REPÚBLICA DE COLOMBIA

PROYECTO DE MEJORAMIENTO LUMINICIO MUNICIPIO EL CARMEN DE VIBORAL

INFORME DE DISEÑO LUMINICO

EL CARMEN DE VIBORAL ANTIOQUIA
SEPTIEMBRE 2025

TABLA DE CONTENIDO

SEPTIEMBRE 2025 ..... **1**

1. OBJETIVOS. **4**

1.1. OBJETIVO GENERAL 4
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

2. ALCANCE **4**

2.1. NORMATIVIDAD APLICABLE 4
2.2. DEFINICIONES 4
2.3. ABREVIATURAS 13

3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO **14**

3.1. UBICACIÓN 14

4. DISEÑO FOTOMÉTRICO **15**

4.1. CATEGORIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO 18
CLASIFICACION DE LA VÍA. *18*
4.2. VALORES FOTOMÉTRICOS OBJETIVO 20
4.3. SELECCIÓN DE LUMINARIAS PROYECTADAS 20
4.4. COEXISTENCIA DE LUMINARIAS CON ARBOLES 20
4.5. FACTOR DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EXTERIOR 22
4.6. VALIDACIÓN DE SOFTWARE USADO EN DISEÑOS LUMINOTÉCNICOS 24
4.7. SISTEMA DE CONTROL MEDIANTE FOTOCONTROL 27
4.8. MÁXIMA DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA 27

5. RESUTADOS OBTENIDOS **30**

6. CONCLUSIONES **30**

7. DOCUMENTACION ADICIONAL – RETILAP – ANEXOS (CARPETAS) **30**

7.1. -1. MEMORIAS DE CÁLCULO 30
7.2. -4. FICHAS TÉCNICAS 30
7.3. -6. DOCUMENTOS DISEÑADOR 30
7.4. -9. FACTOR DE MANTENIMIENTO 30
7.5. -10. ESQUEMA Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO 30
7.6. -11. CERTIFICADOS DE PRODUCTO 30
7.7. -12. (DE) INDICADOR ANUAL DE CONSUMO 30
7.8. -13. (DP) DENSIDAD POTENCIA INSTALADA 30

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Vista geográfica CARMEN DE VIBORAL 14
Ilustración 2 Procesos asociados a un proyecto de alumbrado publico. 15
Ilustración 3Altura de Poda de Árboles 21
Ilustración 4 Angulo de Altura de Poda 21
Ilustración 5 Alcance del Angulo de la luminaria 21

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abreviaturas 13
Tabla 2 RETILAP 3.3.2.1.1. a Categorización de los proyectos de alumbrado público 19
Tabla 3 Niveles de Iluminación AP 20
Tabla 4 Referencias de luminarias utilizadas en el diseño 20

Tabla 5 Relación altura de montaje de luminaria vs altura de poda para lograr ángulo óptimo de cubrimiento de la luz sobre la vía. 21
Tabla 6 Clasificación de niveles de contaminación 22
Tabla 7 Valores del Factor de Depreciación Luminosa fLM 22
Tabla 8 FM para la clasificación vial objeto de diseño 23
Tabla 9 Programa Mantenimiento Luminarias 23
Tabla 10 Verificación Condiciones del Software 24
Tabla 11 Referentes normativos asociados al cumplimiento de software mediante declaración de conformidad. 27
Tabla 12 Usos, características y especificaciones del Fotocontrol 27
Tabla 13 Densidad de Potencia máxima Dp en W/lx*m2 28
Tabla 14 Indicador de consumo anual de energía De en kWh*m2 28
Tabla 15 Comparativa Potencia retirada (W) vs Potencia Instalada (W), El Carmen de Viboral 30

1. OBJETIVOS.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar los diseños de iluminación de alumbrado público para el municipio de El Carmen de Viboral para el proyecto ALUMBRADO PÚBLICO CIRCUNVALAR

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los niveles de iluminación que se deben cumplir.
- Caracterizar los perfiles de iluminación que se acomodan a la infraestructura existente.
- Validar el cumplimiento del cálculo de los indicadores de prestación energética, (D_P) y (D_E).

2. ALCANCE

El alcance de la presente memoria incluye el diseño de la iluminación exterior para las vías del municipio de CARMEN DE VIBORAL que atraviesan el casco urbano del municipio. Dando cumplimiento a los requisitos fotométricos establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, resolución 40150 de 03 de mayo de 2024.

2.1. NORMATIVIDAD APLICABLE

Se aplicarán los criterios del reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, presentados para la iluminación exterior en el titulo 3.

2.2. DEFINICIONES

- **Alcance:** Característica de una luminaria que indica la extensión que alcanza la luz en la dirección longitudinal del camino. Las luminarias se clasifican en: de alcance corto, medio o largo.
- **Altura de montaje (en una vía):** Distancia vertical desde un plano de referencia (por ejemplo, el suelo o el plano de trabajo), a una luminaria.
- **Arreglo LED:** Conjunto de diodos emisores de luz (LED), o matrices sobre una placa de circuito impreso o sustrato, puede incluir elementos ópticos e interfaces térmicas, mecánicas y eléctricas adicionales que están destinadas a conectarse al lado de carga de un controlador LED. La fuente de alimentación y la base estándar no están incorporadas en el conjunto de LED.
- **Balasto electrónico:** Dispositivos estabilizadores destinados a la alimentación de una o varias bombillas. También puede ser construido para reemplazar balastos electromagnéticos en sistemas de descarga.
- **Bombilla:** Fuente de luz eléctrica provista de al menos un casquillo o sistema de acople tipo socket o porta bombilla. Para los productos con las mismas características que las bombillas eléctricas para la iluminación general, pero construidos para emitir radiación óptica, principalmente en el espectro IR o UV, se suele utilizar el término "bombilla IR" o "bombilla UV".
- **Bombilla LED:** Fuente de luz LED provista de base única o base doble, o sistemas que se acoplen a dispositivos tipo socket o porta bombilla, o que incorpora uno o más módulos LED y posiblemente incluye uno o más componentes eléctricos, ópticos, mecánicos y térmicos, interfaces y equipos de control. Una bombilla LED puede ser integrada (bombilla LEDi), semi- integrada (bombilla LEDsi) o no integrada (Bombilla LEDni).
- **Bombilla LED integrada (LEDi):** Bombilla LED que incorpora el equipo de control y cualquier otro elemento adicional necesario para el funcionamiento estable de la fuente de luz, diseñada para la conexión directa a la tensión de alimentación.
- **Bombilla LED no integrada (LEDni):** Bombilla que necesita un equipo de control separado para su funcionamiento.

- **Bombilla LED semi integrada (LEDsi):** Bombilla LED que lleva la unidad de control del equipo de control y que funciona mediante una fuente de alimentación separada del equipo de control.
- **Bx o Fx (Fracción de falla):** Porcentaje x de un número de módulos LED del mismo tipo que en su vida nominal designa el porcentaje (fracción) de fallas. Esta fracción de falla expresa el efecto combinado de todos los componentes de un módulo, incluidos los mecánicos, en lo que respecta a la salida de luz. El efecto del LED podría ser menos luminoso de lo que se afirma o no tener luz en absoluto. Para los módulos LED, normalmente se aplica una fracción de falla del 10 % y/o 50 %, indicada como F_{10} y/o F_{50}.
- **Candela (cd):** Unidad del Sistema Internacional (SI) de intensidad luminosa. Una candela es igual a un lumen por estereorradián. Una candela se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de una frecuencia de 540 x 1012 Hz y en la cual la intensidad radiante en esa dirección es 1/683 W / sr.
- **Candela por metro cuadrado (cd/m^2):** Unidad de luminancia.
- **Certificación parcial:** Proceso de certificación de una instalación de un sistema de iluminación o alumbrado público por partes, es decir, la instalación no fue certificada plenamente.
- **Conjunto óptico:** Elementos necesarios para controlar y dirigir la luz producida por una o varias bombillas (refractor y/o reflector).
- **Certificación plena:** Proceso de certificación de una instalación de un sistema de iluminación o alumbrado público respecto del cumplimiento de los requisitos establecidos en el RETILAP, el cual consiste en la declaración de cumplimiento suscrita por la persona competente responsable del diseño de la instalación, la declaración de cumplimiento de la construcción de la instalación, acompañadas del dictamen de inspección.
- **Chip sobre tarjeta de circuito:** Este componente puede considerarse como un encapsulado LED o módulo LED cuando se usa como tal, comúnmente conocido como CoB, por sus siglas en inglés Chip on Board.
- **Conjunto óptico:** Conjunto de elementos necesarios para controlar y dirigir la luz producida por una o varias fuentes de luz o módulos LED (pueden incluir lentes, refractor y/o reflector).
- **Contaminación lumínica:** Conjunto de todos los efectos adversos de la luz artificial que influyen en la atmosfera y que generan disminución de la percepción visual astronómica.
- **Declaración de conformidad del proveedor:** Certificación emitida por la persona o la organización que suministra el producto, responsable en Colombia respecto a la conformidad de este con el Reglamento técnico.
- **Declaración de cumplimiento:** Documento público que es emitido bajo la gravedad de juramento en el que se asegura que la instalación cumple con todos los requisitos del presente Reglamento que le apliquen y que se constituye en documento fundamental del proceso de certificación, suscrita por los profesionales competentes responsables del diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de sistemas de iluminación, quienes asumen la responsabilidad de los efectos de la instalación de iluminación.
- **Depreciación luminosa de una fuente luminosa:** Relación entre la salida de lúmenes de la bombilla después de un período prolongado de funcionamiento en condiciones de funcionamiento nominales y su salida de lúmenes inicial en las mismas condiciones de funcionamiento.
- **Depreciación lumínica:** Disminución gradual de emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.
- **Deslumbramiento:** Sensación producida por luminancias dentro del campo visual que son suficientemente mayores que la luminancia a la que los ojos están adaptados para causar molestia, incomodidad o pérdida de rendimiento visual o de visibilidad. Existen dos tipos de deslumbramiento, molesto o discapacitante. La magnitud de la sensación del deslumbramiento depende de factores como el tamaño, la posición y la luminancia de la fuente, el número de fuentes y la luminancia a la que los ojos están adaptados.
- **Diagrama polar:** Gráfica en 2D que representa en coordenadas polares la distribución de las intensidades luminosas distribuidas en el espacio, en planos definidos por ángulos C. Generalmente se representan los planos C = 0° -180°, C = 90° -270° y para alumbrado público el plano que contenga la

intensidad máxima. Las curvas de intensidad luminosa se expresan e indican ya sea en candelas (cd) o en candelas por 1000 lm (cd/klm).

