: adaptado de datos de fabricantes

Para las tecnologías no contenidas en esta tabla, se adoptara el valor proporcionado por el fabricante, en función de las horas de funcionamiento presupuestadas en el diseño.

1.3.2 DEPRECIACIÓN DE LA LUMINARIA (FDLU)

La suciedad en las luminarias generalmente causa las mayores pérdidas de flujo luminoso. La pérdida de flujo luminoso depende de la naturaleza y densidad del material particulado en el ambiente, correspondiente a la actividad que se desarrolle en determinado sector y el tipo de vías que contenga, diseño de la luminaria y tipo de bombilla. La Tabla 3 muestra ejemplos típicos de acuerdo al grado IP de luminaria y el ambiente en la que se encuentra ubicado.

Grado Protección	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años					
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años	3,5 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42	0,38
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53	0,50
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,76
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76	0,73
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83	0,81
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

Tabla 3. Factores de depreciación de la luminaria (FDLU),

Fuente: adaptado de publicación CIE 154 tabla 3.3

El grado de contaminación atmosférica referido en la tabla anterior según publicación CIE 154 corresponde a:

a. Grado de contaminación alto

Existe en las proximidades actividades generadoras de humo y polvo con niveles elevados. Con frecuencia las luminarias se encuentran envueltas en fuentes de humo y nubes de polvo, que ocasionan un ensuciamiento importante de la luminaria en un medio corrosivo y corresponderá, entre otras, a:



- Vías de tráfico vehicular de muy alta intensidad de tráfico.
- Zonas expuestas al polvo, contaminación atmosférica elevada y, eventualmente, a compuestos corrosivos generados por la industria de producción o de transformación.

b. Grado de contaminación medio

Hay en el entorno actividades generadoras de humo y polvo con niveles moderados con intensidad de tráfico media, compuesto de vehículos ligeros y pesados, que supondrá un ensuciamiento intermedio o mediano de la luminaria y corresponderá, entre otras, a:

- Vías urbanas o periféricas sometidas a una intensidad de tráfico medio.
- Zonas residenciales, de actividad o recreacionales, con las mismas condiciones de tráfico de vehículos.
- Aparcamientos al aire libre de vehículos

c. Grado de contaminación bajo

Ausencia en las zonas circundantes de actividades generadoras de humo y polvo, con poca intensidad de tráfico casi exclusivamente ligero y corresponderá, entre otras, a:

- Vías residenciales no sometidas a un tráfico intenso de vehículos.
- Grandes espacios no sometidos a contaminación.
- Medio rural.

Para efectos del cumplimiento de este documento, se establecerán los grados de contaminación acordes a la jerarquización vial del Municipio de Medellín homologados con la clasificación de vías establecida por el RETILAP en la sección 510.1 según



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
 Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Comutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



Informe de clasificación de las vías del Municipio de Medellín, como se muestra en la Tabla 4. Equivalencia en la clasificación de vías.

Clasificación Transito	Clasificación RETILAP	Tipo
Vía Arteria Principal	Vías de Acceso controlado y vías rápidas	M2
Vía Arteria Menor	Vías de Acceso controlado y vías rápidas	M2
Vías Colectoras	Vías Principales y ejes viales	M3
Vías Servicio (Barrios)	Vías Primarias o Colectoras	M4

Tabla 4. Equivalencia en la clasificación de vías

La autopista Norte y Sur se clasificarán como vías M1 de acuerdo al RETILAP (Autopistas y Carreteras), aunque se hace claridad que ninguna vía del municipio de Medellín excede la velocidad en más de 80 Km/h, estas son consideradas como de alta circulación vehicular.

Según las anteriores consideraciones se establecen las categorías de contaminación para efectos del cálculo del FDLU en el municipio de Medellín ver Tabla 5. Asignación de grados de contaminación según tipo de vías.

Grado de Contaminación	Tipo	Clasificación RETILAP	Clasificación Transito
Alto	M1, M2	Autopistas y Carreteras, Vías de Acceso controlado y vías rápidas	Autopista Norte y Sur, Vía Arteria Principal
Medio	M2, M3	Vías de Acceso controlado y vías rápidas, Vías Principales y ejes viales	Vía Arteria Menor, Vías Colectoras
Bajo	M4	Vías Primarias o Colectoras	Vías Primarias o Colectoras

Tabla 5. Asignación de grados de contaminación según tipo de vías

Para las vías peatonales, de ciclistas y áreas críticas estipuladas en la sección 510.4 de RETILAP se considerara un nivel bajo de contaminación, a menos que se encuentren adyacentes a una vía de grado medio o alto, en cuyo caso tomará el de esta categoría.

1.3.3 DEPRECIACIÓN DE SUPERFICIES DE RECINTOS

En el caso de túneles y deprimidos los factores de depreciación máximos de las superficies del recinto (FDSR) serán los establecidos en la Tabla 6. Factores de depreciación de las superficies del recinto (FDSR)

