La infraestructura de alumbrado público del municipio de Ginebra está conformada por un total de 2.620 luminarias instaladas en los sectores urbano y rural, conforme al aforo consolidado para la elaboración del presente Estudio Técnico de Referencia. Del total inventariado, 1.410 luminarias se localizan en el área urbana y 1.210 luminarias en el área rural, lo que evidencia una distribución relevante del sistema tanto en la cabecera municipal como en los corredores, centros poblados y demás sectores rurales atendidos.

El inventario incluye equipos de distintas tecnologías, principalmente luminarias de sodio, luminarias LED y equipos de metal halide, además de faroles y proyectores destinados a necesidades específicas de iluminación. Se identifica una presencia predominante de tecnología de sodio, con 1.396 equipos, equivalente aproximadamente al 53,3 % del sistema total. Dentro de esta tecnología se destacan las luminarias de sodio de 81 W, con 1.189 unidades, las cuales constituyen el grupo de mayor participación dentro del inventario municipal. Aunque estas luminarias convencionales han permitido ampliar la cobertura del servicio, su permanencia representa una oportunidad de intervención, debido a sus limitaciones frente a tecnologías más recientes en aspectos como eficiencia energética, depreciación del flujo luminoso, calidad de iluminación, vida útil, requerimientos de mantenimiento y gestión ambiental de las fuentes luminosas. Adicionalmente, el sistema conserva 30 equipos de metal halide, correspondientes a luminarias y proyectores instalados principalmente en sectores que demandan mayores niveles de iluminación.

Por su parte, el sistema cuenta con 1.194 equipos LED, equivalentes aproximadamente al 45,6 % del inventario total. Esta tecnología se encuentra distribuida en múltiples niveles de potencia, desde luminarias de baja potencia para vías residenciales o sectores peatonales, hasta luminarias y proyectores de mayor capacidad destinados a corredores viales, zonas de mayor exigencia visual y espacios de uso colectivo. La presencia de equipos LED evidencia un proceso de incorporación progresiva de tecnologías más eficientes, con potencial para mejorar las condiciones de visibilidad, reducir el consumo de energía eléctrica y disminuir las actividades correctivas y de reposición asociadas al sistema. La caracterización obtenida permite establecer que el sistema de alumbrado público de Ginebra presenta una condición tecnológica heterogénea, derivada de la coexistencia de equipos convencionales y tecnología LED con diferentes potencias, tipologías y ubicaciones territoriales. Esta información constituye una base técnica para evaluar el grado de modernización alcanzado, identificar sectores prioritarios de intervención y definir estrategias de reposición, expansión, operación y mantenimiento acordes con las condiciones reales del municipio. En este sentido, el inventario técnico de luminarias no solo permite determinar la cantidad, tecnología, potencia y localización general de los equipos instalados, sino que también representa un insumo esencial para la estimación de carga instalada, consumo energético, costos de administración, operación y mantenimiento —AOM—, así como para la aplicación de la metodología

regulatoria vigente. De igual forma, la actualización y consolidación de la información del sistema resulta necesaria para soportar el registro y reporte de activos en el Sistema de Información de Alumbrado Público —SIAP—, facilitar la determinación de costos eficientes y orientar las decisiones municipales relacionadas con la calidad, cobertura, eficiencia energética y sostenibilidad del servicio.

6.3.1 Censo de luminarias existentes.

El censo de luminarias constituye el insumo técnico fundamental para la caracterización y diagnóstico del Sistema de Alumbrado Público en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca. Este proceso permitió identificar, clasificar y cuantificar de manera detallada los equipos actualmente en operación, diferenciando tecnologías, potencias, tipologías y estado de los activos. La información recopilada proporciona una visión integral de la infraestructura instalada, evidenciando la coexistencia de luminarias convencionales de descarga (sodio, mercurio y ahorradores) junto con dispositivos de tecnología LED, tanto convencionales como solares, además de reflectores y faroles de uso específico. La consolidación de este inventario permite no solo dimensionar el parque lumínico total, sino también establecer las bases para evaluar la eficiencia energética, el grado de obsolescencia tecnológica y la necesidad de modernización del sistema, en coherencia con lo dispuesto en el RETILAP, el RETIE y la Resolución CREG 101-013 de 2022 sobre costos eficientes de prestación.

A continuación, se presenta la tabla resumen, para mayor detalle remitirse al anexo DIAGNOSTICO AP GINEBRA_VALLE DEL CAUCA V01 el cual se adjunta en formato Excel y PDF para mayor claridad.

Tabla 3. cuadro resumen de Aforo.

TECNOLOGIA	POTENCIA	UNIDAD	RURAL	URBANO	CANTIDAD TOTAL
FAROL LED	40.00 W	UND		4,00	4,00
FAROL LED	53.00 W	UND		1,00	1,00
FAROL SODIO	70.00 W	UND		3.00	3.00
LUMINARIA LED	12.00 W	UND		57,00	57,00
LUMINARIA LED	18.00 W	UND		60,00	60,00
LUMINARIA LED	25.00 W	UND		149,00	149,00
LUMINARIA LED	28.00 W	UND	17,00		17,00

TECNOLOGIA	POTENCIA	UNIDAD	RURAL	URBANO	CANTIDAD TOTAL
LUMINARIA LED	30.00 W	UND	9,00	18,00	27,00
LUMINARIA LED	35.00 W	UND	1,00	9,00	10,00
LUMINARIA LED	37.00 W	UND	3,00		3,00
LUMINARIA LED	40.00 W	UND	60,00	164,00	224,00
LUMINARIA LED	50.00 W	UND	12,00	1,00	13,00
LUMINARIA LED	53.00 W	UND		190,00	190,00
LUMINARIA LED	60.00 W	UND	50,00	192,00	242,00
LUMINARIA LED	70.00 W	UND		1,00	1,00
LUMINARIA LED	80.00 W	UND	42,00	102,00	144,00
LUMINARIA LED	100.00 W	UND	8,00	12,00	20,00
LUMINARIA LED	101,00 W	UND		16,00	16,00
LUMINARIA LED	150,00 W	UND	1,00		1,00
LUMINARIO METAL HALIDE	250,00 W	UND	16,00	4,00	20,00
LUMINARIO METAL HALIDE	400,00 W	UND	1,00		1,00
LUMINARIA SODIO	70,00 W	UND	832,00	357,00	1189,00
LUMINARIA SODIO	150,00 W	UND	152,00	43,00	195,00
PROYECTOR LED	28.00 W	UND	1,00		1,00
PROYECTOR LED	30.00 W	UND		2,00	2,00
PROYECTOR LED	40.00 W	UND		3,00	3,00
PROYECTOR LED	50.00 W	UND		1,00	1,00
PROYECTOR LED	80.00 W	UND	1,00	1,00	2,00
PROYECTOR LED	100.00 W	UND	1,00	5,00	6,00
PROYECTOR METAL HALIDE	250,00 W	UND	3,00	6,00	9,00
PROYECTOR SODIO	150,00 W	UND		8,00	8,00
PROYECTOR SODIO	250,00 W	UND		1,00	1,00
TOTAL			1210	1410,00	**2620,00**

A continuación, se muestran los planos de ubicación de las luminarias, para mayor detalle remitirse al anexo Planos.