- **Difusor:** Dispositivo utilizado para proteger el bloque conjunto óptico de una luminaria o fuente luminosa, también puede ser usado para redirigir o dispersar la luz.
- **Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias:** Componente electrónico diseñado para limitar las sobretensiones transitorias y conducir las corrientes de impulso, contiene al menos un elemento no lineal.
- **Driver (Equipo de alimentación y/o control o Controlgear):** Fuente de alimentación eléctrica o electrónica, o equipo de control LED (controlgear for LED module; LED controlgear). El cual se encuentra entre la alimentación eléctrica y uno o más módulos LED que sirve para la alimentación de estos dispositivos a su tensión o corriente nominal y que puede consistir en una o más partes separadas; puede incluir medios para la regulación de niveles de luz emitida, corrección del factor de potencia y la supresión de radio interferencias, además de otras funciones de control. El equipo puede consistir en una fuente de alimentación y en una unidad de control, o puede estar integrado total o parcialmente con el módulo o módulos LED.
- **Eficacia luminosa:** Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa o luminaria y la potencia consumida por la misma. Se expresa en lúmenes/vatio (lm/W). El término eficacia luminosa se puede aplicar a un solo componente, múltiples componentes, o en conjunto con cualquier equipo de control eléctrico asociado. El usuario deberá indicar si el valor expresado se refiere a la fuente, o a una luminaria completamente ensamblada.
- **Eficiencia de una luminaria:** El flujo luminoso emitido por una luminaria, dividido por el flujo luminoso emitido por la(s) fuente(s). También conocida como relación de salida de luz (light output ratio, LOR).
- **Factor de depreciación del flujo luminoso (f_{LF}):** Expresa la depreciación del flujo luminoso a lo largo del tiempo debido al envejecimiento de la fuente luminosa o luminaria durante el funcionamiento normal (excluyendo factores externos). Se define como la relación entre el flujo luminoso depreciado (en un momento dado de su vida) y su flujo luminoso inicial.
- **Factor de mantenimiento (FM):** Coeficiente de la iluminancia producida por la instalación de iluminación tras el periodo de vida definido y la iluminancia producida por la instalación cuando está nueva.
- **Factor de mantenimiento de la luminaria (fLM):** Expresa la salida relativa de la luminaria debido a la suciedad depositada sobre las fuentes luminosas, componentes ópticos u otros componentes que influyen en el rendimiento de la luminaria.
- **Factor de mantenimiento de la superficie (fSM):** Se define como la relación entre la luz reflejada por las superficies de una habitación después de un cierto periodo de uso de la instalación de luz, y la luz reflejada cuando la instalación se considera convencionalmente nueva. La depreciación de la reflexión de la superficie se tendrá en cuenta mediante el factor de mantenimiento de la superficie. Para aplicaciones en interiores, se refiere a todas las superficies reflectantes relevantes, como paredes y techos. Este factor se basa en la distribución de la luminaria, la reflectancia de las superficies principales (techo / pared / suelo), la categoría de contaminación ambiental y el intervalo de renovación de la superficie.
- **Factor de mantenimiento del flujo luminoso:** Factor usado en el cálculo de la luminancia e iluminancia después de un período dado y en circunstancias establecidas. Tiene en cuenta la hermeticidad de la luminaria, la depreciación del flujo luminoso de la fuente luminosa, la clasificación de los niveles de contaminación del sitio y el período de operación (limpieza) de la luminaria.
- **Factor de supervivencia (fS):** Expresa la probabilidad de que la fuente luminosa y/o luminaria continúen funcionando en un momento dado. también es considerado como la fracción del número total de bombillas que continúan funcionando en un instante dado en condiciones definidas y la frecuencia de conmutación.
- **Familia de productos:** Conjunto de productos que pertenecen al mismo modelo, que son iguales en forma, cuyas características constructivas y de operación se ajustan simultáneamente a los parámetros y valores de agrupación técnicos y/o funcionales.
- **Flujo Hemisférico Superior (FHS):** Se define como el porcentaje de flujo de una luminaria o instalación que se emite por encima del plano horizontal, cuando la luminaria o luminarias están instaladas. Dicho plano corresponde al ángulo γ = 90° en el sistema de representación (C, γ). El flujo hemisférico se expresa

como un porcentaje del flujo total emitido por la luminaria. Conocido también como Upward light ratio (ULR).

- **Flujo luminoso (Φ):** Generación de radiación visible de una fuente luminosa por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).
- **Fotometría:** Medición de cantidades asociadas con la luz. La fotometría puede ser visual cuando se usa el ojo para hacer una comparación, o física cuando las mediciones se hacen mediante receptores físicos.
- **Fuente luminosa:** Dispositivo que emite energía radiante capaz de excitar la retina y producir una sensación visual.
- **Fuente luminosa integrada:** Bombilla eléctrica (fuente luminosa) que no se puede desmontar sin sufrir daños permanentes, que puede incorporar equipo de control y todos los elementos adicionales necesarios para el arranque y funcionamiento estable de la fuente de luz, diseñada para conexión directa a la tensión de alimentación.
- **Fotocontrol:** Dispositivo utilizado, normalmente, para conectar y desconectar en forma automática luminarias de alumbrado público en función de la variación del nivel luminoso. Los fotocontroles usados comúnmente son del tipo electromagnético y/o electrónico.
- **Iluminancia (E):** Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).
- **Iluminancia cilíndrica (Ev,c;Ec):** Valor medio de iluminancia en la superficie curva exterior de un cilindro muy pequeño (real o imaginario) que está orientado verticalmente en un punto en el espacio. La iluminancia cilíndrica a veces también se define como la media aritmética de la iluminancia vertical, Ev,v, en un punto. Se expresa en lux ($lx = lm \cdot m^2$).
- **Iluminancia horizontal (E_h):** Iluminancia en un plano horizontal, se expresa en lux ($lx = lm \cdot m^2$). Iluminancia vertical (Ev,v;Ev): Iluminancia en un plano vertical, se expresa en lux ($lx = lm \cdot m^2$).
- **Iluminancia promedio inicial (E_i):** Iluminancia promedio en una superficie específica cuando la instalación de iluminación es nueva.
- **Iluminancia promedio mantenida (E_m):** Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia promedio en el área especificada. Es la iluminancia media (iluminancia promedio) sobre la superficie especificada en el momento en que se debe realizar el mantenimiento. La iluminancia promedio mantenida se expresa en lux ($lx = lm \cdot m^2$).
- **Incremento de umbral (TI):** Medida de deslumbramiento de discapacidad expresada como el aumento porcentual en el contraste requerido entre un objeto y su fondo para que el objeto se vea igualmente bien con una fuente de deslumbramiento presente. Valores altos de TI corresponden a un mayor deslumbramiento incapacitante.
- **Índice de reproducción cromática (IRC):** Corresponde a una medida del grado de cambio de color que experimentan los objetos cuando son iluminados por la fuente de luz, en comparación con el color de esos mismos objetos cuando son iluminados por una fuente de referencia de temperatura de color comparable. También conocido como CRI, por sus siglas en inglés Colour Rendering Index o también como índice de rendimiento de color (R_a).
- **Intensidad luminosa de una fuente puntal de luz en una dirección dada (I):** Cantidad de flujo luminoso en cada unidad de ángulo sólido en la dirección en cuestión. Por lo tanto, es el flujo luminoso sobre una pequeña superficie centrada y normal en esa dirección, dividido por el ángulo sólido (en estereorradianes) el cual es subtendido por la superficie en la fuente I. La intensidad luminosa puede ser expresada en candelas (cd) o en lúmenes por estereorradián (lm/sr).
- **Instalación de iluminación:** Parte de un sistema de iluminación que comprende las luminarias y sus estructuras de soporte, instaladas en la ubicación o propiedad en cuestión. Se consideran como Instalaciones de sistemas de iluminación los circuitos eléctricos de alimentación, las fuentes luminosas, las luminarias y los dispositivos de control, soporte y fijación que se utilicen exclusivamente para la iluminación interior y exterior de bienes de uso público o privado, dentro de los límites y definiciones establecidos en el presente Reglamento.
- **Led (Diodo Emisor de Luz):** Dispositivo de estado sólido que incluye una unión p-n y que emite una radiación óptica incoherente bajo la acción de una corriente eléctrica. Expresión tomada de su nombre

(Light Emitting Diode). La emisión de radiación puede estar en las regiones de longitud de onda ultravioleta, visible o infrarroja.