Índice del recinto (2) Ir	Distribución flujo luminoso	Intervalo de limpieza en años																	
		0,5 años			1 año			1,5 años			2 años			2,5 años			3 años		
		° de Contaminación(1)																	
		B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Pequeño Ir = 0,7	D	0,97	0,96	0,95	0,97	0,94	0,93	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,90	0,94	0,92	0,89	0,94	0,92	0,88
	D/I	0,94	0,88	0,84	0,90	0,86	0,82	0,89	0,83	0,80	0,87	0,82	0,78	0,85	0,80	0,75	0,84	0,79	0,74
	I	0,90	0,84	0,80	0,85	0,78	0,73	0,83	0,75	0,69	0,81	0,73	0,66	0,77	0,70	0,62	0,75	0,68	0,59
Medio Ir = 2,5	D	0,98	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	D/I	0,95	0,90	0,86	0,92	0,88	0,85	0,90	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78
	I	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,70	0,81	0,74	0,67	0,78	0,72	0,64
Grande Ir = 5	D	0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,93	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94	0,96	0,95	0,94
	D/I	0,95	0,90	0,86	0,94	0,88	0,85	0,90	0,86	0,83	0,89	0,85	0,81	0,87	0,84	0,79	0,86	0,82	0,78
	I	0,92	0,87	0,83	0,88	0,82	0,77	0,86	0,79	0,74	0,84	0,77	0,70	0,81	0,74	0,68	0,78	0,72	0,65

(1) Grado de contaminación: B = baja, M = media, A = alta

(2) Índice del recinto $Ir = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)}$; siendo L = longitud recinto, A = anchura recinto y H = altura montaje luminarias

D: Directo I: Indirecto

Tabla 6. Factores de depreciación de las superficies del recinto (FDSR)

Fuente: tomado de la tabla 6 de la publicación ITC -EA-06, RD 1890-2008.



1.3.4 DEPRECIACIÓN A LARGO PLAZO DE MATERIALES DE REFRACTORES Y REFLECTORES.

a. Refractor o Difusor

- Vidrio: el vidrio es fácil de limpiar y de restaurar a sus condiciones originales, pero un prolongado tiempo sin mantenimiento puede ocasionar que las condiciones ideales sean difíciles de recuperar como por ejemplo en el caso de fisuras, rayas, marcas o ataques alcalinos.
- Plástico, Acrílico (PMMA) y Policarbonato (PC): su degradación ocurre generalmente por suciedad, contaminantes atmosféricos y envejecimiento. Su uso inapropiado y la exposición a solventes pueden producir una rápida degradación debido a la composición química del plástico. Una limpieza regular con un detergente suave puede restaurar su claridad, la mugre intensa se puede remover con varsol o cualquier limpiador formulado para PMMA y PC, posteriormente enjuagar. Esponjas abrasivas y estropajos pueden deteriorar las superficies.

b. Reflector

- Aluminio: Una superficie reflectiva de aluminio se degrada por mala protección contra la oxidación. El método usual de protección contra contactos eléctricos accidentales es el anodizado y el espesor de la película puede variar entre $1\mu\text{m}$ y $25\mu\text{m}$, entre más espesor más protegido a la corrosión pero menos reflectivo, así que se da un balance entre $2\mu\text{m}$ y $3\mu\text{m}$ para lograr protección contra la corrosión y buen acabado de la superficie.

La exposición a la suciedad puede deteriorar su especularidad y reflectancia haciendo que la luminaria pierda su uniformidad debido a la pérdida de distribución de flujo. Las luminarias deben de contar con un sistema de selle para este elemento, razón por la cual su limpieza no es una actividad habitual que de tener que realizarse deberá ser con un paño que garantice que no se rayará.



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
 Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



2. FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)

La iluminancia o luminancia provista inicialmente por una instalación de alumbrado se reduce gradualmente durante su vida útil. Para efectos de esta política al factor que describe esta reducción se le denominará factor de mantenimiento según disposición RETILAP sección 120.1.1 y complementado por la definición CIE 17.4 -1987 (845-09-59) como “la relación de la iluminancia media o luminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de la instalación respecto del valor medio de iluminancia o luminancia obtenida bajo las mismas condiciones cuando la instalación es nueva”:

$$FM = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i} \quad \text{ó} \quad FM = \frac{L_{servicio}}{L_{inicial}} = \frac{L}{L_i}$$

Para el caso puntual de alumbrado público se emplea el concepto de iluminancia mínima mantenida o E_{prom} y luminancia mínima mantenida o L_{prom} según lo dispuesto en las definiciones de la sección 120.1.1 y con sus valores establecidos en la sección 510.2.1 del RETILAP, que corresponde al mínimo valor medio sobre el plano de interés que la instalación puede proveer. El diseño de la instalación se efectuará dimensionando la misma para que provea una iluminancia inicial:

$$E_i = \frac{E_{prom}}{FM} \quad \text{ó} \quad L_i = \frac{L_{prom}}{FM}$$

Así el FM se debe calcular considerando todos los factores que deprecian la instalación y los cuales están en función del mismo, considerando que el plan de mantenimiento este diseñado para que al momento de efectuar el mantenimiento la $E_{servicio}$ no sea menor que la E_{prom} .

El valor de FM dependerá del tipo de bombilla, luminaria, los períodos de limpieza y mantenimiento que se realizará sobre la instalación a lo largo de su vida útil para compensar inicialmente la reducción gradual por depreciación garantizando que siempre $E_{servicio} > E_{prom}$.

EL factor de mantenimiento será superior a 0.6 e inferior a 0.85, es decir, $0.85 > FM > 0.6$, lo que supondrá una iluminancia o luminancia inicial:

$$E_i = \frac{E_{prom}}{0.6} = 1.66E_{prom} \quad \text{O sea un 66% por encima de la } E_{prom} \text{ y}$$



$$E_i = \frac{E_{prom}}{0.85} = 1.18E_{prom} \text{ O sea un 18\% por encima de la } E_{prom}$$

O

$$L_i = \frac{L_{prom}}{0.6} = 1.66L_{prom} \text{ O sea un 66\% por encima de la } L_{prom} \text{ y}$$

$$L_i = \frac{L_{prom}}{0.85} = 1.18L_{prom} \text{ O sea un 18\% por encima de la } L_{prom}$$

Un factor de mantenimiento superior al 0.85 deberá sustentarse debidamente.