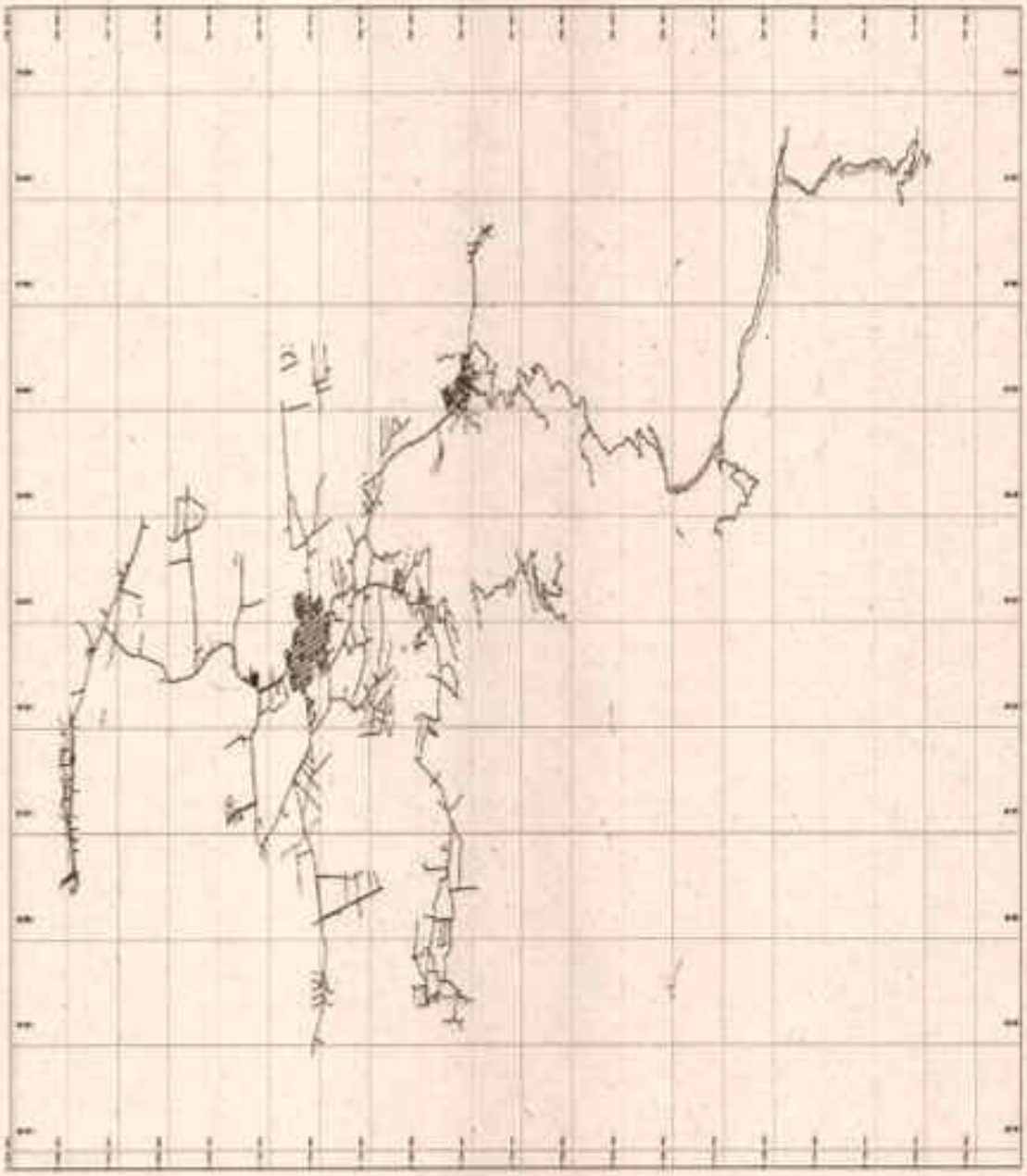


Ilustración 7. Plano de Ubicación de luminarias.

6.3.2 Análisis Estadístico de la Infraestructura Actual del Sistema de Alumbrado Público

El sistema de alumbrado público del municipio de Ginebra está conformado por 2.620 luminarias, distribuidas entre el área urbana y rural del territorio. Del total inventariado, 1.410 equipos se ubican en el sector urbano, equivalentes al 53,82 %, mientras que 1.210 luminarias se encuentran en el sector rural, correspondientes al 46,18 %. Esta distribución evidencia una cobertura relevante en ambos ámbitos territoriales; sin embargo, la composición tecnológica y la carga instalada presentan diferencias significativas entre las zonas.

La carga nominal instalada del sistema asciende a 197,71 kW. De esta capacidad, el área rural concentra aproximadamente 110,25 kW, equivalentes al 55,76 % de la carga total, pese a contar con un menor número de luminarias que el área urbana. Por su parte, el sector urbano registra una carga instalada de 87,46 kW, correspondiente al 44,24 %. Este comportamiento se explica por la alta presencia de luminarias convencionales de sodio y equipos de mayor potencia en la zona rural. La potencia nominal promedio del sistema es de aproximadamente 75,46 W por luminaria. Al discriminar por zona, el promedio rural asciende a 91,12 W por equipo, mientras que el promedio urbano se sitúa en 62,03 W por equipo. Esta diferencia confirma que el sistema rural conserva una mayor participación de tecnologías convencionales y potencias nominales más elevadas, lo que genera una incidencia superior sobre la carga instalada y, potencialmente, sobre los costos de energía, operación y mantenimiento.

En términos tecnológicos, la infraestructura mantiene una composición mixta. La tecnología de sodio representa el mayor componente del inventario, con 1.396 luminarias, equivalentes al 53,28 % del total. Estos equipos concentran una carga nominal instalada de 131,14 kW, es decir, el 66,33 % de la potencia total del sistema. Esta relación evidencia que, aunque la tecnología de sodio representa poco más de la mitad de los equipos, su incidencia energética es mayor que su participación física dentro del inventario. La tecnología LED cuenta con 1.194 equipos, equivalentes al 45,57 % del sistema, y concentra una carga instalada de 58,04 kW, correspondiente al 29,36 % de la carga total. La participación LED evidencia un proceso importante de modernización; no obstante, su distribución no es homogénea en el territorio. En el área urbana, las luminarias LED representan 988 unidades, equivalentes al 70,07 % del inventario urbano, mientras que en el área rural alcanzan solo 206 unidades, equivalentes al 17,02 % de las luminarias rurales. Lo anterior demuestra que el proceso de modernización ha tenido una mayor concentración en la cabecera municipal y que el componente rural conserva una dependencia significativa de tecnologías convencionales.

Los equipos de metal halide corresponden a 30 unidades, equivalentes al 1,15 % del inventario total. Sin embargo, debido a sus potencias registradas, principalmente de 279 W y 440 W, estos equipos aportan aproximadamente 8,53 kW de carga instalada, equivalentes al 4,31 % de la potencia nominal total. Aunque su participación en cantidad es reducida, su incidencia sobre el consumo potencial del sistema es importante, por lo que deben ser considerados como elementos prioritarios dentro de eventuales procesos de sustitución o modernización. El análisis territorial por tecnología permite identificar una diferencia relevante entre la zona urbana y rural. En el sector rural, las luminarias de sodio representan 984 unidades, correspondientes al 81,32 % del inventario rural, y concentran cerca del 84,43 % de la carga instalada en esta zona. En contraste, en el área urbana las luminarias LED constituyen la tecnología predominante, con 988 unidades, equivalentes al 70,07 % de los equipos urbanos. Esta condición permite concluir que el sistema rural concentra el mayor potencial de intervención en términos de eficiencia energética y actualización tecnológica.

La configuración individual con mayor participación corresponde a las luminarias de sodio de 81 W, con 1.189 unidades registradas bajo esta tipología, sin incluir los tres faroles de sodio de igual potencia. Este grupo representa aproximadamente el 45,38 % de todas las luminarias inventariadas y concentra una carga nominal cercana a 96,31 kW. En consecuencia, constituye el principal grupo de análisis para definir alternativas de reposición, modernización o sustitución tecnológica, previa validación de las condiciones fotométricas, geométricas, eléctricas y operativas de cada sector. Dentro de las tecnologías LED, se destacan las luminarias de 60 W, con 242 unidades; las luminarias de 40 W, con 224 unidades; las luminarias de 53 W, con 190 unidades; las luminarias de 25 W, con 149 unidades; y las luminarias de 80 W, con 144 unidades. Esta diversidad de potencias refleja la adaptación progresiva del sistema a diferentes tipos de vías, espacios públicos, zonas residenciales, corredores rurales y sectores de mayor exigencia visual. No obstante, también evidencia una condición de heterogeneidad que debe ser evaluada desde la perspectiva de estandarización de referencias, disponibilidad de repuestos, compatibilidad de componentes, mantenimiento y gestión de activos.

En términos generales, el sistema presenta un nivel de modernización parcial. Las luminarias LED ya representan una proporción importante del inventario físico; sin embargo, los equipos convencionales de sodio y metal halide aún representan 1.426 luminarias, equivalentes al 54,43 % del sistema, y concentran aproximadamente 139,67 kW, correspondientes al 70,64 % de la potencia nominal instalada. Por tanto, la infraestructura actual mantiene una dependencia significativa de tecnologías convencionales, especialmente en el área rural.