- **Lente óptico:** dispositivo óptico utilizado en la transmisión, refracción, convergencia y divergencia del haz de luz emitido por el chip LED, desarrollado para conseguir una distribución óptima de la luz transmitiendo la mayor parte del flujo luminoso de la fuente y a su vez protegiendo al chip LED del contacto con el ambiente.
- **Lumen (lm):** Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.
- **Luminancia (L):** En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. (Cd/m^2). Bajo el concepto de intensidad luminosa, la luminancia puede expresarse como: $L = (dI\ dA)*(1/\ cos\Phi)$.
- **Luminancia de velo (Para deslumbramiento discapacitante) (Lvelo):** Luminancia que se superpone a la imagen de la retina y reduce el contraste por la luz parásita en el ojo, esta se expresa en candelas por metro cuadrado (cd/m^2).
- **Luminancia de velo equivalente (Para deslumbramiento discapacitante o reflejos de velo) (Lv):** Luminancia que, cuando se suma por superposición a la luminancia tanto del fondo que se adapta como del objeto, hace que el umbral de luminancia o el umbral de diferencia de luminancia sea el mismo en las dos siguientes condiciones:
- Deslumbramiento presente, pero sin luminancia adicional.
- Presencia de luminancia adicional, pero sin deslumbramiento.
- La luminancia del velo equivalente se expresa en candelas por metro cuadrado (cd/m^2).
- **Luminaria:** Aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.
- **Luminaria Clase 0:** Luminaria en que la protección contra las descargas eléctricas recae sobre el aislamiento principal. Esto implica que no hay medios para la conexión de las partes conductoras accesibles, si las hay, a un conductor de protección que forme parte del cableado fijo de la instalación, descansando la protección, en caso de falla del aislamiento principal, sobre el medio circundante. Las luminarias Clase 0 pueden tener, un encerramiento de material aislante que constituya una parte o el conjunto del aislamiento principal o un encerramiento metálico separado de las partes vivas por al menos un aislamiento principal.Si una luminaria con encerramiento de material aislante permite la conexión de partes internas a tierra, la luminaria será de Clase I.
- **Luminaria Clase I:** Luminaria en la que la protección contra las descargas eléctricas no recae exclusivamente sobre el aislamiento principal, sino que tienen una medida de seguridad suplementaria bajo la forma de medios de conexión de las partes conductoras accesibles, a un conductor de protección puesto a tierra, formando parte del cableado fijo de la instalación, de tal manera que las partes conductoras accesibles no puedan llegar a ser peligrosas en caso de defecto del aislamiento principal. Para una luminaria destinada a utilizarse con un cable flexible o cordón, estos medios comprenden un conductor de protección formando parte del cable flexible.
- Las luminarias Clase I pueden tener partes con doble aislamiento o aislamiento reforzado.
- Las luminarias Clase I pueden tener partes en las que la protección contra las descargas eléctricas dependa del funcionamiento a Muy Baja Tensión de Seguridad (SELV, por sus siglas en inglés Safety Extra Low Voltage).
- **Luminaria Clase II:** Luminaria en que la protección contra las descargas eléctricas no recae únicamente sobre el aislamiento principal, sino que comprende medidas de seguridad suplementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado y en las que no existen medios de puesta a tierra de protección o dependencia de las condiciones de la instalación.

- **Luminaria Clase III:** Luminaria en la que la protección contra las descargas eléctricas recae en la alimentación con muy baja tensión de seguridad (SELV) y en la que no se generan tensiones superiores a la muy baja tensión de seguridad.
- **Lux (lx):** Unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado (1 lx = 1 lm/m^2).
- **Malla de cálculo:** Distribución de puntos de cálculo, que se superpone sobre el área que se pretende iluminar, en la que se muestra la cantidad de luz que llega a determinada ubicación desde las luminarias seleccionadas en el diseño, que permite evaluar la distribución de la luz en un espacio determinado.
- **Malla de medición:** Malla de cálculo que se utiliza para ubicar puntos de medición en el espacio para evaluar la cantidad de iluminación real en el área de medición. Estos puntos de medición se ubican para medir los niveles de iluminación en el área diseñada.
- **Modelo de un producto:** Denominación dada a un equipo en consideración al cumplimiento de un conjunto de características funcionales y técnicas, las cuales definen una condición específica de prestación de servicio y desempeño. Tal denominación no incluye diferenciación por características estéticas del producto.
- **Módulo LED:** Fuente de luz LED que no tiene casquillo, que incorpora uno o más encapsulados LED en un circuito impreso y la posibilidad de incluir uno o más de los siguientes elementos: componentes eléctricos, ópticos, mecánicos y térmicos, interfaces y equipos de control. Un módulo LED puede ser integrado (módulo LEDi, tipo 1), semi integrado (módulo LED_{si}, Tipo 2) o no integrado (módulo LED_{ni}, Tipo 3). El módulo LED está normalmente diseñado para formar parte de una bombilla LED o una luminaria LED.
- **Módulo LED integrado (Módulo LED_i):** Módulo LED que incorpora el dispositivo de control y cualquier otro elemento adicional necesario para el funcionamiento estable de la fuente de luz, diseñado para la conexión directa a la tensión de alimentación. Los módulos LEDi se designan como "Tipo 1".
- **Módulo LED no integrado (Módulo LED_{ni}):** Módulo que necesita una circuitería de control o un equipo de control separado para su funcionamiento. Los módulos LED_{ni} se designan como "Tipo 3". Se consideran como una matriz de LED, uno o más encapsulados LED en un circuito impreso o un substrato en una estructura geométrica. No se incluyen más elementos adicionales como componentes eléctricos, ópticos, mecánicos o térmicos.
- **Módulo LED semi integrado (Módulo LED_{si}):** Módulo LED que lleva la unidad de control del equipo de control y que funciona mediante una fuente de alimentación separada del equipo de control. Los módulos LED_{si} se designan como "Tipo 2".
- **Módulo lineal flexible LED:** Placa de circuito flexible con diodos emisores de luz (LED) montados en la superficie y cualquier otro elemento adicional necesario para el funcionamiento estable de la fuente de luz. Generalmente vienen con adhesivo en su respaldo y también son conocidos como cinta LED, ribbon light, LED tape o LED strip light.
- **Matriz de Intensidades:** Tabla que, en función de los ángulos C y el ángulo γ, define los valores de intensidad luminosa que suministra la luminaria en cualquier punto a su alrededor. Los datos de intensidad luminosa se pueden dar en candelas por 1.000 lm (Cd/Klm).
- **Organismo de acreditación:** Entidad que acredita los organismos de certificación e inspección y laboratorios de pruebas y ensayos que hagan parte del Subsistema Nacional de la Calidad.
- **Persona competente:** Es la persona natural que ha adquirido conocimientos y habilidades y ha demostrado su formación a través de matrícula profesional vigente, que según la normatividad legal lo autorice o acredite para el ejercicio de la profesión.
- **Plano de trabajo:** Superficie de referencia definida como el plano en el que normalmente se realiza el trabajo.
- **Potencia en modo de espera de la luminaria:** Potencia eléctrica consumida por la luminaria durante el periodo en el que la fuente o fuentes de luz no están en funcionamiento, la cual se expresa en vatios (W). Para luminarias de iluminación de emergencia, no se incluye la potencia de carga nominal de iluminación de emergencia.

- **Productor para Colombia:** Quien de manera habitual, directa o indirectamente, produzca, fabrique, ensamble o importe productos. También se considera productor, quien produzca, fabrique, ensamble, o importe productos sujetos al Reglamento técnico.
- **Proporción de falla, F:** Proporción de la población que ha perdido la capacidad de realizar una determinada función en un intervalo de tiempo especificado. La proporción de falla es adimensional.
- **Proyector:** Aparato de iluminación que concentra la luz en un ángulo sólido limitado, con el fin obtener un valor de intensidad luminosa elevado.
- **Reflectancia de una superficie o medio:** Relación entre el flujo reflejado y el flujo incidente. Se expresa en %.
- **Reflector:** Dispositivo que utiliza predominantemente la reflexión para alterar la distribución espacial de la radiación de una fuente. Además de la reflexión, un reflector también puede tener un ligero efecto de difusión y absorción.
- **Reflexión:** Término general para el proceso mediante el cual el flujo incidente deja una superficie (estacionaria) o medio desde el lado incidente sin cambios en la frecuencia. La reflexión suele ser una combinación de reflexión especular (regular) y reflexión difusa.
- **Reflexión difusa:** Proceso por el cual el flujo incidente es redirigido sobre un rango de ángulos.
- **Reflexión especular (regular):** Proceso mediante el cual el flujo incidente es redirigido en el ángulo especular. También llamada reflexión regular.
- **Refracción:** Proceso mediante el cual la dirección de un rayo de luz cambia cuando pasa oblicuamente de un medio a otro en el que su velocidad es diferente.
- **Refractor:** Dispositivo utilizado para redirigir el flujo luminoso de una fuente, principalmente por el proceso de refracción.
- **Rendimiento visual:** Es el término usado para describir la velocidad con la que funciona el ojo, así como la precisión con la cual se puede llevar a cabo una tarea visual. El valor del rendimiento visual para la percepción de un objeto se incrementa hasta cierto nivel al incrementar la iluminancia o la luminancia del local. Otros factores que influyen sobre el rendimiento visual son el tamaño de la tarea visual y su distancia al observador, así como los contrastes de color y luminancia.
- **Resistencia térmica de un módulo LED, R_θ:** Cociente de la diferencia de temperatura termodinámica por el flujo térmico correspondiente desde el módulo LED al disipador térmico y se expresa en $K.W^{-1}$ Los puntos de medida deberían situarse en la unión, en la tarjeta o en el ambiente, siendo la localización de cada uno de ellos determinada por el fabricante o vendedor responsable.
- **Servicio de Alumbrado Público:** Es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un Municipio o Distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público.
- Parágrafo: La iluminación de las zonas comunes en las unidades inmobiliarias cerradas o en los edificios o conjuntos residenciales, comerciales o mixtos, sometidos al régimen de propiedad respectivo, no hace parte del servicio de alumbrado público y estará a cargo de la copropiedad o propiedad horizontal. También se excluyen del servicio de alumbrado público la iluminación de carreteras que no estén a cargo del Municipio o Distrito.
- **Sistema de iluminación:** Componentes de la instalación de iluminación y sus interrelaciones para su operación y funcionamiento.
- **Sistema de Alumbrado Público:** Comprende el conjunto de luminarias, redes eléctricas, transformadores de uso exclusivo y en general, todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público, que no formen parte de las redes de uso general del sistema de distribución de energía eléctrica.
- **Temperatura ambiente de funcionamiento (Ta):** es el valor máximo o rango adecuado de temperatura ambiente bajo el cual equipo de iluminación fue diseñado para su correcto funcionamiento, se expresa en grados centígrados (°C).