El factor de mantenimiento será función fundamentalmente de:

- a. El tipo de bombilla y depreciación del flujo luminoso.
- b. La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria mantenida a lo largo de su funcionamiento.
- c. La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria.
- d. La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento.
- e. El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las bombillas y de depreciación de la luminaria:

$$FM = FDFL * FDLU$$

FDFL = factor de depreciación del flujo luminoso de la bombilla.

FDLU = factor de depreciación de la luminaria.

En el caso de túneles y deprimidos también se tendrá en cuenta el factor de depreciación de las superficies del recinto (*FDSR*), de forma que se cumplirá:

$$FM = FDFL * FDLU * FDSR$$

En el proyecto de alumbrado público, de acuerdo con los valores establecidos en las tablas de los factores de depreciación mencionados anteriormente, se efectuarán los cálculos del factor de mantenimiento, que servirá para determinar la iluminancia media inicial (*E_i*) o la luminancia media inicial (*L_i*) en función de los valores de iluminancia media en servicio (*E_{servicio}*) o luminancia media en servicio (*L_{servicio}*)



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Comutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



respectivamente, adicional a las consideraciones de uso racional de energía en su aparte de niveles de iluminación máximos permitidos.

2.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

Se observa la magnitud de cada uno de los factores que intervienen en el cálculo del factor de mantenimiento varía con el tipo de bombilla, luminaria, ambiente y vida útil.

Para una evaluación precisa del FDFL los datos de fabricantes deberán ser usados (Tabla 2), sin embargo datos típicos de este factor son mostrados en la Tabla 1.

Para una evaluación precisa del FDLU se deben considerar la Tabla 3, 4 y 5.

El siguiente es un paso a paso para su cálculo:

Paso 1: Seleccione la bombilla y la luminaria.

Paso 2: Determinar las horas de uso de la bombilla de acuerdo a la tabla 7.

Instalación	Horas/Años
Continuo	8760
Toda la noche (atardecer hasta amanecer)	4200
Atardecer hasta 24:00 Hr	2600
Atardecer hasta 22:00 (5 noches/semana)	1300
4 Horas/Semana	208

Tabla 7. Ejemplos típicos de la operación en años de las bombillas

Fuente: Adaptado de la tabla 4.1 de la publicación CIE 154.

Paso 3: Determinar el FDFL de acuerdo al tiempo estimado en el paso 2.

Paso 4: Determinar el periodo de limpieza de las luminarias.

Paso 5: Determinar el FDLU de acuerdo al intervalo del paso 5, el grado IP de la luminaria y el grado de contaminación que la rodea.

Paso 6: Determinar FDSR si aplica.



GIP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



Paso 8: Calcular el $FM = FDFL * FDLU. (FDSR)$

Paso 9: Repetir paso 1 y 5 en caso de no ajustarse a $0.85 \geq FM \geq 0.6$ considerando diferentes tipos de bombillas, luminarias, frecuencias de limpieza y mantenimiento.

3. ESTIMACIÓN DE COSTOS Y PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Durante el diseño de una instalación de alumbrado público es a menudo posible escoger componentes, sistemas y acabados que podrían resultar en la reducción de rutinas de mantenimiento, por ejemplo:

- Seleccionar luminarias cuyo compartimiento óptico sea de fácil limpieza y/o alto grado IP.
- Reducir al mínimo las variables que intervienen en los sistemas.
- Seleccionar luminarias que contengan pocos componentes con el fin de facilitar el proceso de intervención en caso de requerirlo, así como la facilidad de montaje y desmontaje.
- Donde sea posible seleccionar luminarias de superficies que permanezcan más tiempo limpias por largos periodos de tiempo y fácil limpieza

Otras maneras de como desde el diseño se puede optimizar las estrategias de mantenimiento son:

- Planeación para un mantenimiento efectivo considerando accesos, tipos de herramienta para cada tarea, disponer de stock amplio de bombillas, elementos auxiliares y si es del caso luminarias completas.
- Diseñar un plan de mantenimiento con planes, tareas y repuestos asociados a los activos del sistema de alumbrado público así como sus frecuencias de ejecución o condicionales si son del caso.
- Disponer de todos los procedimientos de intervención ejecutados
- Registrar los modos de falla de los componentes intervenidos con el fin de retroalimentar el plan de mantenimiento.



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



3.1 COSTO DE REEMPLAZO DE BOMBILLAS

El costo del reemplazo masivo de bombillas incluye el costo de la bombilla, el costo de instalación, costos administrativos como por ejemplo realizar el pedido, almacenamiento, instalación, disposición final, etc. La accesibilidad a la luminaria también impacta los costos de instalación.

Las técnicas usadas son el reemplazo puntual de una bombilla fallada o el cambio de un grupo de bombillas falladas o buenas con el fin de anticiparse al modo de falla de apagadas, minimizando la ocurrencia de bombillas aleatorias falladas.

La evaluación de costos es la siguiente:

Costo de cambio C_u unitario es:

$$C_u = B + M_u + E + D$$

Dónde:

B : Costo de la Bombilla

M_u : Costo mano de Obra por Unidad

E : Costo de Equipos (Instalación)

D : Costo de disposición Final

Costo de cambio C_m masivo es:

$$C_m = B + M_g + E + D$$

Dónde:

B : Costo de la Bombilla

M_g : Costo mano de Obra Grupo

E : Costo de Equipos

D : Costo de disposición Final

Costo combinado de cambios unitarios y masivos:



GP-CER147968



ISO 9001

SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Comutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



$$Cc = FCu + Cm$$

Donde F es la fracción de bombillas que se cambiaron antes de la sustitución masiva de la instalación.