A partir de este análisis, se recomienda priorizar la evaluación técnica de las luminarias de sodio de 81 W y 169 W, así como de los equipos de metal halide, particularmente en corredores y sectores rurales. La eventual modernización deberá sustentarse en estudios fotométricos, clasificación vial, condiciones de instalación, estado físico de postes y redes, horas reales de operación, fallas reportadas, costos AOM y verificación de los niveles de iluminación exigidos por el RETILAP. La carga instalada calculada constituye una referencia técnica del inventario, pero la determinación del consumo real deberá complementarse con información de facturación, horarios de operación, medición y pérdidas asociadas a los equipos auxiliares.

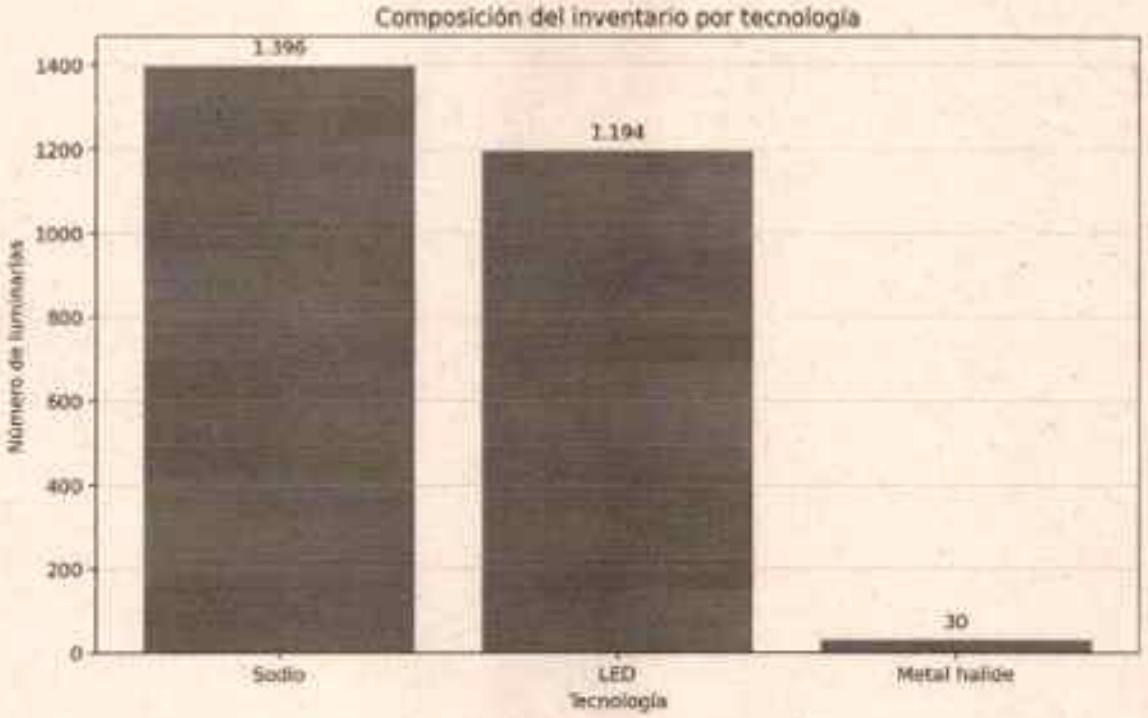


Ilustración 8. Composición del inventario por tecnología

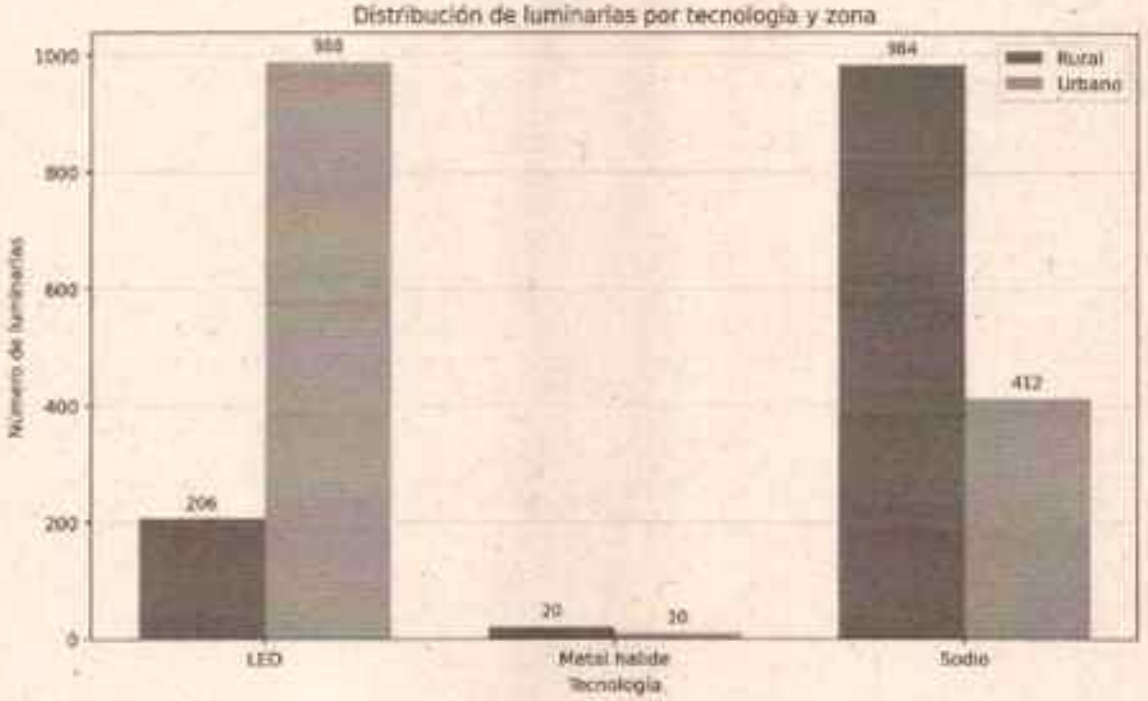


Ilustración 9. Distribución de luminarias por tecnología y zona.

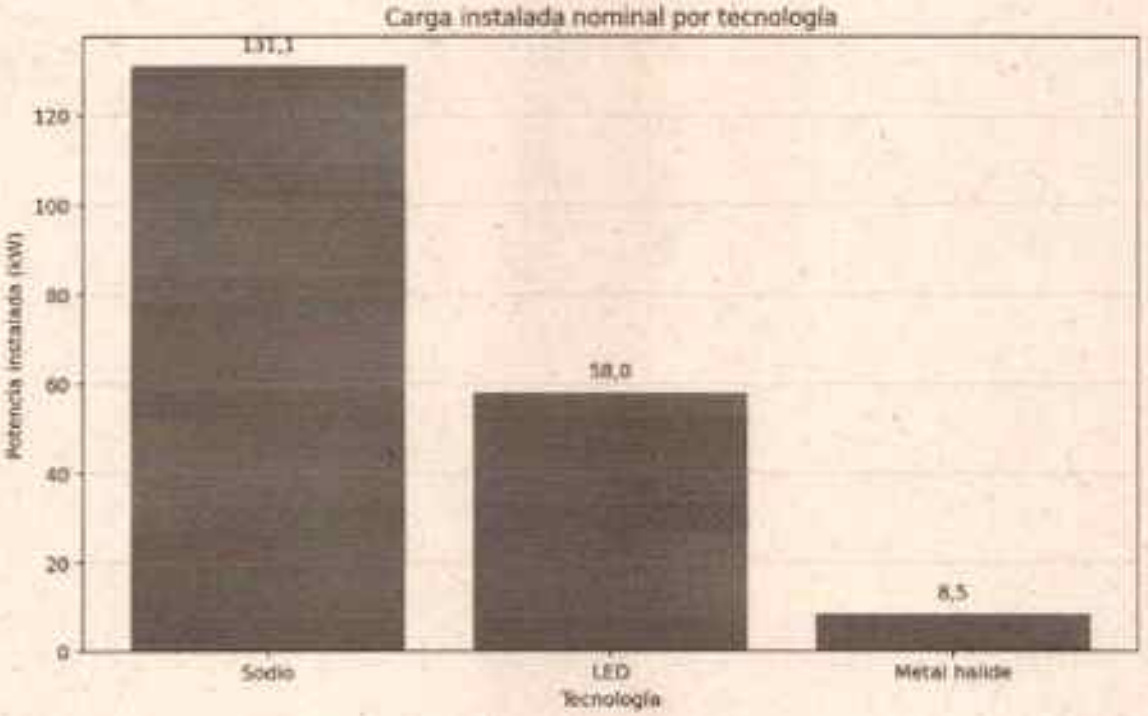


Ilustración 10. Carga instalada.