- **Temperatura de color (De una fuente luminosa):** Temperatura absoluta de un cuerpo negro que al ser calentado a una determinada temperatura adquiere una cromaticidad igual a la que tiene la fuente luminosa. Se mide en Kelvin (K).
- **Temperatura de funcionamiento (Tp):** Temperatura relacionada con el funcionamiento del módulo LED, se expresa en grados Celsius (°C) y se mide en un punto tp dado.
- **Temperatura de unión o juntura (Tj):** Temperatura en la unión p-n, expresada en la escala Celsius o de grados centígrados (°C).
- **Temperatura superficial del cuerpo (Tc):** es la temperatura que puede poseer la carcasa o cuerpo de una luminaria, modulo led o fuente de alimentación eléctrica o electrónica.
- **Temperatura máxima nominal de funcionamiento (Tp,nn):** Temperatura más elevada en el punto Tp relacionada con el funcionamiento del módulo LED, declarada por el fabricante o vendedor responsable, expresada en la escala Celsius o de grados centígrados (°C). La localización de Tp y Tc puede ser diferente. Para un funcionamiento dado, la temperatura Tp,nn es un valor fijo, no variable, en el que nn, el número en el subíndice, indica la vida declarada correspondiente, en kilohoras , por ejemplo, Tp,60, donde nn = 60, representa una vida declarada de 60 000 h. Puede haber más de una temperatura Tp,nn, dependiendo de la vida especificada.
- **Temperatura nominal máxima (Del conjunto eléctrico de luminaria):** Temperatura máxima permisible que puede ocurrir en la superficie externa (en un punto determinado, si está marcado) bajo condiciones normales de operación a la tensión nominal o la tensión máxima del rango nominal de tensión.
- **Tensión nominal de alimentación:** Valor de la tensión eléctrica de alimentación especificado por el fabricante y según el cual se determinan las condiciones de aislamiento y de funcionamiento de un equipo. Se expresa como un valor numérico, cuya unidad de medida es el voltio (V).
- **Tiempo de estabilización:** Tiempo requerido por la fuente de luz LED o por la luminaria LED para obtener una emisión de flujo luminoso y consumo de potencia eléctrica estables con una entrada eléctrica constante.
- **Transmisión (De la luz):** Término general usado para referirse al proceso mediante el cual el flujo incidente deja una superficie o un medio por un lado diferente al del lado incidente, sin experimentar cambio de frecuencia. La transmisión a través de un medio suele ser una combinación de transmisión regular y transmisión difusa.
- **Transmisión difusa:** Proceso por el cual el flujo incidente que pasa a través de una superficie o medio se dispersa.
- **Uniformidad de iluminancia:** Relación entre la iluminancia mínima y la iluminancia media de una superficie calculada/medida.
- **Uniformidad de luminancia:** Relación entre la luminancia mínima y la luminancia media de una superficie calculada/medida.
- **Uniformidad longitudinal de la luminancia de la superficie de la carretera (U_L):** Relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima en la dirección longitudinal a lo largo de la línea central de cada carril. La uniformidad longitudinal de la luminancia de la superficie de la carretera tiene unidad uno.
- **Uniformidad general de la luminancia de la superficie de la carretera:** Relación entre la luminancia mínima en un punto y la luminancia media de la superficie de la carretera en un área de evaluación. Cuando el valor de luminancia se refiere únicamente a la parte de la calzada de la carretera, puede denominarse "luminancia de la calzada". La uniformidad general de la luminancia de la superficie de la carretera tiene unidad uno.
- **Vida útil:** Es el periodo de tiempo que se espera tener en servicio el activo en condiciones garantizadas por el fabricante o proveedor.
- **Visión fotópica:** Estado operativo del sistema visual que se produce a luminancias superiores a aproximadamente 10 cd/m^2. Para estas luminancias, la respuesta visual está dominada por los fotorreceptores de cono y se pueden percibir los colores.
- **Visión mesópica:** Este estado operativo del sistema visual es intermedio entre los estados fotópico y escotópico. En el estado mesópico, tanto los conos como los bastones están activos. El rango de luminancias se encuentra aproximadamente entre 0,001 cd/m^2 y 10 cd/m^2.

- **Vida promedio (de un lote de fuentes luminosas):** Promedio de tiempo transcurrido, expresado en horas, de funcionamiento de un lote de fuentes luminosas, antes de que haya dejado de funcionar la mitad de dicho lote.
- **Vida física (de una fuente luminosa):** Promedio de tiempo transcurrido, expresado en horas, antes de que la fuente luminosa deje de funcionar completa y definitivamente, por haberse dañado cualquiera de sus componentes, sin que hayan interferido influencias externas.
- **Vida económica (de una fuente luminosa):** Período de tiempo transcurrido, expresado en horas, hasta cuando la relación entre el costo de reposición de la fuente luminosa y el costo de los lúmenes – hora que sigue produciendo ya no es económicamente favorable- La vida económica depende, por consiguiente, del costo de las fuentes luminosas de reemplazo, del costo de su instalación en el portabombilla (mano de obra) y del costo de la energía eléctrica.
- **Vida útil (de una fuente luminosa):** Período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso sea el 70 % del flujo luminoso total.
- **Vida útil expresada en LXX BYY, para LED:** número determinado de horas en la cual la emisión de luz de las luminarias LED instaladas es menor o igual a XX% para un YY% de la población, a una temperatura ambiente definida.
- **Vida normal (de una bombilla de descarga):** Periodo de funcionamiento a tensión nominal, expresado en horas, en ciclos de diez horas, en la posición recomendada por el fabricante.

2.3. ABREVIATURAS

La Tabla 1 presenta las abreviaturas relacionadas en el presente documento:

ABREVIA TURA	SIGNIFICADO
Uo	Uniformidad de iluminancia
L	Luminancia
Lprom	Luminancia promedio
Q	Energía radiante
Dp	Indicador de densidad de potencia (PDI)
DE	Indicador de consumo anual de energía (AECI)
VEEI	Valor de eficiencia energética de la instalación
E	Iluminancia
Ē	Iluminancia promedio
Ēi	Iluminancia inicial
Ēm	Iluminancia mantenida
Ēm,pared	Iluminancia en paredes
Ēm,techo	Iluminancia en techos
Ēm,z	Iluminancia cilíndrica media mantenida
Ēz	Iluminancia cilíndrica promedio
Fm	Factor de mantenimiento
TCP	Temperatura de color correlacionada
UGR	Índice de deslumbramiento unificado (Unified Glare Rating)
UGRL	Valor límite del índice de deslumbramiento unificado
lx	Lux
n	Eficacia luminosa
P	Reflectancia de una superficie
ΦR	Flujo luminoso reflejado
Φi	Flujo luminoso incidente
C	Contraste
q	Coeficiente de luminancia
Eh	Iluminancia horizontal en el punto p.
r	Coeficiente reducido de luminancia
Qo	Coeficiente promedio de luminancia
M1...M6	Clases de Iluminación para vías vehiculares
v	Velocidad de circulación
T	Tránsito de vehículos
S1	Factor especular 1
S2	Factor especular 2
Kp	Factor especular
qp	Factor de luminancia para incidencia vertical
R1...R4	Clases de superficie
T.I.	Incremento de umbral
Lv	Luminancia de velo equivalente
Lvelo	Luminancia de velo
UL	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia
lm	Lumen
λ	Longitud de onda
CRI o Ra	Índice de reproducción cromática
AOM	Administración, operación y mantenimiento

Tabla 1. Abreviaturas

3. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

3.1. UBICACIÓN

El proyecto de iluminación de alumbrado público está ubicado en el municipio de Carmen de Viboral CRA 27 entre calles 18 y 41.



Ilustración 1 Vista geográfica CARMEN DE VIBORAL

4. DISEÑO FOTOMÉTRICO

Para realizar el diseño de la iluminación vial se sigue la siguiente metodología de diseño:



Ilustración 2 Procesos asociados a un proyecto de alumbrado publico.

1) Los requisitos de visibilidad donde la iluminación proporcionada por un sistema de alumbrado público debe ser adecuados para permitir el desarrollo normal y proporcionar una percepción de seguridad en la movilidad tanto vehicular como peatonal, así como de otras actividades que puedan realizarse de manera habitual en espacios públicos. Dicha percepción de seguridad se logra si el alumbrado permite apreciar oportunamente el entorno y evitar obstáculos a los usuarios que circulan a las velocidades permitidas por la ley. El diseñador debe tener en cuenta las condiciones de velocidad de desplazamiento, densidad de tráfico, distancias de observación y Condiciones ambientales que definen el trabajo visual a realizar por los usuarios de tales espacios, con los cuales deben establecer los parámetros adecuados para su diseño, tal que garanticen la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual.