Es fundamental la consideración de la pérdida de flujo luminoso de la bombilla en términos de las horas de uso de la instalación según su utilización, como se muestra en la tabla 9, para la optimización en costos de los reemplazos grupales ya que estos están sustentados en la minimización de costos en los cambios puntuales o unitarios, es decir un óptimo programa de sustitución de bombillas grupales minimizara el costo de cambios unitarios por la disminución de probabilidades que ocurra.

3.2 COSTO DE RUTINAS DE LIMPIEZA

El intervalo óptimo de limpieza de una luminaria es alcanzado cuando el costo de pérdida de iluminación es igual a de limpieza, es decir el intervalo óptimo T esta dado por:

$$T = \frac{Cl}{Ca} + 2 \frac{Cl}{(\Delta FDLU) \cdot Ca}$$

Donde

T = Intervalo optimo de limpieza

Ca = Costo del AOM anual de la luminaria sin limpieza

Cl = Costo de unitario de limpieza de luminaria

$\Delta FDLU$ = Delta de depreciación de la luminaria por suciedad

El Cl coste de limpieza incluye el costo de cualquier producto de limpieza, herramientas especiales, plataformas o equipos y mano de obra.



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



3.3 COSTO DE LA INSTALACIÓN DE ACUERDO AL FACTOR DE MANTENIMIENTO

Con la siguiente fórmula podemos calcular el costo por luminaria con los distintos factores de mantenimiento.

$$U_s = K * \frac{(C_{BOM} + C_{MO}) + P_W * C_E * T_{MED} + [(C_{LUM} + C_{LIMP}) * \frac{T_{MED}}{T_U}]}{\emptyset * T_{MED} * C_U * FM}$$

U_s = Costo por unidad de servicio de la luminaria

K = Factor de escala

C_{BOM} = Costo de la bombilla más equipos auxiliares

C_{MO} = Costo de mano de obra de reposición de la bombilla

T_{MED} = Tiempo de vida medio de la bombilla

P_W = Potencia consumida por la bombilla incluida las pérdidas

C_E = Costo de la energía consumida

C_{LUM} = Costo anual por luminaria

C_{LIMP} = Costo anual de limpieza por luminaria

T_U = Tiempo de operación anual

C_U = Coeficiente de Utilización de la instalación

FM = Factor de mantenimiento

3.4 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO

Con la siguiente expresión pueden ser calculados los costos de mantenimiento teniendo en cuenta: el cambio correctivo y programado de las bombillas más limpieza programada de luminarias.

$$CM = \left[\frac{f * n * N * (C_L + C_{MOC})}{Tp} \right] + \left[\frac{N * (n * C_L + C_{MOP})}{Tp} \right] + \left[\frac{N * C_{MOL}}{Tc} \right]$$

(1) (2) (3)

Donde,

(1) Cambios correctivos

(2) Cambios masivos

(3) Limpiezas masivas

N = Número de luminarias

n = Número de bombillas por luminaria

C_L = Costo por bombilla

C_{MOP} = Costo de mano de obra programado

C_{MOC} = Costo de mano de obra correctiva

C_{MOL} = Costo de mano de obra de limpieza programada

f = % de fallos de bombillas durante periodo de sustitución programada

Tp = Periodo óptimo de mantenimiento programado

Tc = Periodo de limpieza de luminarias $Tc = Tp/nc$

nc = Número de limpiezas en el período de cambio de bombillas programado

4. USO RACIONAL DE LA ENERGIA (URE)



Con el fin de establecer una metodología única dentro del uso racional de energía en el alumbrado público, se considerará para efectos de este documento la metodología estipulada en la norma EN 13201-5 iluminación de vías- Requerimientos de eficiencia energética y la utilización de niveles máximos de iluminación según el tipo de vía. La instalación de la iluminación será energéticamente eficiente, de acuerdo a un valor de SLEEC (Street Lighting Energy Efficiency Criterion) o criterio de eficiencia energética en vías.

La metodología anterior se sincroniza con el capítulo 510.6.1 del RETILAP al ser una metodología homologa al cálculo de EER y DPEA puesto considera la potencia usada en relación con la iluminancia o luminancia y el área iluminada.

4.1 CALCULO DE SLEEC

Se puede calcular desde el punto de vista de la iluminancia SLEEC-E (S_E) o luminancia SLEEC-L (S_L) y corresponden a la siguiente expresión:

$$S_L = \frac{P}{L_{prom} * S * W_r} \quad \text{ó} \quad S_E = \frac{P}{E_{prom} * S * W_r}$$

Dónde:

P = Potencia de la luminaria (unitaria) (incluidas las perdidas) [W]

L_{prom} =Luminancia promedio mantenida en Cd/m²

E_{prom} = Iluminancia promedio mantenida en Luxes

W_r = Ancho promedio de la vía [m]

S = Distancia de referencia en las instalaciones de alumbrado público entre un punto de iluminación y otro [m], medido de acuerdo al siguiente patrón:



GP-CER147968



SC-CER147850

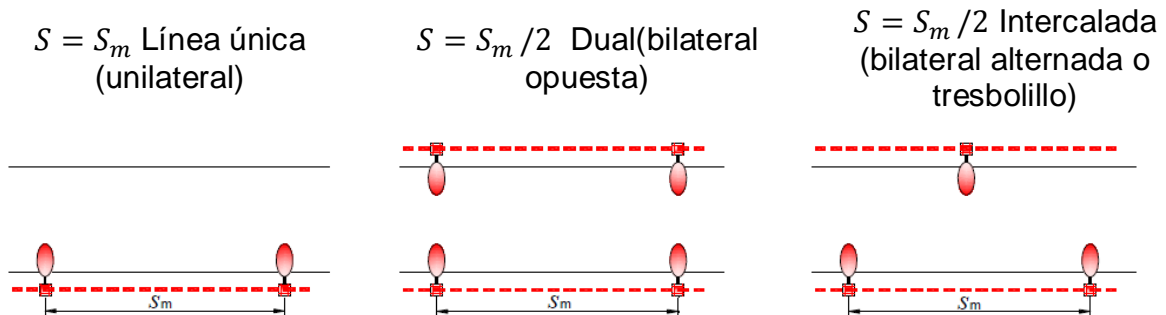


Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Comutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



Donde S_m es la distancia promedio entre dos puntos de iluminación contiguos [m].

En los casos donde no sea posible una medición de una línea homogénea en las instalaciones de alumbrado público como lo es el caso de ciertas zonas críticas, el S_E se calculará de la siguiente manera:

$$S_E = \frac{P}{E_{prom} * S_{media}}$$

Dónde:

P = Potencia de la luminaria (incluidas las pérdidas) [W]

E_{prom} = Iluminancia mantenida en Luxes

S_{media} = El área promedio iluminada, dividido el número de luminarias, obteniendo el área teórica promedio iluminada.

NOTA: Este criterio no considera la iluminación de áreas diferentes a vías como canchas, parques y similares.

En la Tabla 8. Requisitos de SLEEC para vías vehiculares, Tabla 9. Requisitos de SLEEC para áreas críticas vehiculares y Tabla 10. Requisitos de SLEEC para vías peatonales y ciclo rutas se muestran valores recomendados y máximos de SLEEC según la clase de vía:

Clase de iluminación	Zona de aplicación						
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzada peatonal no iluminada	SLEEC	
	Luminancia promedio Lprom (cd/m ²) mínima mantenida	Factor de uniformidad U _o mínimo	Incremento de umbral TI % máximo inicial	Factores de uniformidad longitudinal de luminancia UI mínimo	Relación de alrededores SR mínimo	Recomendado	Máximo
M1	2.0	0.4	10	0.5	0.5	0.49	0.8
M2	1.5	0.4	10	0.5	0.5	0.51	0.8
M3	1.2	0.4	10	0.5	0.5	0.56	0.8
M4	0.8	0.4	15	N.R	N.R	0.58	0.8
M5	0.6	0.4	15	N.R	N.R	0.60	0.8

Tabla 8. Requisitos de SLEEC para vías vehiculares. (Medida en W/cd.m⁻²/m²)

Clase de iluminación	Iluminancia promedio Eprom(luxes) Mínimo mantenido	Uniformidad general U _o ≥ (%)	SLEEC Recomendado	SLEEC Máximo
C0	50		0.033	0.07
C1	30	40	0.035	0.07
C2	20	40	0.037	0.07
C3	15	40	0.039	0.07
C4	10	40	0.042	0.07
C5	7.5	40	0.044	0.07
		40		

Tabla 9. Requisitos de SLEEC para áreas críticas vehiculares. (Medida en W/lx/m²)

Clase de iluminación	Iluminancia mínima (luxes)	SLEEC Recomendado	SLEEC Máximo
P1	7,5	0.07	0.2
P2	3,0	0.08	0.2
P3	1,5	0.09	0.2
P4	1,0	0.11	0.2
P5	0,6	0.14	0.2
P6	0,2	0.17	0.2
P7	No aplica	0.21	0.2

Tabla 10. Requisitos de SLEEC para vías peatonales y ciclo rutas. (Medida en W/lx/m²)



4.2 CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

Para la clasificación energética de las instalaciones de alumbrado público se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

La eficiencia energética está dada por:

$$E = \frac{1}{S_E}$$

Y el índice de eficiencia energética será:

$$I_E = \frac{E}{E_R}$$

Donde E_R es el valor de eficiencia energética de referencia en función del nivel de iluminancia en servicio proyectada, que se indica en la Tabla 41. Valores energéticos de referencia

Alumbrado Vías Vehiculares y zonas críticas		Peatonales y ciclo rutas	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia
30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
7,5	14	7,5	7
--	--	5	5

Nota – Para efectos de clasificación se multiplicará por un factor de 15 los valores de luminancia y relacionarlo con su valor en iluminancia y para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal.

Tabla 11. Valores energéticos de referencia

Fuente: adaptada del Real Decreto 1890 de 2008, ITC – EA – 01.

Con el fin de dar una clasificación energética acorde con lo estipulado en el RETILAP y demás reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A a la letra G siendo la primera la más eficiente y la última la menos eficiente (ver Figura 12).



GIP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Comutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín

El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_E}$$

La Tabla 12. Clasificación Energética de las instalaciones de alumbrado público Establece los valores ICE que corresponden las respectivas letras de consumo energético.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	$I_E > 1.1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_E > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_E > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_E > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_E > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_E > 0,20$
G	ICE $\geq 5,00$	$I_E \leq 0,20$

Tabla 12. Clasificación Energética de las instalaciones de alumbrado público

Fuente: adaptada del Real Decreto 1890 de 2008, ITC – EA – 01.