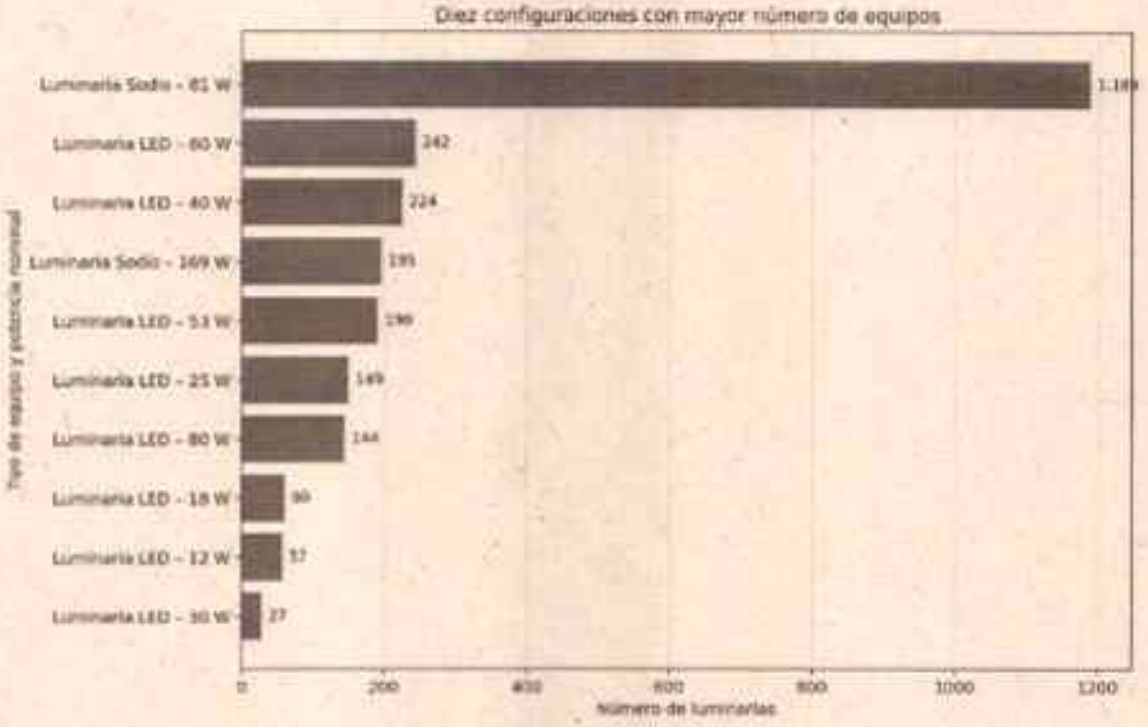


Ilustración 11. distribución de configuración LED.

6.3.3 Análisis normativo del aforo existente.

Con base en los resultados del aforo y diagnóstico de la infraestructura de alumbrado público del Municipio de Ginebra, Valle del Cauca, se puede establecer un análisis normativo detallado, directamente correlacionado con las tecnologías, potencias y condiciones actuales evidenciadas en el inventario de 2.620 luminarias.

El RETILAP 2024 (Resolución MME 40150 de 2024) establece requisitos obligatorios de desempeño fotométrico, vida útil, eficiencia energética, reproducción cromática, uniformidad y seguridad lumínica. Al comparar estos lineamientos con el inventario real, se identifica un alto nivel de no conformidad normativa, debido al predominio masivo de luminarias de sodio de 70 W, así como la presencia de luminarias metal halide y la reducida proporción de luminarias LED modernas.

De acuerdo con el aforo técnico realizado, el sistema de alumbrado público del municipio de Ginebra está conformado por 2.620 equipos de iluminación, distribuidos entre luminarias, faroles y proyectores. La infraestructura presenta una composición tecnológica mixta, integrada por 1.396 equipos de sodio, 30 equipos de metal halide y 1.194 equipos con tecnología LED.

Las tecnologías convencionales de sodio y metal halide concentran 1.426 equipos, equivalentes al 54,43 % del inventario total. No obstante, su incidencia es mayor sobre la carga instalada del sistema, debido a que estas tecnologías representan aproximadamente el 70,64 % de la potencia nominal inventariada. Esta condición evidencia una oportunidad relevante de modernización, especialmente en los sectores rurales, donde se concentra la mayor proporción de luminarias convencionales.

Vida útil y condiciones de desempeño

Para luminarias LED nuevas destinadas a alumbrado público, el RETILAP vigente establece requisitos de vida útil mínimos bajo el criterio L70/B10, los cuales deben ser demostrados mediante la documentación técnica y los certificados de conformidad aplicables. La verificación de este parámetro debe sustentarse en reportes de ensayo, tales como LM-80 y TM-21, junto con las condiciones térmicas y operativas definidas por el fabricante.

En el sistema existente se identifican 1.194 equipos LED, correspondientes al 45,57 % del inventario total. Sin embargo, el aforo disponible registra principalmente la tecnología y la potencia nominal de los equipos, sin incluir información completa sobre marca, referencia, fecha de instalación, certificados de producto, reportes fotométricos, ensayos de vida útil, flujo luminoso, índice de reproducción cromática o condiciones de garantía. En consecuencia, ***no es posible establecer, únicamente a partir del inventario, que todas las luminarias LED existentes cumplen o incumplen los requisitos vigentes del RETILAP.***

Las luminarias de sodio y metal halide emplean fuentes luminosas de descarga, cuya vida nominal se expresa bajo metodologías diferentes a los criterios L70/B10 aplicables a productos LED. Por esta razón, no resulta técnicamente procedente afirmar que las luminarias convencionales incumplen de manera automática el requisito de vida útil exigido para luminarias LED nuevas. Sin embargo, ***la permanencia de estas tecnologías genera mayores necesidades de reposición de lámparas, balastos, ignitores, fotoceldas y demás accesorios asociados a su operación***.

Eficiencia energética y carga instalada

El sistema registra una potencia nominal instalada aproximada de 197,71 kW. De esta carga, los equipos de sodio concentran cerca de 131,14 kW, equivalentes al 66,33 % de la potencia total, mientras que los equipos de metal halide representan aproximadamente 8,53 kW, correspondientes al 4,31 %. Por su parte, la infraestructura LED concentra una carga nominal aproximada de 58,04 kW, equivalente al 29,36 % de la carga instalada.

La configuración de mayor participación corresponde a las luminarias y faroles de sodio de 81 W, con 1.192 equipos inventariados. Este grupo representa cerca del 45,50 % del sistema total y constituye el principal componente convencional susceptible de evaluación dentro de un proceso de modernización.

El RETILAP vigente establece requisitos de eficacia luminosa para luminarias LED nuevas de alumbrado público. Sin embargo, dicho parámetro debe verificarse a partir del flujo luminoso certificado y la potencia real del producto completo, incluyendo las pérdidas de los accesorios eléctricos o electrónicos asociados. En consecuencia, la potencia nominal registrada en el aforo ***no permite establecer por sí sola la eficacia luminosa real de cada equipo ni determinar su conformidad normativa.***

Las luminarias de sodio y metal halide presentan, en términos generales, una menor eficiencia global del sistema frente a las soluciones LED actuales, debido a las pérdidas asociadas a balastos, ignitores y demás accesorios, así como a la degradación progresiva del flujo luminoso de las fuentes de descarga.

Reproducción cromática y calidad de iluminación

El RETILAP vigente exige que las luminarias de alumbrado público cuenten con condiciones adecuadas de reproducción cromática, calidad de iluminación y desempeño fotométrico, de acuerdo con la aplicación específica y con los parámetros establecidos para cada tipo de vía o espacio público.