2) La cantidad y calidad de luz es el objetivo del alumbrado público, para proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios públicos de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, sin comprometer la percepción visual adecuada del entorno, la seguridad de las personas y el confort visual.

3) Verificar que no se violen los indicadores de densidad de potencia instalada. Tales parámetros se deben mantener dentro de los límites permitidos por el Reglamento durante toda la vida útil de la instalación con la que se ha definido el diseño de la instalación.

Brindar una comodidad visual donde se debe entender como la calidad del sistema de iluminación que permite su aprovechamiento sin generar cansancio visual y tensión nerviosa, con ella aportará la seguridad en la circulación por los espacios públicos. Tal comodidad se relaciona con niveles apropiados de adaptación del ojo humano y principalmente con niveles de uniformidad apropiados que estimulan la concentración y, por ende, facilitan la reacción de conductores y peatones.

4) Se debe verificar que los valores de relación de entorno (EIR) se encuentren dentro de los valores requeridos por el presente Reglamento (Véase la CIE 136, CIE 140 y CIE 115 últimas versiones o las que las reemplacen). Para vías que involucren peatonales y ciclorrutas adyacentes, estos espacios deben cumplir los niveles de iluminación estipulados en el presente Reglamento en la Tabla 3.3.1.2.a., y no es necesario considerar este factor.

5) El Uso Racional y Eficiente de la energía debe ser proyectos tenidos en cuenta en todos los de alumbrado público y tener en cuenta las demás leyes nacionales que lo fomentan. Cuando sea posible y no

comprometa la seguridad de las personas, se debe incentivar el uso de sistemas de dimerización, sonorización, tele gestión e integración a futuro con sistemas de pueblos inteligentes, con el fin de disminuir el consumo de energía. Nota: Para vías de circulación vehicular no se debe hacer uso de sistemas de dimerización.

6) Determinar las condiciones ambientales, así como las condiciones particulares del medio donde se implementará la instalación, en especial aquellas que impliquen contaminación ambiental, presencia de agentes corrosivos, características climáticas del sitio, viabilidad y periodicidad del mantenimiento, para determinar las características de los productos que resulten necesarios para el desarrollo del proyecto, las cuales se deben reflejar en el diseño. Se debe tener especial cuidado con el tema de arborización, donde en los sistemas de alumbrado existentes que tengan postes a menos de un metro de distancia de un árbol y la luminaria quede ubicada dentro de la copa del árbol, el operador de alumbrado público debe proponer la solución para cumplir con la coexistencia con estas especies, y que la luminaria quede sin ningún tipo de obstáculo por parte del follaje. Esto se puede lograr ya sea por traslado de postes, utilización de brazos más largos, entre otros (ver numeral 3.3.1.7. Coexistencia de luminarias con árboles en las vías).

7) Seguir los requerimientos de las normas de urbanismo y el Plan de Ordenamiento Territorial – POT de cada ciudad o municipio, donde deben estar estipuladas las clasificaciones de las vías de acuerdo con su importancia, flujo vehicular en vehículos carril por hora, velocidad de diseño y topología, por lo que se debe considerar el estilo arquitectónico predominante en el sector donde se proyecta la instalación. Se resalta que el diseño fotométrico prima sobre el diseño urbanístico.

8) En los sistemas de alumbrado público existente que hagan uso de la infraestructura de redes eléctricas compartidas, se deben realizar los ajustes necesarios para dar cumplimiento a los niveles de iluminación exigidos en el presente Reglamento, de tal forma que se realicen las respectivas modificaciones en la infraestructura existente, cuando sea el caso, consistentes en la adición de postes, modificación de longitudes del brazo, cambios en ubicación de postes o soportes, potencias de las luminarias, etc.

9) En plazas públicas y vías con identidad histórica o turística, definidas por las autoridades municipales, es necesario mantener el estilo, el color y la distribución, de tal manera que resulten concordantes con las prescripciones arquitectónicas. Así mismo, es importante considerar el uso típico de la vía, bien sea peatonal, ciclorruta o para vehículos automotores. Para cada caso, se deben las distribuciones y equipos que mejoren el impacto visual de la instalación.

10) Los diseños se deben realizar con recubrimiento en concreto usado R2 (Qo 0,07) y para asfalto usado R3 (Qo 0,07) según corresponda al tipo de recubrimiento (no se aceptan diseños para superficies nuevas), o de acuerdo con los criterios adaptados para caso como se menciona a continuación.

11) Para vías con destino histórico o turístico donde los recubrimientos sean diferentes de asfalto o concreto, el cálculo de iluminación de la vía se debe realizar de la siguiente forma:

a. Si el recubrimiento es adoquín gris se puede realizar el cálculo con recubrimiento R2 Qo(0,07).

b. Si es adoquín color ladrillo o vía empedrada se debe realizar con recubrimiento R3 Qo(0,07).

12) Para el caso de vías sin pavimento se debe realizar el cálculo con recubrimiento R2 Qo(0,07). En estos casos solamente se realizará verificación del cumplimiento con base en lo estipulado en el Libro 4 del presente Reglamento, mediante el método de medición de los 9 puntos o el método de medición para iluminancia de acuerdo con la norma CIE 140, cuando al realizar la medición por el método de los 9 puntos no concuerden los datos con los resultados entregados en la memoria de cálculo, donde se debe realizar el cálculo de iluminación de la calzada en luminancia, pero la corroboración de datos se hará en iluminancia.

13) La iluminación del sistema de alumbrado público debe permitir, en particular, ver en conjunto el campo visual del conductor, el cual incluye las aceras o zonas peatonales, separadores, cruces peatonales y vehiculares, la señalización y en general toda la geometría de la vía, por lo cual la memoria de cálculo debe incluir todas las zonas en el mismo cálculo.

14) En el diseño de la instalación de alumbrado se debe considerar en una misma memoria de cálculo la iluminación de aceras y ciclorrutas, limitando los valores de deslumbramiento de acuerdo con lo exigido en el presente Reglamento y manteniendo la estética de la instalación.

15) En instalaciones de sistemas de iluminación en carreteras se debe asegurar la continuidad visual sobre el carril de circulación teniendo en cuenta la geometría de la vía, a fin de elevar la seguridad en función de la velocidad de circulación.

16) El diseñador debe tener en cuenta tres variables al seleccionar o asignar la Clase de Iluminación en el diseño de una instalación de alumbrado público para una determinada vía:

a. La velocidad de circulación.

b. La frecuencia y naturaleza de los obstáculos posibles en la vía.

c. El tipo de usuario en la vía.

17) Se debe tener en cuenta la geometría de la vía (rectilínea, curva), el número de carriles de circulación, las reglas de tránsito, la superficie de la vía y las guías visuales, así como los puntos particulares que se pueden encontrar sobre ella (cruces, puentes, túneles, etc.).

18) En principio, todas las vías que responden de manera similar a los criterios definidos anteriormente pueden ser iluminadas de manera idéntica. En consecuencia, las vías se pueden agrupar en varios conjuntos, con el objetivo que responden a un mismo tipo de iluminación, en función de los finos perseguidos, diferentes para cada uno de ellos, pero bien caracterizados para un mismo conjunto.

19) Para la corroboración de los niveles de iluminación en campo, utilizando los recubrimientos que se encuentran dentro de las dos clasificaciones (R2 concreto usado o R3 asfalto usado), se debe hacer la comparación de los niveles de iluminación obtenidos en la memoria de cálculo en luminancia con los resultados medidos en campo, o de acuerdo con lo estipulado en la metodología del Libro 4.

20) Los productos usados en instalaciones de alumbrado público o para ambientes húmedos deben tener un grado de protección mínimo de IP 65 o NEMA 4.

4.1. CATEGORIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

El proyecto de alumbrado público es categorizado conforme a los siguientes criterios

CLASIFICACION DE LA VÍA.

Para la adecuada identificación de cada espacio en la vía, es necesario atender los perfiles típicos de vías que tiene aprobado el POT, EOT o PBOT en cada ciudad, municipio o distrito, los cuales deben estar actualizados de acuerdo con lo estipulado en el presente Reglamento en el numeral 3.3.1.1.

En caso de que el municipio no posea clasificación, se deben atender los criterios de clasificación de vías de acuerdo con lo estipulado en la Tabla 3.3.1.1. a, y 3.3.1.1. b. además, el municipio debe incluir en el POT, EOT o PBOT la clasificación de sus vías.

Las vías se clasifican según la descripción de la vía, la velocidad de circulación permitida por la ley y la importancia de la misma, por lo cual se les asignará una clase de iluminación conforme a la siguiente Tabla 3.3.1.1. a.

Tabla 3.3.1.1. a. Clases de iluminación para vías vehiculares.

Clase de iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h/carril)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>=80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	45<=V<80	Importante	1000>T>700
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	40<=V<45	Media	700>T>500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	30<=V<40	Reducida	500>T>300
M5	Vías secundarias en barrios	Muy reducida	20<=V<30	Muy reducida	300>T>150
M6	Vías dentro de conjuntos residenciales cerrados y condominios.	Muy reducido	V<20	Muy reducido	T<150

Para la selección de el tipo de vía objeto del presente diseño, se tuvo en cuenta que esta es una vía principal y que en el momento es considerado como el eje vial del municipio; por tal motivo, se clasifica la vía como M3. Teniendo en cuenta esta clasificación se procede a seleccionar el nivel de impacto según la categorización de la tabla 3.3.2.1. 1.a.