Figura 2. Clasificación Energética de las instalaciones de alumbrado público

Fuente: adaptada del Real Decreto 1890 de 2008, ITC – EA – 01.

4.3 NIVELES MÁXIMOS DE ILUMINACIÓN PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO VIAL.

En la Tabla 13. Niveles Máximos de iluminación para el diseño de vías, se disponen los valores porcentuales máximos para cada tipo de vía, con el fin de que ningún diseño en busca de niveles de iluminación y uniformidad, sobrepase los valores dispuestos como límites superiores.

	Vía/Espacio	Valor Objetivo <i>Eprom</i> o <i>Lprom</i> RETILAP	Tolerancia Porcentual	Límite Superior <i>Eprom</i> o <i>Lprom</i>	Unidad
Vehiculares	M1	2	20%	2,4	cd/m ²
	M2	1,5	20%	1,8	cd/m ²
	M3	1,2	25%	1,5	cd/m ²
	M4	12	33%	16,0	lx
	M5	9	33%	12,0	lx
Peatonal y Ciclorutas	P1	20	25%	25	lx
	P2	10	40%	14	lx
	P3	7,5	33%	10,0	lx
	P4	5	50%	7,5	lx
	P5	3	N/A	N/A	lx
	P6	1,5	N/A	N/A	lx
	P7	N/A	N/A	N/A	lx
Áreas Críticas	C0	50	20%	60	lx
	C1	30	25%	37,5	lx
	C2	20	25%	25	lx
	C3	15	33%	20,0	lx
	C4	10	40%	14	lx
	C5	7,5	40%	10,5	lx

Tabla 13. Niveles Máximos de iluminación para el diseño de vías.

De manera similar a lo estipulado en el formato 1 Declaración de Cumplimiento del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público del RETILAP, se debe incluir la justificación técnica de desviaciones de requisitos, de norma o del diseño de conformidad con este documento, siempre que la desviación no comprometa la seguridad y/o a la salud visual.



5. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y SU REGISTRO

Con el fin de preservar los niveles de luminancia e iluminancia de la instalación de alumbrado público, manteniendo los valores requeridos y la depreciación esperada, se realizarán las operaciones de reposición de bombillas y limpieza de luminarias con la periodicidad determinada por el cálculo del factor de mantenimiento y la optimización de rutas y zonas de atención.

El FM será el principal insumo del plan de mantenimiento de la instalación, acorde con lo establecido en la sección 530.4 del RETILAP, teniendo como demás insumos la evaluación técnico económica del mismo. El operador del servicio de alumbrado público quien se encargara del diseño del plan de mantenimiento será autónomo de redefinir frecuencias en el caso que un tipo de vía no se encuentre directamente relacionado con el grado de contaminación asignado, reclasificando según las condiciones reales de contaminación, basado bien sea en la experiencia acorde con los ciclos históricos de limpieza de las luminarias o en el caso de que se realicen estudios de material particulado en el área que se encuentre el proyecto.

El operador del servicio de alumbrado público será el responsable de diseñar el plan de mantenimiento, con sus tareas y actividades y garantizar su efectiva, eficiente y segura ejecución, presupuestada desde la etapa de concepción del proyecto.

El registro de todas las actividades de mantenimiento incluyendo mediciones fotométricas se hará en un sistema computarizado donde se numerarán correlativamente las operaciones de la instalación de alumbrado público y demás disposiciones obligatorias del RETILAP sección 580.2.1 y 580.2.2

Entre la información contenida debe estar:

- a. La ubicación de cada punto de la instalación en un sistema de geoposicionamiento.
- b. Aprobador, planeador y ejecutor las tareas y actividades de mantenimiento.
- c. El número de orden de la operación de mantenimiento preventivo en la instalación o mantenimiento correctivo.
- d. La fecha de ejecución.
- e. Las operaciones realizadas, el personal que las realizó y los insumos y elementos utilizados.



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Comutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín



- f. Indicadores de gestión que midan la efectividad y eficiencia de las estrategias de mantenimiento.
- g. Además, con objeto de facilitar la adopción de medidas de ahorro energético, se registrará:
- h. Consumo energético anual.
- i. Tiempos de encendido y apagado de los puntos de luz.
- j. Medida y valoración de la energía activa y reactiva consumida, con discriminación horaria y factor de potencia.

5.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Según RETILAP en su sección 580.2.1 estipula que el mantenimiento preventivo debe determinar las acciones para evitar o eliminar las causas de las fallas potenciales del sistema y prevenir su ocurrencia, mediante la utilización de técnicas de diagnóstico y administrativas que permitan su identificación a la vez que se realiza la evaluación económica de cada una de estas, considerando consecuentemente los siguientes ítems:

- k. Mediciones eléctricas en diferentes puntos de la red de los perfiles de tensión y niveles de armónicos.
- l. Medición de los parámetros eléctricos de operación de las luminarias y sus componentes.
- m. Mediciones fotométricas como: Uniformidad general de niveles de luminancia/iluminancia de la calzada (U_0), Uniformidad longitudinal sobre la calzada (U_L), que permitan medir la calidad de la iluminación.
- n. Reemplazo masivo de bombillas.
- o. Enfoque correcto de la bombilla.
- p. Limpieza de la luminaria.
- q. Inspección del sistema óptico.
- r. Revisión del equipo auxiliar.
- s. Revisión de las partes mecánicas de la luminaria.
- t. Descope de árboles.
- u. Rondas de inspección.