Las luminarias de sodio de alta presión se caracterizan por presentar una reproducción cromática limitada en comparación con las luminarias LED modernas. Esta condición puede afectar la identificación de colores, la percepción visual de los usuarios, el reconocimiento de obstáculos, la seguridad vial y la sensación de seguridad en zonas peatonales y urbanas. No obstante, la determinación formal del cumplimiento de los requisitos de reproducción cromática no puede establecerse únicamente con base en la tecnología inventariada. Para ello es necesario contar con fichas técnicas, certificados de producto, ensayos fotométricos y verificación documental de cada referencia instalada. De igual manera, las luminarias LED existentes deben ser objeto de revisión documental, dado que su sola presencia en el sistema no garantiza el cumplimiento de los parámetros de CRI, flujo luminoso, eficacia, vida útil y protección eléctrica exigidos para una intervención nueva.

Uniformidad y niveles de iluminación

La diversidad de tecnologías, potencias nominales y configuraciones instaladas evidencia que el sistema ha sido intervenido de manera progresiva mediante reposiciones, ampliaciones y sustituciones parciales. Esta condición genera una

infraestructura heterogénea, con luminarias LED de diferentes potencias, luminarias de sodio de 81 W y 169 W, proyectores, faroles y equipos de metal halide destinados a usos específicos. Sin embargo, la heterogeneidad tecnológica o la dispersión de potencias no constituye, por sí sola, evidencia de incumplimiento de los niveles de iluminación o de uniformidad exigidos por el RETILAP. La verificación de estos parámetros requiere realizar mediciones fotométricas en campo, levantamiento de geometrías viales, identificación de alturas de montaje, interdistancias, disposición de luminarias, condiciones de reflectancia y clasificación de cada vía o área iluminada.

Seguridad eléctrica, protección ambiental y conformidad de productos

El RETILAP y el RETIE establecen requisitos relacionados con seguridad eléctrica, protección contra choque eléctrico, grados de protección IP e IK, puesta a tierra, protecciones eléctricas, calidad de los accesorios, certificación de producto y condiciones de instalación.

El inventario de luminarias constituye una línea base para identificar los activos existentes, pero no permite verificar de forma concluyente el estado de conservación de las envolventes, ópticas, conductores, conectores, brazos, bases, fotoceldas, tableros, protecciones o sistemas de puesta a tierra. Por esta razón, no es técnicamente procedente declarar que la totalidad de las luminarias antiguas incumple los requisitos vigentes de seguridad eléctrica sin realizar una inspección visual y documental detallada.

Se recomienda complementar el aforo con una auditoría técnico-eléctrica y documental que incluya, como mínimo, revisión de certificados de conformidad, fichas técnicas, fechas de instalación, estado físico de las luminarias, presencia de corrosión, filtración de humedad, deterioro de fotoceldas, estado de borneras y conductores, protecciones contra sobretensiones, conexiones a tierra y condiciones de montaje.

Gestión ambiental de luminarias y residuos posconsumo

El inventario registra 1.396 equipos de sodio y 30 equipos de metal halide. En los procesos de reposición, modernización o desmonte, las fuentes luminosas de descarga, los balastos, ignitores, condensadores, fotoceldas, drivers, conductores y demás componentes deberán ser separados y gestionados de acuerdo con sus características técnicas y ambientales.

Las lámparas de sodio y metal halide retiradas requieren una gestión diferenciada debido a la presencia de sustancias y componentes potencialmente peligrosos. La Resolución 1511 de 2010 establece mecanismos de recolección selectiva y gestión ambiental para residuos de bombillas, mientras que los demás componentes

eléctricos y electrónicos deberán manejarse conforme a la normativa aplicable a residuos de aparatos eléctricos y electrónicos —RAEE—.
En consecuencia, cualquier programa de modernización deberá incluir un plan de manejo de residuos que contemple el retiro técnico de los equipos, separación en la fuente, embalaje seguro, acopio temporal, transporte, entrega a gestores autorizados y soportes de disposición o aprovechamiento final. El proceso deberá contar con trazabilidad documental que permita demostrar el manejo ambiental adecuado de los residuos generados.

Conceptos técnicos derivados del análisis

Concepto 1. Obsolescencia regulatoria de la tecnología de sodio.

El sistema de alumbrado público del municipio de Ginebra conserva una participación significativa de tecnología de sodio, correspondiente a 1.396 equipos, equivalentes al 53,28 % del inventario total. Esta infraestructura constituye el principal componente convencional del sistema y concentra una proporción relevante de la carga nominal instalada.

La permanencia de estas luminarias no implica, por sí misma, la ilegalidad de los equipos actualmente instalados y en operación. Sin embargo, la tecnología de sodio se encuentra en condición de obsolescencia regulatoria, debido a que el marco técnico vigente no permite estructurar nuevos proyectos, expansiones, modernizaciones ni reposiciones integrales sustentadas en la adquisición de luminarias, bombillas o balastos electromagnéticos de sodio.

En consecuencia, las luminarias de sodio existentes podrán mantenerse en operación únicamente mientras conserven condiciones aceptables de seguridad, desempeño y continuidad del servicio; no obstante, cada falla que requiera el reemplazo de la bombilla, el balasto electromagnético o la luminaria debe ser considerada como una oportunidad de sustitución tecnológica, y no como una justificación para prolongar indefinidamente la tecnología convencional.

Concepto 2. Restricción de reposición con elementos de sodio

La restricción normativa aplicable comprende los principales elementos funcionales requeridos para mantener una luminaria de sodio: bombillas de vapor de sodio de alta y baja presión, balastos electromagnéticos para bombillas de sodio y luminarias para fuentes de sodio. Por lo tanto, el municipio no debe estructurar sus actividades ordinarias de administración, operación y mantenimiento —AOM— sobre la premisa de adquirir nuevos repuestos equivalentes de esta tecnología.

Desde el punto de vista técnico y operativo, la falla de una bombilla, balasto o luminaria de sodio no puede atenderse mediante la reposición convencional "uno a uno" con equipos de igual tecnología. La solución técnicamente procedente debe orientarse a la sustitución por una luminaria LED integral, certificada y seleccionada conforme a las características geométricas, eléctricas, fotométricas y ambientales del sector intervenido.

Los elementos accesorios que no se encuentran incluidas expresamente dentro de la restricción, tales como fotoceldas, conectores, brazos, bomeras, cableado, bases, terminales o dispositivos de protección, podrán requerir mantenimiento o reemplazo cuando sea necesario. No obstante, estas intervenciones no deben emplearse para extender artificialmente la vida útil de luminarias de sodio que presenten deterioro funcional, fallas recurrentes, depreciación lumínica o necesidad de reemplazo de sus componentes principales.

Concepto 3. No viabilidad de continuidad tecnológica mediante metal halide

El inventario registra 30 equipos de metal halide, equivalentes al 1,15 % del sistema. Aunque su participación cuantitativa es reducida, estos equipos operan con fuentes de descarga de alta intensidad y presentan potencias nominales elevadas, por lo cual tienen una incidencia importante sobre la carga instalada, el consumo energético y las actividades de mantenimiento.

La continuidad tecnológica de estos equipos no resulta viable dentro de nuevos procesos de reposición o modernización, debido a las restricciones vigentes aplicables a las bombillas de halogenuros metálicos, sus balastos electromagnéticos y las luminarias destinadas a estas fuentes. En consecuencia, cualquier falla que comprometa la operación de estos equipos deberá conducir a su sustitución por soluciones LED certificadas y diseñadas específicamente para el uso requerido, especialmente cuando se trate de proyectores, escenarios deportivos, zonas de encuentro comunitario o espacios con requerimientos especiales de iluminación.

Concepto 4. Condición de cumplimiento aplicable a nuevas intervenciones

La condición normativa del sistema debe analizarse diferenciando entre infraestructura existente y nuevas intervenciones. Los equipos actualmente instalados deben ser evaluados con base en su estado físico, desempeño luminico, seguridad eléctrica, historial de fallas y documentación disponible. Sin embargo, para toda instalación nueva, expansión, modernización o reposición a nuevo, deberán cumplirse integralmente los requisitos del RETILAP y del RETIE vigentes.