Proyectos nuevos o expansiones		Nivel A	Nivel B	Nivel C
Clase de iluminación de la vía o tipo de área		Bajo Impacto	Medio Impacto	Alto Impacto
Sistema vial	M1 -M2	P ≤ 25 o L < 1.000	25 < P ≤ 75 o L ≤ 1.000	P > 75 o L > 1.000
	M3 - M4	P ≤ 25 o L < 1.000	25 < P ≤ 100 o 1.000≤ L ≤ 2.000	P > 100 o L > 2.000
	M5 - M6	P ≤ 25 o L < 1.000	26 ≤ P ≤ 100 O 1.000 ≤ L ≤ 2.000	P > 100 o L > 2.000
Otras áreas	Alamedas, ciclorrutas, parques, paseos, plazas, plazoletas, vías peatonales, puentes túneles vehiculares, túneles peatonales, canchas y placas deportivas, pistas para diferentes deportes entre otros.	P ≤ 25 o L < 1.000	25 < P ≤ 50 o 1.000 ≤ L ≤ 2.000	P >50 o L > 2.000
Especiales [1*]	Zonas históricas de conservación, y otros que por sus características revista de un especial interés para el municipio.	P ≤ 25	25 < P ≤ 50	P > 50

Tabla 2 RETILAP 3.3.2.1.1. a Categorización de los proyectos de alumbrado público

P: Cantidad de luminarias [u].
L: Longitud de excavación ductería, red subterránea de alumbrado público [m] o longitud de la red aérea(m).

De acuerdo con la información presentada en la tabla anterior, se observa lo siguiente: la vía Circunvalar esta categorizada como M3, correspondientes al **NIVEL C** de alto impacto, según el número de luminarias a instalar y la longitud del proyecto.

4.2. VALORES FOTOMÉTRICOS OBJETIVO

Los valores fotométricos que se deben cumplir en las áreas descritas se presentan en la siguiente tabla, estos valores se establecen para cada área de acuerdo con lo estipulado en las normas.

Clase de Iluminación	Superficie de la carretera					Ciclorrutas adyacentes				En andenes adyacentes			
	Estado seco												
	Luminancia promedio Lprom (cd/m2)	Uo (min/ (med)	UL (min/ max)	fTI	Relación de entorno mínimo EIR	Emed (lux)	Punto min. Emin (lux)	Ilumin. Vertical minima (Evmin, lux)	Ilumin. Semi cilindrica minima (Esc,min, lux)	Emed (lux)	Punto min. Emin (lux)	Ilumin. Vertical minima (Evmin, lux)	Ilumin. Semi cilindrica minima (Esc,min, lux)
M1	2.0	0,1	0.7	10	0,35	15 - 22,5	3	5	3	15 - 22,5	2	3	2
M2	1,5	0,4	0.7	10	0,35	15 - 22,5	3	5	3	15 - 22,5	2	3	2
M3	1	0,4	0.6	15	0,3	10 -15	2	3	2	10 -15	2	3	2
M4	0,75	0,4	0.6	15	0,3	5 - 7,5	1	1,5	1	5 - 7,5	1	1,5	1
M5	0,5	0,35	0.4	15	0,3	5 - 7,5	1	1,5	1	5 - 7,5	1	1,5	1
M6	0.30	0.35	0.4	20	0,3	3 - 4,5	1	1	0,6	3 - 4,5	1	1	0,6

Tabla 3 Niveles de Iluminación AP

4.3. SELECCIÓN DE LUMINARIAS PROYECTADAS

Teniendo definidos los requerimientos de iluminación para proyectos de alumbrado público, se selecciona el tipo de luminaria a utilizar. De acuerdo con los requerimientos técnicos del proyecto se instalarán luminarias con tecnología LED, de tal manera que se cumpla con los criterios de eficiencia establecidos en el proyecto.

Comercializado	Referencia	Potencia [W] Lumen [lm] Eficacia [lm/W]			Vida Útil
FEILO SYLVANIA	ZD229	60	9300	155	100000h
FEILO SYLVANIA	ZD229	30	4800	160	100000h

Tabla 4 Referencias de luminarias utilizadas en el diseño

4.4. COEXISTENCIA DE LUMINARIAS CON ARBOLES

La coexistencia entre luminarias y arbolado queda regulada por el numeral 3.3.1.7 del RETILAP libro 3, que exige podas de realce, distancias mínimas de despeje y preferencia por especies de copa ligera para mantener la uniformidad fotométrica sin sacrificar la vegetación protectora.

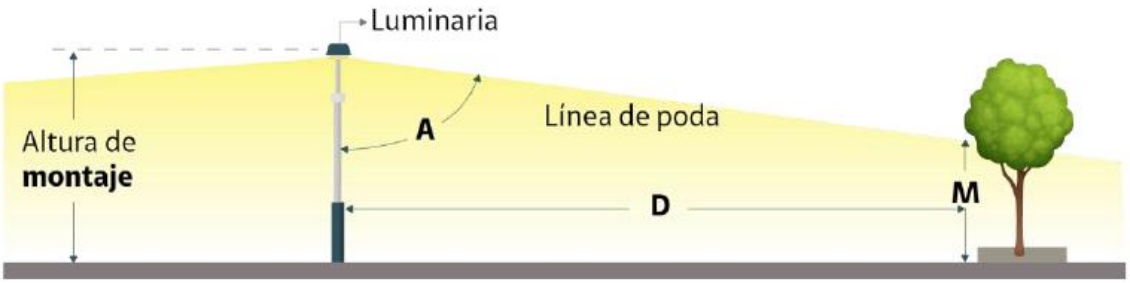


Ilustración 3Altura de Poda de Árboles

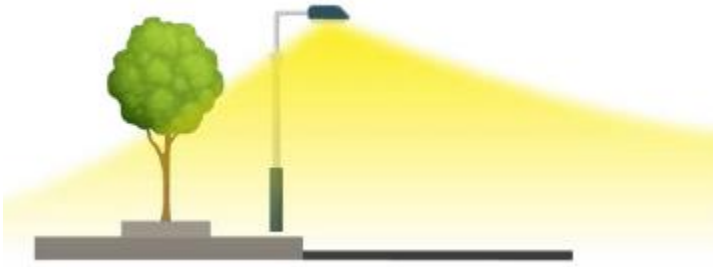


Ilustración 4 Angulo de Altura de Poda

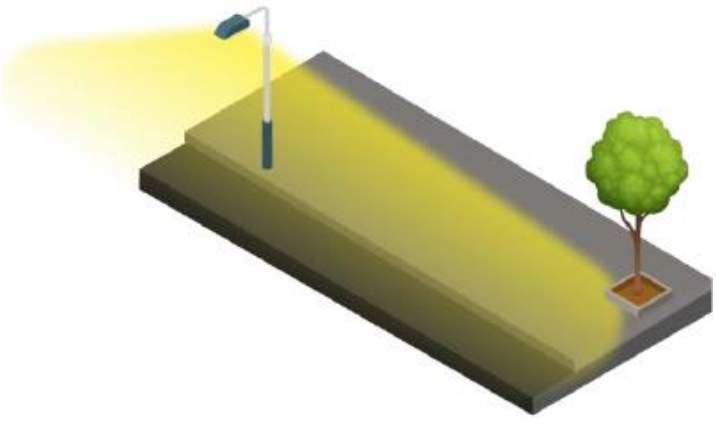


Ilustración 5 Alcance del Angulo de la luminaria

Ángulo de línea de poda “A”	Altura de montaje “H”	Altura de poda del árbol “M”
70°	9,10 m	M = 0,36 D
75°	12 m	M = 0,26 D
80°	16 m	M = 0,17 D

Tabla 5 Relación altura de montaje de luminaria vs altura de poda para lograr ángulo óptimo de cubrimiento de la luz sobre la vía.

4.5. FACTOR DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN EXTERIOR

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación, se evaluará de acuerdo con las siguientes condiciones el factor de mantenimiento.

Dadas las condiciones del nivel del proyecto (M3), se observa la selección de la clase ambiental correspondiente a la categoría **ALTA.**

CONTAMINACION DEL SITIO	DESCRIPCIÓN	NIVEL DE PARTÍCULAS	OBSERVACIONES
BAJO	Ambientes poco polucionados	Bajo Menor que 80 µg/m3	No existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía. Tráfico ligero, generalmente limitado a áreas residenciales o rurales regularmente estipulados en vías M5 y M6
MEDIO	Ambientes medianamente polucionados	Medio 80 - 150 µg/m3	Existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía. Tráfico pesado, generalmente limitado a áreas residenciales e industriales. Estipulados para vías segundarias tipo M4.
ALTO	Ambientes muy polucionados y zonas industriales	Alto 150 µg/m3 en adelante	Existen Actividades generadoras de nubes de polvo o humos en la cercanía, que pueden envolver ocasionalmente las instalaciones. Áreas altamente industriales. Niveles de contaminación presentes en vías M1, M2 y M3

Tabla 6 Clasificación de niveles de contaminación

Con la clasificación del proyecto en la categoría **ALTA** en contaminación se procede a seleccionar el factor de depreciación recomendado de acuerdo con la tabla 3.3.1.9.b. del RETILAP. Para el caso del proyecto evaluado el factor de depreciación recomendado corresponde al que se observa en la Tabla 6.