Tal como lo indica el numeral k. de las actividades de mantenimiento se deberán efectuar visitas o rondas nocturnas de inspección periódicas a las instalaciones de



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
 Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Conmutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín

alumbrado público con el objeto de detectar bombillas y/o luminarias que fallan o las anomalías de funcionamiento, para más ampliación y ejemplo de cálculo de estas rutinas consultar el apéndice 7.1 de la publicación CIE 154. En la medida que se implemente un sistema de gestión centralizado o telegestión dotado de sus tres niveles: inferior relativo al punto de luz, intermedio correspondiente a los cuadros de alumbrado público y superior o de control central podrá obtenerse información fiable en tiempo real y permitirá reducir sustancialmente las rondas de inspección.

Todos los ítems anteriores son actividades que minimizan la ocurrencia de un modo de falla asociado a una falla funcional, derivado de una función del alumbrado público, por tal razón se recomienda que el plan de mantenimiento diseñado este consignado en una matriz de análisis de modos de falla y efectos AMFE, o AMFEC. Un ejemplo ilustrativo se muestra en la Tabla 14. Matriz AMFE ilustrativa para el alumbrado público.

SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO					
SUBSISTEMA: LUMINARIA IP 65 (San Juan)					
Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto	Tarea	Intervalo
Transformar la energía eléctrica en energía lumínica o luminosa en los niveles fotométricos de diseño	No transforma la energía	Bombilla Defectuosa	Pérdida total de los niveles fotométricos comprometiendo la seguridad del tráfico vehicular y peatonal.	Cambio de bombilla	3.5 años
		No hay suministro de energía eléctrica		Ninguna	0
	La energía lumínica no alcanza los niveles fotométricos requeridos	Ramas de árboles sobre la luminaria	Pérdida parcial de los niveles fotométricos comprometiendo potencialmente la seguridad del tráfico vehicular y peatonal.	Descope de árboles	1.5 años
		Luminaria sucia		Limpieza de luminaria	3 años
		Luminaria desenfocada		Enfocar luminaria	
	La energía lumínica no supera los niveles fotométricos requeridos	Potencia por metro cuadrado fuera del límite Sleec	Se incumple normatividad vigente en cuanto al uso racional de la energía (URE)	Rediseñar instalación ajustando a cumplir URE	Condicionales
		Potencia de bombilla superior al diseño.		Cambio de bombilla por la original de diseño	Condicionales

Tabla 14. Matriz AMFE ilustrativa para el alumbrado público

La matriz AMFE es un análisis responsable sobre todo los modos de falla que pudieran ocurrir en el sistema de alumbrado público, ya que este impacta directamente en la



seguridad de la ciudadanía, así que el grado de complejidad y niveles de los modos de falla serán a criterio del operador del servicio de alumbrado público, debido a que de las actividades que contrarresten estos, se derivará el plan de mantenimiento.

La adaptación de esta matriz a metodologías como RCM o RCM2 entre otras, así como tener concebido la utilización de diagramas de decisión para la asignación de tareas serán a criterio del operador del servicio de alumbrado público, en la medida que le aporten o no valor agregado a la formulación de estrategias.

El plan de mantenimiento será un documento dinámico y se retroalimentará continuamente con la aparición de nuevos modos de falla asociadas a las fallas funcionales, así consecuentemente irán apareciendo o desapareciendo tareas del plan de mantenimiento o variando la frecuencia de las mismas.

5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Según RETILAP en su sección 580.2.2 estipula que el mantenimiento correctivo consiste en localizar, reparar y adecuar las instalaciones para que funcionen el máximo número de horas posible, con el desempeño para el que fueron diseñados, contemplando que las actividades a realizar son la localización de la falla y la adecuación de las instalaciones.

Ya en la ejecución de las rutinas de mantenimiento correctivo el RETILAP también dispone que independiente de cual sea el modo de falla, se verifique y ejecuten las siguientes actividades:

- a. Reemplazar las bombillas y, en donde sea necesario, los equipos auxiliares y cerciorarse que el casquillo de la bombilla esté perfectamente adaptado al portabombilla.
- b. Revisar el encendido y apagado y el correcto funcionamiento del dispositivo de encendido para alumbrado público, detectar fallas eléctricas y daño accidental.
- c. Limpiar las bombillas, el conjunto óptico de las luminarias.
- d. Realizar el mantenimiento mecánico y eléctrico a los componentes del sistema de alumbrado público y media tensión.
- e. Coordinar con las entidades municipales competentes la poda de los árboles circundantes a los equipos de iluminación, para despejar el cono de intensidad máxima de cada luminaria.



GP-CER147968



SC-CER147850



Centro Administrativo Municipal - CAM - Calle 44 No. 52 - 165
Línea Única de Atención Ciudadanía 44 44 144 Comutador 385 5555
www.medellin.gov.co Medellín - Colombia

La ciudad más
innovadora del mundo



Alcaldía de Medellín

Consecuentemente y según lo estipula el RETILAP en la sección 710, el sistema de información debe tener un sistema de quejas, reclamos y solicitudes de alumbrado público y adicionalmente se deben tener procedimientos y guías que faciliten el flujo de información de las mismas y la corrección rápida y oportuna por parte de todo el personal involucrado.

En la Tabla 15 se ilustra una tabla donde se consigna una guía para la atención de fallas en las bombillas de metal halide del alumbrado público, donde se pretende dar una guía para los ejecutores de las tareas de mantenimiento, que si bien pudieran ser modos de falla para la elaboración del AMFE, estas guías pretenden ser una ayuda para el trabajo de campo más que para la elaboración de estrategias preventivas.