Por tanto, no es técnicamente admisible proyectar la instalación o reposición de luminarias de sodio o metal halide como solución permanente para la atención de

fallas, ampliaciones de cobertura o mejoramiento del servicio. Las nuevas soluciones deberán fundamentarse en tecnología LED certificada, con evidencia de conformidad respecto de eficacia luminosa, distribución fotométrica, índice de reproducción cromática, vida útil, grado de protección IP, resistencia al impacto IK, protección contra sobretensiones, factor de potencia, distorsión armónica y demás requisitos aplicables al producto y a la instalación.

Concepto 5. Priorización de la modernización en el área rural

El análisis del inventario evidencia que el área rural concentra la mayor proporción de tecnologías convencionales. De las 1.210 luminarias rurales registradas, aproximadamente 1.004 corresponden a equipos de sodio y metal halide, equivalentes al 82.98 % del inventario rural.

Esta condición convierte al componente rural en la principal prioridad para la modernización progresiva del sistema. La intervención deberá enfocarse inicialmente en corredores viales rurales, accesos a centros poblados, vías de conexión veredal, zonas escolares, espacios comunitarios y sectores con mayores dificultades de acceso para mantenimiento.

La estrategia de modernización debe considerar no solo la sustitución de equipos, sino también la verificación de alturas de montaje, interdistancias, estado de postes y brazos, configuración eléctrica, protecciones, condiciones de red, clasificación de las vías, niveles requeridos de iluminación, uniformidad, deslumbramiento y facilidad de mantenimiento. La selección de potencia no deberá realizarse por equivalencia directa con las luminarias de sodio existentes, sino mediante diseño o verificación fotométrica conforme a las condiciones particulares de cada sector.

Concepto 6. Riesgo operativo y financiero por indisponibilidad de repuestos principales

La continuidad del servicio de alumbrado público depende de la posibilidad de atender oportunamente las fallas de los equipos instalados. En el caso de las luminarias de sodio y metal halide, la restricción de comercialización de los principales componentes funcionales genera un riesgo operativo para el municipio, dado que la disponibilidad regular, certificada y trazable de bombillas, balastos y luminarias equivalentes se encuentra limitada por la normativa vigente.
En consecuencia, el municipio no debe incorporar en sus proyecciones de AOM la adquisición futura de repuestos convencionales como estrategia permanente de mantenimiento. La planeación financiera debe migrar gradualmente hacia esquemas de sustitución tecnológica, priorizando la reposición de luminarias convencionales por equipos LED certificados, con garantías verificables, disponibilidad de soporte técnico, repuestos compatibles y condiciones claras de mantenimiento.

Concepto 7. Gestión ambiental de los equipos retirados

El proceso de modernización deberá incorporar un programa específico de gestión de residuos derivados del desmonte de luminarias convencionales. Las bombillas de sodio y metal halide retiradas deberán manejarse de manera diferenciada, evitando su disposición junto con residuos ordinarios, escombros o materiales reciclables no peligrosos.

Asimismo, los balastos, condensadores, ignitores, conductores, fotoceldas, luminarias, conjuntos ópticos y demás componentes eléctricos o electrónicos deberán ser clasificados, almacenados temporalmente, transportados y entregados a gestores autorizados, de acuerdo con su naturaleza y con los procedimientos ambientales aplicables.

El municipio deberá exigir al contratista o prestador responsable del mantenimiento o modernización la trazabilidad documental de los residuos generados, incluyendo actas de retiro, inventarios de equipos desmontados, certificados de aprovechamiento o disposición final y soportes de entrega a gestores autorizados. Esta obligación deberá incorporarse expresamente en los términos de referencia, contratos de AOM y proyectos de modernización del sistema.

6.3.4 Diagnóstico de RED existente.

La infraestructura eléctrica que suministra energía al Sistema de Alumbrado Público —SAP— del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, se encuentra articulada a la red de distribución local administrada por el operador de red competente. Dicha infraestructura comprende redes de media tensión —MT—, transformadores de distribución, redes de baja tensión —BT—, circuitos de alumbrado público, dispositivos de maniobra, protecciones, sistemas de medida y demás elementos requeridos para garantizar la disponibilidad de energía en los puntos donde se encuentran instaladas las luminarias, proyectores y equipos auxiliares del sistema.

La operación del SAP depende de la continuidad, calidad y estabilidad de la red de distribución que atiende tanto la cabecera municipal como los sectores rurales y centros poblados. En términos generales, el suministro eléctrico se origina en las subestaciones y circuitos de distribución del operador de red, desde donde la energía es transportada a través de alimentadores de media tensión hasta los transformadores de distribución. Posteriormente, dichos transformadores reducen la tensión a niveles de baja tensión compatibles con la operación de las luminarias, controles, fotoceldas, protecciones y demás equipos asociados al sistema de alumbrado público. La tensión nominal efectiva de cada circuito, así como la capacidad de los transformadores y la configuración de las redes, deberá

verificarse mediante información oficial del operador de red, planos eléctricos, inventarios de activos y levantamientos técnicos en campo.

Para efectos del presente Estudio Técnico de Referencia, se reconoce que la extensión territorial del municipio, la presencia de sectores rurales, vías de conexión veredal y zonas con condiciones topográficas variables pueden generar desafíos para la prestación continua y uniforme del servicio de alumbrado público. En particular, los circuitos ubicados en zonas alejadas de los centros de transformación o conectados a ramales de mayor longitud pueden estar expuestos a variaciones de tensión, pérdidas técnicas, eventos de interrupción o limitaciones operativas que incidan sobre el desempeño de las luminarias y demás equipos eléctricos asociados. Sin embargo, la existencia de caídas de tensión, sobrecargas, fluctuaciones de tensión o deficiencias específicas en la calidad del servicio no puede determinarse únicamente a partir del inventario de luminarias. Su validación requiere mediciones eléctricas, análisis de cargabilidad de transformadores, revisión de conductores, verificación de longitudes de circuito, evaluación de balances de carga, inspección de protecciones y consulta de los registros operativos del operador de red. Estas actividades permitirán establecer si las condiciones de alimentación actuales se encuentran dentro de los rangos admisibles para la operación segura y eficiente del sistema de alumbrado público.

Las luminarias LED, en particular, requieren condiciones adecuadas de tensión, protección contra sobretensiones, puesta a tierra, conexión eléctrica y calidad de suministro para garantizar el desempeño previsto por el fabricante. Variaciones sostenidas de tensión, sobretensiones transitorias, conexiones deficientes, ausencia de dispositivos de protección o fallas en los sistemas de puesta a tierra pueden afectar la vida útil de los drivers, provocar fallas prematuras, reducir la confiabilidad operativa y generar afectaciones en la continuidad del servicio. Por esta razón, toda intervención de modernización deberá incluir la revisión de la infraestructura eléctrica existente y la verificación de las condiciones de alimentación en cada sector intervenido.

La evaluación de la red deberá contemplar aspectos como la capacidad disponible de los transformadores, el estado de conductores y acometidas, la existencia de circuitos exclusivos o compartidos, la condición de los tableros de control, el funcionamiento de fotoceldas y contactores, la coordinación de protecciones, los sistemas de puesta a tierra, la presencia de descargadores de sobretensión y la disponibilidad de mecanismos de seccionamiento. Asimismo, será necesario identificar sectores críticos donde la distancia entre el transformador y los puntos de iluminación, la topografía, la dispersión de las cargas o la exposición a eventos atmosféricos puedan afectar la confiabilidad del sistema.

En los sectores donde se identifiquen deficiencias de tensión, fallas recurrentes, limitaciones de capacidad o dificultades de maniobra, deberán evaluarse alternativas técnicas en coordinación con el operador de red. Entre las medidas

que podrán analizarse se encuentran la adecuación de circuitos de baja tensión, la redistribución de cargas, el reforzamiento de conductores, la instalación o reubicación de transformadores, el mejoramiento de protecciones, la incorporación de descargadores de sobretensión, la sectorización de circuitos, la actualización de tableros de control y la implementación de sistemas de telecontrol o monitoreo remoto para el sistema de alumbrado público.