Clasificación IP del compartimento óptico	Contaminación del sitio	Periodo de limpieza en años				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP 6X	ALTA	0,91	0,9	0,88	0,85	0,83
	MEDIA	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	BAJA	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Tabla 7 Valores del Factor de Depreciación Luminosa fLM

De esta manera, luego de realizar el cálculo del factor de mantenimiento con la siguiente formula, se define un factor de mantenimiento de **0,86** el cual es corroborado con la tabla 3.3.1.9.c. del RETILAP.

$$MF = LLMF \; x \; LSF \; x \; LMF \; (x \; SMF)$$

Donde:

LLMF=Factor de depreciación del

Flujo **LSF**= Factor de supervivencia
LMF= Factor de mantenimiento de la luminaria
MF = 0,95 x 1 x 0,91 = **0,86**

Para dar garantía de esta proyección se recomienda periodos de limpieza anuales.

Clasificación de iluminación de la vía	Grado de contaminación	Factor de mantenimiento para utilizar en el diseño o cálculo de iluminación
M1	ALTO	0,86
M2	ALTO	0,86
M3	ALTO	0,86
M4	MEDIO	0,87
M5	BAJO	0,88
M6	BAJO	0,88

Tabla 8 FM para la clasificación vial objeto de diseño

En la tabla se observa la configuración para el mantenimiento recomendado para el sistema de alumbrado público:

Factor de mantenimiento diseño	Nivel de contaminación	Periodo de limpieza luminaria	Periodo de recambio luminaria
0.86	ALTO	Anual	22.8 años

Tabla 9 Programa Mantenimiento Luminarias

4.6. VALIDACIÓN DE SOFTWARE USADO EN DISEÑOS LUMINOTÉCNICOS

El software empleado es DIALUX EVO, el cual cumple con los requisitos establecidos en el numeral 3.1.3.3. del RETILAP, ya que permite cada una de las condiciones exigidas en el reglamento.

Verificación de Requisitos del Software			
Verificación de numeral 3.1.3.3			
	Condición	**Cumple**	**No Cumple**
1	Debe demostrar que cumple con los estándares internacionales de acuerdo con el tipo de diseño realizado ya sea interior, exterior, deportivo, alumbrado público, túneles, entre otros, o los requisitos estipulados para cada caso en el presente Reglamento, incluyendo la ubicación de los puntos de cálculo, algoritmos usados para calcular niveles, uniformidades e índices de deslumbramiento y demás parámetros requeridos.	X	
2	Debe disponer de rutinas de ingreso para la información del diseño geométrico. De la misma forma, debe permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador, la cual debe estar contenida en los informes de resultados que arroje el software.	X	
3	Debe disponer de interfaces gráficas que permitan la importación de planos en CAD (diseño asistido por computadora, por sus siglas en inglés Computer Aided Design) o cualquier otro formato gráfico, de tal forma que se pueda realizar la ubicación de objetos y ser integrados en la presentación final de la memoria de cálculo. De la misma forma, debe tener la capacidad de realizar renderizado de imágenes como complemento, para mejorar la estética del proyecto.	X	
4	Debe aceptar al menos un estándar de formatos de matrices de intensidad, como por ejemplo archivos con extensiones (.ies), (.iec), etc. o formatos ajustados a EULUMDAT, IES LM 63, ANSI/IES TM-33, UNI 1603054, GLDF, entre otros compatibles con el software.	X	
5	Debe permitir la identificación y/o selección de los parámetros correspondientes a la información de los equipos de iluminación tales como: a) Tipo de coordenadas de la fotometría empleada. b) Flujo luminoso. c) Altura de montaje e inclinación de la luminaria. d) Distancias entre luminarias. e) Posiciones relativas de las luminarias respecto del local, vía o área a iluminar. f) Debe permitir visualizar en su interfaz las características de la luminaria que se está utilizando en el diseño, tales como temperatura de color y potencia.	X	
6	Debe permitir la identificación y/o selección de los parámetros correspondientes a la información de los datos propios del diseño, dentro de los cuales se encuentran: condiciones ambientales, tipos de superficies e índices de reflexión asociados a materiales utilizados en paredes, techos, pisos, así como los utilizados en el amoblamiento en general.	X	
7	Debe permitir e identificar las posiciones de las mallas de cálculo, de los observadores y del plano de trabajo.	X	
8	Debe considerar las formas y tamaños de los obstáculos presentes en el espacio a modelar.	X	
9	Para el caso de cálculos de iluminación vial, debe entregar en los resultados claramente la información correspondiente a longitud de brazos, ángulo de inclinación de la luminaria, avance o retranqueo del equipo de iluminación con respecto al borde de la vía, altura libre de la luminaria con respecto al piso, Inter distancia entre luminarias, tipo de recubrimiento, índices de reflexión de las superficies de la vía, posiciones de las mallas de cálculo de acuerdo con la metodología de la norma EN 13201 del 2015 o la que la reemplace y/o la norma CIE 140 última versión o la que la sustituya, así como la posición de los observadores, tanto de cada carril como la del observador para la determinación del índice de deslumbramiento (TI).	X	
10	El software debe permitir aplicar las normas internacionales vigentes o de reconocimiento internacional utilizadas en sus algoritmos de cálculo (tales como CIE, IESNA, ANSI, etc.).	X	
11	El software debe permitir incluir el factor de mantenimiento a utilizar, de acuerdo con los lineamientos dados en el presente Reglamento.	X	
12	Las unidades para los datos a ingresar al software y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles. Para ello, se deben emplear las unidades de medida y luminotécnicas del Sistema Internacional de Unidades.	X	
Verificación de numeral 3.3.1.10			
1	Debe obtener los resultados en forma numérica de: luminancia media, iluminancia media, uniformidad general, uniformidad longitudinal, TI, valores de iluminancias semicilíndricas y verticales. Igualmente, debe contar con un módulo gráfico para apreciar la distribución de las luminarias en el perfil de la vía.	X	
2	Debe permitir la identificación y medidas de las mallas de cálculo, así como las posiciones del observador, valores de parámetros de instalación (altura, longitud del brazo, inclinación de la luminaria en grados, Inter distancia entre postes en metros), además de incluir todos los datos de la o las luminarias utilizadas, flujo luminoso, temperatura de color, factor de mantenimiento usado, y entregar los valores de consumo por km, Dp y DE.	X	

Tabla 10 Verificación Condiciones del Software

Demostración de la conformidad para software de iluminación usado en diseño (Articulo 4.2.2)

Para validar el cumplimiento de los siguientes referentes normativos, remitirse al anexo M1002A-05 - Rv04 190705 – ES

Referente Normativo		
1.1.1 Módulo de Datos Generales	EN 13032-4:2015	Luz y alumbrado – Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias - Parte 4: Lámparas LED, módulos y luminarias
1.1.2 Tabla Fotométrica de las Intensidades	CIE 24:1973	Photometry of indoor type luminaires with tubular flourescent lamps
	CIE 43:1979	Photometry of floodlights
	CIE 27:1973	Photometry of road lighting luminaires (tabla de datos fotométricos)
1.1.3 Valoración del Deslumbramiento UGR	CIE 190:2010	Calculation and Presentation of Unified Glare Rating Tables for Indoor Lighting Luminaires (UGR)
	CIE 117:1995	Discomfort glare in interior lighting
1.1.4 Valoración Eficiencia Energética	UE 874/2012	Reglamento Delegado UE en lo relativo al etiquetado energético de las lámparas eléctricas y las luminarias
	CAM DM 20170927	Criteri Ambientali Minimi per la Pubblica Illuminazione (Criterios Ambientales Mínimos para la Administración Pública Italiana)
1.1.5 Apertura del Haz	EN 13032-2:2018	Luz y alumbrado – Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias - Parte 2: Presentación de datos en lugares de trabajo en interior y en exterior
	ANSI C78-379-2006	Classification of the Beam Patterns for Reflector Lamps
1.1.6 Clasificación de Datos Fotométricos	CIE 40:1978	Calculation for interior lighting – Basic method (cálculo básico)
	CIE 52:1982	Calculation for interior lighting – Applied method (cálculo avanzado)
	DIN 5040-1976-02	Germany – Luminarias; clasificación
		Leuchten für Beleuchtungszwecke; Lichttechnische Merkmale und Einteilung
	NF C71-121-1993	Francia - Appareils d'éclairage électrique. Méthode simplifiée de prédétermination des éclairements dans les espaces clos et classification correspondante des luminaires (Anulada el 5 de Julio de 2019)
	NBN L 14-002-1975	Bélgica - Methoden ter voorafbepaling van verlichtingssterkten, luminanties en verblindingsindices bij kunstmatige verlichting in gesloten ruimten
	CIBSE TM 5-1980	Reino Unido - The calculation and use of utilisation factors
1.1.7 Factores de Utilización	CIE 40:1978	Calculation for interior lighting – Basic method (cálculo básico)
	CIE 52:1982	Calculation for interior lighting – Applied method (cálculo avanzado)
	CIBSE TM 5-1980	Reino Unido - The calculation and use of utilisation factors
1.1.8 Datos Espectro	CIE 15:2004	Colorimetry
	IES TM-30-15	IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition
	IES TM-30-18	IES Method for Evaluating Light Source Color Rendition - Corrigenda
	ANSI C78.376-2014	Specifications for the Chromaticity of Fluorescent Lamps
1.1.9 Clasificación vial de las luminarias – Diagrama de Eficiencia	EN 13201-2:2015	Iluminación de carreteras – Parte 2: Requisitos de Prestaciones
	EN 13201-3:2015	Iluminación de carreteras – Parte 3: Cálculo de Prestaciones
	DIN 5044-2005	Ortsfeste Verkehrsbeleuchtung; Beleuchtung von Straßen für den Kraftfahrzeugverkehr [No vigente desde 2011]
	IES TM-3-95	Classification of Luminaire Light Distributions [No vigente]