Problema	Posible Causa	Mantenimiento Correctivo y Observaciones
Bombilla no enciende	Final de la vida útil	Instale una nueva bombilla.
	Mal ajuste de la bombilla en el socket	Inspeccione el socket en busca de presencia de arcos eléctrico en sus contactos e instale nuevamente.
	Sin alimentación en la luminaria	Restaurar la alimentación de la red eléctrica y chequee las protecciones.
	Deficiencias en sistema Arrancador – Balasto - Condensador	Instale una nueva luminaria y bombilla, realice revisiones en taller chequeando los diferentes elementos.
	Tiempo de restablecimiento insuficiente	Las bombillas de Metal Halide requieren alrededor de entre 4 y 8 minutos para restablecerse luego de haber sido apagadas.
Corto ciclo de vida de bombilla	Fallas normales	Fallas tempranas pueden esperarse de un lote de bombillas, consultar con el fabricante sobre la tasa de mortalidad de las bombillas usadas.
	Fallas prematuras	Las fallas prematuras de las bombillas de metal halide pueden darse por sobre voltajes, rayos o si está sometida a altas vibraciones o impactos.

Tabla 15. Guía de fallas con bombillas de alta presión de metal halide

Fuente: Adaptada de tabla 14.2 AS/NZS 1158.1.2

En la Figura 3 se ilustra un diagrama de decisión donde está consignada la guía ante la aparición o reporte de una falla de bombillas de descarga de alta presión.

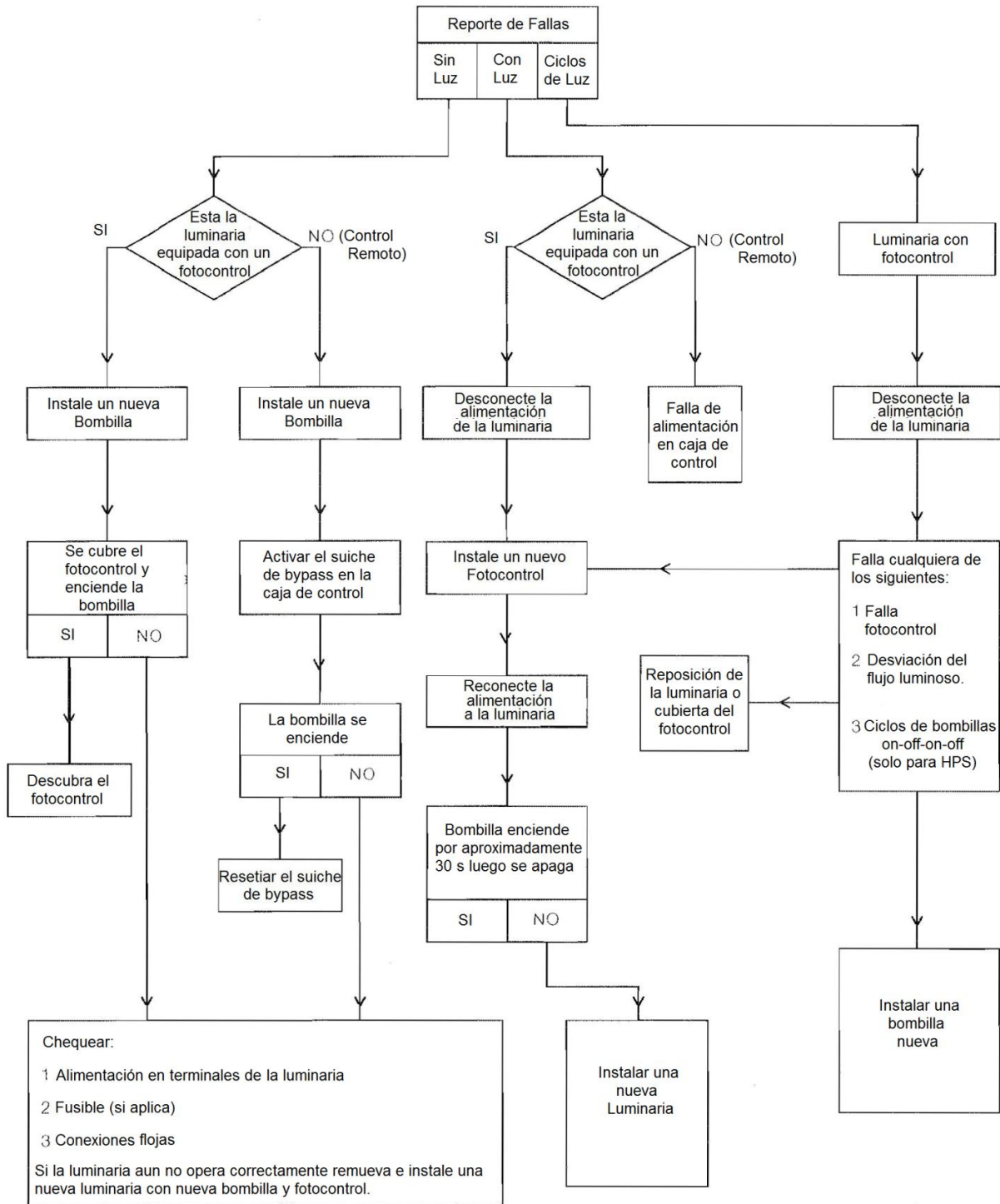


Figura 3. Diagrama de decisión ilustrativo
Fuente: adaptado de figura 14.1 AS/NZS 1158.1.2