La eventual incorporación de reguladores de tensión, reconectadores, bancos de condensadores, equipos de maniobra automatizados o esquemas de respaldo deberá estar sustentada en estudios específicos de calidad de potencia, cargabilidad, coordinación de protecciones y operación de red. Estas soluciones no deben definirse de manera general para todo el municipio, sino a partir de las necesidades identificadas en los circuitos y sectores prioritarios, teniendo en cuenta que la infraestructura de distribución eléctrica pertenece o se encuentra bajo la operación y regulación del operador de red competente. Finalmente, la confiabilidad del sistema de alumbrado público no depende únicamente de la tecnología de las luminarias, sino también de la calidad de la red que las alimenta, de la condición de los elementos de control y protección, de la capacidad de respuesta ante fallas y de la disponibilidad de información técnica actualizada. En este sentido, resulta necesario que el municipio articule los procesos de administración, operación, mantenimiento y modernización del SAP con el operador de red, garantizando que las intervenciones futuras cumplan los requisitos aplicables del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas —RETIE— y del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público —RETILAP—, y que se orienten hacia un sistema más seguro, confiable, eficiente y sostenible.Estructura de Alimentación en Media Tensión (MT)

El sistema de media tensión (MT) constituye el eslabón intermedio entre la transmisión y la distribución de energía eléctrica en el Municipio de Ginebra, Valle del Cauca, garantizando la transferencia eficiente de energía desde las subestaciones primarias del operador de red hasta los transformadores de distribución que alimentan, de forma directa, los circuitos asociados al Sistema de Alumbrado Público (SAP). En este nivel, la red opera típicamente a tensiones de 13,2 kV y 13,8 kV, valores estandarizados para las redes de distribución en Colombia y que se encuentran en concordancia con los requerimientos técnicos del RETIE – Resolución 90708 de 2024. La estabilidad operativa de la MT es fundamental, ya que cualquier perturbación en este nivel se replica en la baja tensión (BT), afectando directamente el desempeño lumínico, la vida útil de los equipos y el cumplimiento de los parámetros fotométricos establecidos por el RETILAP 2024 (Resolución 40150 de 2024).

Líneas de Media Tensión

En Ginebra, la red de MT está compuesta mayoritariamente por líneas aéreas, las cuales atraviesan tanto la zona urbana como la extensa área rural del municipio. Estas líneas emplean conductores tipo ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) y, en algunos sectores, conductores de aleación de aluminio 6201,

ambos ampliamente utilizados por su equilibrio entre resistencia mecánica, durabilidad, capacidad de conducción y peso reducido. La selección de estos materiales está orientada a minimizar las pérdidas técnicas por efecto Joule (I^2R) y a garantizar un comportamiento óptimo frente a esfuerzos mecánicos generados por la tensión del vano y condiciones ambientales.

La red de MT en Ginebra se ve expuesta a factores ambientales propios de su geografía como pendientes pronunciadas, vientos fuertes, alta humedad, descargas atmosféricas y caída de árboles, lo cual incrementa la probabilidad de interrupciones no programadas. Este contexto exige que la confiabilidad dependa de un programa de mantenimiento preventivo robusto, que incluya inspecciones periódicas mediante drones, termografía infrarroja, pruebas de aislamiento en línea viva y verificación de herrajes, en cumplimiento con lo dispuesto en el RETILAP 2024, Sección 3.3.3.1.1, que establece la necesidad de mantener inventarios, información técnica y condiciones adecuadas de infraestructura asociada al SAP.

En algunos sectores estratégicos de la cabecera municipal, especialmente en zonas urbanas consolidadas o en áreas turísticas, se han implementado tramos de líneas subterráneas de media tensión, cuya finalidad es mejorar la estética urbana, reducir riesgos eléctricos y aumentar la confiabilidad frente a eventos atmosféricos. No obstante, su implementación sigue siendo limitada debido a los mayores costos asociados a instalación, operación y localización de fallas, lo cual requiere sistemas especializados de detección y monitoreo subterráneo.

Soportes de las Líneas Aéreas

Las líneas aéreas de MT en Ginebra están soportadas principalmente por postes de concreto reforzado, complementados en menor proporción por estructuras metálicas en zonas donde las cargas mecánicas, el ángulo del vano o la altura requerida lo demandan. Este tipo de infraestructura está equipada con aisladores de porcelana y polímero, seleccionados según su capacidad de aislamiento, comportamiento frente a descargas y adaptación a las condiciones ambientales del municipio.

Los aisladores de porcelana, aunque tradicionalmente robustos, son susceptibles a fisuras por esfuerzos mecánicos y deterioro superficial. En contraste, los aisladores poliméricos presentan ventajas significativas en ambientes húmedos y con alta contaminación, como los de Ginebra, al poseer mayor hidrofobicidad, menor peso y mejor resistencia a descargas parciales. Por lo tanto, su utilización resulta recomendada para disminuir la probabilidad de fallas, efectos corona, descargas superficiales y contaminación salina o industrial, contribuyendo al cumplimiento de las exigencias del RETIE en materia de seguridad eléctrica.

Un elemento crítico en la ingeniería de estas estructuras es la coordinación del aislamiento, la cual debe garantizar que los equipos soporten adecuadamente las sobretensiones transitorias generadas por descargas atmosféricas o maniobras de conmutación. Para este fin, se dispone de pararrayos en derivaciones estratégicas

de las líneas de MT, con el objetivo de proteger transformadores y demás equipos del SAP. Esta medida es especialmente importante para luminarias LED, cuyos drivers electrónicos presentan mayor sensibilidad a picos de tensión y transitorios, lo que podría reducir drásticamente su vida útil si no se implementan los esquemas de protección adecuados.

Transformadores de Distribución

Los transformadores de distribución son los elementos clave en la red eléctrica del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, responsables de reducir los niveles de tensión desde media tensión (13,2 o 13,8 kV) hasta valores de baja tensión (220/127 V), adecuados para la alimentación del sistema de alumbrado público (SAP). Estos dispositivos constituyen el nexo entre la infraestructura de transmisión secundaria y las cargas lumínicas instaladas en vías, parques y espacios públicos, por lo cual su diseño, estado y dimensionamiento tienen un impacto directo en la calidad y continuidad del servicio, así como en la vida útil de las luminarias.

- Transformadores de Poste

En Ginebra, la configuración predominante corresponde a transformadores de poste, debido a la dispersión de la población y a la extensión de la red rural. Estos transformadores se instalan sobre estructuras aéreas y permanecen expuestos a condiciones ambientales adversas como lluvias intensas, temperaturas variables, vientos fuertes y descargas atmosféricas. Por lo anterior, su sistema de aislamiento y ventilación es crítico para evitar sobrecalentamientos, pérdidas dieléctricas y fallas por sobrecarga.

Desde el punto de vista constructivo, los transformadores de poste en Ginebra suelen estar diseñados con núcleos de acero al silicio laminado en frío, lo que reduce las pérdidas por histéresis y las corrientes parásitas de Foucault, incrementando la eficiencia magnética del dispositivo. Su potencia nominal varía según la carga lumínica asignada, y su operación debe mantenerse dentro de un factor de carga inferior al 70 %, conforme a buenas prácticas de ingeniería eléctrica y a lo estipulado en el RETIE 2024, con el fin de garantizar una vida útil superior a los 20 años.

- Transformadores de Pedestal

En sectores más consolidados de la cabecera urbana o en áreas de alto tráfico peatonal y vehicular, se recomienda el uso de transformadores de pedestal. Estos equipos están instalados sobre cimentaciones de concreto y cuentan con recubrimientos metálicos herméticamente sellados, que les confieren mayor resistencia contra la humedad, el polvo, la corrosión y el ingreso de animales. La ventaja de este tipo de transformadores radica en su seguridad operativa y en su

capacidad para integrarse a redes subterráneas de media tensión, lo que reduce el impacto visual y mejora la estética urbana. Su sistema de ventilación pasiva permite disipar calor incluso bajo condiciones de sobrecarga moderada, asegurando la estabilidad de la red que alimenta las luminarias LED de mayor potencia instaladas en el municipio.

- Relación de Transformación y Regulación de Voltaje

La relación de transformación típica en los transformadores de Ginebra es 13,2 kV / 220-127 V, valor estándar en la mayoría de municipios del Valle del Cauca. Esta relación está diseñada para atender la carga de alumbrado público distribuida en circuitos radiales de baja tensión. No obstante, dada la extensión de los ramales y la dispersión geográfica de las luminarias en áreas rurales, los transformadores están equipados con derivaciones ajustables (tap changers en carga o fuera de carga), que permiten compensar caídas de tensión en función de la distancia a los puntos de consumo.