1.1.10 Clasificación vial de las luminarias IES TM-15 (BUG)	IES TM-15-11	Luminaire classification system for outdoor luminaires
1.2.1 Módulo para los Cálculos Luminotécnicos de Interiores – Litecalc	CIE 24:1973	Photometry of indoor type luminaires with tubular flourescent lamps
	CIE 40:1978	Calculation for interior lighting – Basic method (cálculo básico)
	CIE 52:1982	Calculation for interior lighting – Applied method (cálculo avanzado)
	CIE 55:1983	Discomfort glare in the interior working environment (cálculo deslumbramientos)
	EN 12464-1:2011	Iluminación de los lugares de trabajo – Lugares de trabajo en interiores...
1.2.2 Módulo para los Cálculos Luminotécnicos de Exteriores - Litecalc	CIE 43:1979	Photometry of floodlights
	EN 12464-2:2004	Iluminación de los lugares de trabajo – Lugares de trabajo en exteriores
1.2.3 Módulo para los Cálculos Luminotécnicos de Viales - Litecalc	CIE 27:1973	Photometry of road lighting luminaires (tabla de datos fotométricos)
	CIE 30.2:1982	Road lighting calculations (módulo Stan)
	CIE 34:1977	Road lighting lantern and installation data: photometrics, classification and performance
	CIE 66:1984	Road surfaces and lighting (caracterización de superficies de viales)
	CIE 140:2000	Road Lighting Calculations
	D.M. 27/9/17	Criteri Ambientali Minimi per l'acquisizione di sorgentes luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica - aggiornamento 2017 (Decreto del Ministero Italiano de Medio Ambiente)
	CEN/TR 13201-1:2014	Iluminación de carreteras – Parte 1: Definición de las Clases de Iluminación para Alumbrado
	EN 13201-2:2015	Iluminación de carreteras – Parte 2: Requisitos de Prestaciones
	EN 13201-3:2015	Iluminación de carreteras – Parte 3: Cálculo de Prestaciones
	EN 13201-5:2015	Iluminación de carreteras – Parte 5: Valoración Energética
	R.D. 1890-2008	Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 (Norma Española)
	UNI 10819:1999	Inquinamento luminoso del cielo (Norma Italiana)
1.2.4 Módulo para los Cálculos Luminotécnicos de Túneles - Litecalc	CIE 27:1973	Photometry of road lighting luminaires (tabla de datos fotométricos)
	CIE 30.2:1982	Road lighting calculations (módulo Stan)
	CIE 34:1977	Road lighting lantern and installation data: photometrics, classification and performance
	CIE 66:1984	Road surfaces and lighting (caracterización de superficies de viales)
	CIE 88:2004	Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses
	CIE 140:2000	Road lighting calculations
	EN 13201:2015	Iluminación de carreteras
1.2.5 Módulo para los Cálculos Luminotécnicos de Instalaciones Deportivas - Litecalc	CIE 43:1979	Photometry of floodlights
	CIE 57:1983	Lighting for football
	CIE 83:1989	Guide for the lighting of sports events for colour television and film systems
	CIE 112:1994	Glare evaluation system for use within outdoor sports and area lighting
	UNI 9316:1989 (*)	Sports lighting (Norma Italiana)
	EN 12193:2008 (*)	Iluminación de instalaciones deportivas
	FIFA 2016 (*)	Lighting Design of Footbal Stadiums

Tabla 11 Referentes normativos asociados al cumplimiento de software mediante declaración de conformidad.

4.7. Sistema de control mediante Fotocontrol

Para garantizar un funcionamiento eficiente y automatizado del sistema de alumbrado público, se implementa el uso de fotocontroles en las luminarias. Estos dispositivos permiten el encendido y apagado automático en función de los niveles de luz ambiental, lo que contribuye tanto a la optimización del consumo energético como a la prolongación de la vida útil de los equipos.

En este proyecto se emplean fotocontroles electrónicos, los cuales aseguran una respuesta confiable frente a las variaciones naturales de la luz, mejorando así la gestión operativa del sistema de alumbrado público. Gracias a esta tecnología, las luminarias se encienden al anochecer y se apagan al amanecer de manera automática, sin necesidad de intervención manual. De esta forma, se promueve un uso racional y eficiente de la energía, en concordancia con los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

USOS	CARACTERISTICAS
Exterior	Tipo: Electrónico Fail On.
Luminarias de Alumbrado Público.	Sensor: Fototransistor.
Reflectores HID hasta 1800 VA.	Base: Policarbonato de alto impacto.
Proyectores LED hasta 1800 VA.	Visor: Policarbonato de alto impacto.
Control de grupo hasta 1800 VA.	Contactos: Latón rígido.
	Carcasa: PC+UV
ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO	
Nivel de operación: Encendido 16 Lx +/- 6 Lx. Apagado <65 Lx.	
Fotocontrol con bloqueo giratorio.	
Voltaje de línea 105-305 VAC a 50/60 Hz.	
Relé de control sellado.	
Encendido: 10-16 lux. Apagado: 1.5 veces el nivel de encendido.	
Retardo de tiempo: Encendido instantáneo y un retraso de “apagado” de 3 a 6 seg.	
La detección de cruce por cero protege contracorrientes de entradas altas, especialmente las que se encuentran en luminarias LED.	

Tabla 12 Usos, características y especificaciones del Fotocontrol

4.8. MÁXIMA DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA

Todos los proyectos de iluminación y alumbrado público deben incorporar el cálculo de los indicadores relacionados con el desempeño energético incluye la densidad de potencia instalada (Dp), el índice anual de consumo de energía (De) y el consumo de potencia por kilómetro de la instalación. Estos factores deben considerarse e integrarse como parte del análisis técnico y económico. Para llevar a cabo dicho análisis, es necesario presentar los documentos de cálculo que especifiquen los valores de luminancia e iluminancia alcanzados.

A continuación, se realizarán las validaciones del valor máximos permitido para el indicador de densidad de potencia DP, De acuerdo con la tabla 3.3.1.8.b., teniendo en cuenta que las vías evaluadas están categorizadas como tipo M3 y M4 en el municipio de CARMEN DE VIBORALy como M4 en los corregimientos puerto López y puerto Claver.

CLASE DE ALUMBRADO	TIPO DE FUENTE
	LED
M1	0,025
M2	0,018
M3	0,015
M4	0,012
M5	0,09
M6	0,06

*Tabla 13 Densidad de Potencia máxima Dp en W/lx*m2*

De la misma manera, se corroboran los valores D_E calculados en la memoria de cálculo con los valores máximos permitidos para el indicador de consumo anual de energía.

CLASE DE ALUMBRADO	TIPO DE FUENTE
	LED
M1	2,4
M2	1,25
M3	1,1
M4	1
M5	0,7
M6	0,4

*Tabla 14 Indicador de consumo anual de energía De en kWh*m2*

$$DP = (PR + PF)/(EFL \times AFL + ER \times AR + EFR \times AFR)$$

$$DE = ((PR + PF) \times (tfull + kred \times tred)) / (AFL + AR + AFR)$$

Ecuación 1 Cálculo Dp, De

Donde

PR: es la potencia del sistema de la luminaria principal de la instalación de iluminación, en W
PF: es la potencia del sistema de la luminaria auxiliar para la iluminación de la acera derecha, en W
AR: es el área de la calzada, en m²
AFL: es el área de la acera izquierda, en m²
AFR: es el área de la acera derecha, en m²
ER: es la iluminancia mantenida calculada de la carretera, en lx
EFL: es la iluminancia mantenida calculada de la acera izquierda, en lx

***E*FR**: es la iluminancia mantenida calculada de la acera derecha, en lx
***t*full**: es el tiempo de funcionamiento anual del nivel de iluminación total, en h;
***t*red**: es el tiempo de funcionamiento anual del nivel de iluminación reducido, en h
***k*red**: es el coeficiente de reducción para el nivel de iluminación reducido.

Resultados ANEXOS.

-12. (DE) INDICADOR ANUAL DE CONSUMO

-13. (DP) DENSIDAD POTENCIA INSTALADA

5. RESUTADOS OBTENIDOS

Después de procesar los resultados de las memorias de cálculo y compararlos con el estado actual de la infraestructura se encuentra que para cumplir con los niveles reglamentarios en todos los sectores intervenidos se deben adicionar algunas cantidades de luminarias quedando así:

REFERENCIA	POTENCIA (INCL. PÉRDIDAS)	INSTALADO	RETIRO	POTENCIA TOTAL CON PÉRDIDAS TEORICAS (W)
Lum LED 60 W	60	129		7740
Lum LED 30 W	30	110		3300
Total				11040

Tabla 15 Comparativa Potencia retirada (W) vs Potencia Instalada (W), El Carmen de Viboral

6. CONCLUSIONES

Después de caracterizar la infraestructura existente del alumbrado público y realizar los diseños de iluminación correspondientes, se evidencia la necesidad de incrementar la infraestructura de luminarias con el fin de garantizar los niveles de iluminación recomendados por la normativa RETILAP.

7. DOCUMENTACION ADICIONAL – RETILAP – ANEXOS (CARPETAS)

7.1. -1. MEMORIAS DE CÁLCULO
7.2. -4. FICHAS TÉCNICAS
7.3. -6. DOCUMENTOS DISEÑADOR
7.4. -9. FACTOR DE MANTENIMIENTO
7.5. -10. ESQUEMA Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
7.6. -11. CERTIFICADOS DE PRODUCTO
7.7. -12. (DE) INDICADOR ANUAL DE CONSUMO
7.8. -13. (DP) DENSIDAD POTENCIA INSTALADA

Luis Morales

NOMBRE: LUIS FERNANDO MORALES GOMEZ
CEDULA DE CIUDADANÍA No. 1.128.432.880
MATRICULA PROFESIONAL No. AN206-115283