La correcta regulación del voltaje es indispensable para asegurar que las luminarias LED operen dentro de su margen de tolerancia eléctrica (±10 % de la tensión nominal), conforme a lo exigido en el RETILAP 2024, Capítulo de Requisitos de Desempeño Fotométrico y Eléctrico de Luminarias. Una inadecuada relación de transformación o ausencia de ajustes adecuados puede provocar desde baja eficiencia lumínica y aumento en los costos de energía hasta fallas prematuras en los drivers electrónicos de las luminarias, afectando la sostenibilidad técnica y financiera del servicio.

Regulación de Voltaje y Compensación de Potencia Reactiva

La regulación de voltaje constituye uno de los aspectos técnicos más críticos para asegurar la eficiencia y confiabilidad del Sistema de Alumbrado Público (SAP) en el municipio de Ginebra. La estabilidad de la tensión en los circuitos de media y baja tensión es esencial para garantizar que las luminarias funcionen en condiciones óptimas, evitando problemas como subvoltajes que reducen la eficiencia lumínica y el nivel de iluminancia o sobretensiones que acortan la vida útil de los equipos electrónicos, especialmente en luminarias LED cuyo desempeño depende de una alimentación eléctrica precisa.

En Ginebra, dada la dispersión geográfica de la población y la extensión de las líneas rurales, las caídas de tensión son frecuentes en los puntos más alejados de los transformadores de distribución. Esta situación obliga a la implementación de dispositivos y estrategias de compensación que permitan mantener el voltaje dentro de los márgenes de operación exigidos por la normatividad. De acuerdo con el RETILAP 2024 (Resolución 40150 de 2024), la desviación máxima permitida en los sistemas de alumbrado público no debe superar el ±10 % de la tensión nominal, parámetro que se constituye en un referente obligatorio para el diseño, operación y mantenimiento de la red.

- Reguladores de Voltaje

Los reguladores automáticos de voltaje en media tensión representan la primera línea de defensa contra las fluctuaciones de carga en la red de distribución. Estos equipos, instalados en puntos estratégicos como subestaciones, alimentadores principales o transformadores de gran capacidad, permiten compensar en tiempo real las caídas de tensión ocasionadas por distancias prolongadas o incrementos súbitos en la demanda eléctrica.

Su operación se realiza mediante cambiadores de derivación bajo carga (On-Load Tap Changers, OLTC) que ajustan la relación de transformación sin interrumpir el suministro, manteniendo el voltaje dentro de un rango operativo definido, usualmente ±5 %. En un municipio como Ginebra, donde las condiciones topográficas incrementan las pérdidas por efecto de línea, estos dispositivos se vuelven indispensables para garantizar que la energía llegue con la calidad necesaria a luminarias LED de alta potencia, evitando degradación prematura en los drivers electrónicos y asegurando la uniformidad de la iluminación en corredores viales y espacios públicos.

- Condensadores de Potencia Reactiva

Otro componente fundamental en el desempeño de la red es la compensación de potencia reactiva. En Ginebra, todavía se registran numerosas luminarias de sodio a alta presión y mercurio, tecnologías basadas en descargas de gas que presentan un comportamiento altamente inductivo, reduciendo el factor de potencia (FP) de la red y aumentando las pérdidas técnicas. Para corregir estas condiciones, se emplean bancos de condensadores instalados en media tensión, cuya función es suministrar potencia reactiva capacitiva que compense la inductiva generada por las cargas, mejorando así el balance eléctrico del sistema.

El mejoramiento del factor de potencia tiene múltiples beneficios: reduce las corrientes de línea, disminuye las pérdidas por efecto Joule (I^2R), libera capacidad en los transformadores de distribución y estabiliza los perfiles de tensión en los circuitos de alumbrado. Desde la perspectiva de la ingeniería eléctrica, esta medida no solo es una práctica de eficiencia energética, sino también una exigencia normativa, ya que la Resolución CREG 101-013 de 2022 contempla que la remuneración de costos de operación y mantenimiento en el SAP debe asociarse a un sistema operado en condiciones técnicas eficientes, dentro de las cuales el factor de potencia no puede descender por debajo de los niveles mínimos establecidos en la regulación.

Sistemas de Protección en Media Tensión

Los sistemas de protección en media tensión (MT) son un componente indispensable para garantizar la operación continua, segura y confiable de la red eléctrica que alimenta el sistema de alumbrado público (SAP) en Ginebra, Valle

del Cauca. Estos dispositivos tienen como función principal aislar rápidamente las fallas eléctricas, limitando su propagación y reduciendo el área afectada, al tiempo que protegen los activos de la infraestructura —líneas, transformadores y luminarias— frente a sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones. En un municipio con características topográficas complejas y condiciones ambientales severas, como lo son la alta humedad, las lluvias frecuentes y la alta exposición a descargas atmosféricas, la confiabilidad de los sistemas de protección es determinante para garantizar la prestación del servicio bajo los criterios de calidad y continuidad exigidos por el RETILAP 2024 (Res. 40150 de 2024) y la Resolución CREG 101-013 de 2022.

- Fusibles de Media Tensión

Los fusibles de expulsión tipo "K" o "T" son utilizados ampliamente en las redes de Ginebra para la protección de transformadores de distribución y derivaciones de circuitos aéreos. Estos dispositivos interrumpen la corriente de falla cuando esta supera la capacidad nominal de los equipos, protegiendo así los transformadores de poste y evitando daños mayores en la infraestructura. Una característica fundamental de los fusibles es que proporcionan protección localizada, lo cual significa que, en caso de falla, únicamente se desconecta el tramo afectado, permitiendo la continuidad del servicio en el resto del circuito. Para que su operación sea efectiva, es indispensable que su curva de disparo esté coordinada con la de otros dispositivos de protección aguas arriba y aguas abajo, bajo el principio de coordinación de protecciones establecido en el RETIE 2024.

- Interruptores de Circuito

En los alimentadores principales de media tensión, se instalan interruptores automáticos de circuito, diseñados para desconectar el suministro en caso de sobrecargas o cortocircuitos. Estos interruptores pueden ser de aceite, vacío o gas (SF6), seleccionados según el nivel de confiabilidad requerido, los costos de mantenimiento y las características de la red. En el contexto rural de Ginebra, donde la economía de operación y el bajo mantenimiento son prioritarios, los interruptores en vacío representan la opción más adecuada, ya que ofrecen alta durabilidad, confiabilidad en la interrupción de corrientes de falla y mínima necesidad de reposición de componentes. Además, permiten maniobras frecuentes sin degradación significativa del equipo, lo que resulta esencial en redes con frecuentes perturbaciones atmosféricas.

- Relés de Protección

Los relés de protección complementan a los interruptores, al detectar de forma rápida y precisa condiciones anormales en la red, tales como corrientes de cortocircuito, pérdida de fase, desequilibrios de tensión, sobretensiones transitorias o permanentes. En Ginebra, dependiendo de la antigüedad de cada circuito, aún

pueden encontrarse relés electromecánicos convencionales, pero la tendencia, conforme a los lineamientos de modernización, es la migración hacia relés digitales. Estos últimos permiten curvas de disparo programables, registro de eventos, autodiagnóstico y, especialmente, la integración con sistemas de supervisión y control (SCADA), lo cual habilita una gestión remota de la red, aumentando la capacidad de respuesta ante contingencias.

- Pararrayos y Supresores de Sobretensión

Debido a la alta incidencia de tormentas eléctricas en el suroriente tolimense, las líneas aéreas de media tensión en Ginebra son vulnerables a sobretensiones producidas por descargas atmosféricas. Para mitigar este riesgo, se instalan pararrayos en derivaciones y puntos estratégicos de la red, cuya función es desviar a tierra la corriente de un rayo, evitando que esta afecte transformadores y equipos conectados. Complementariamente, los supresores de sobretensión (surge arresters) absorben las sobretensiones transitorias de origen tanto atmosférico como de maniobra, protegiendo de manera directa las luminarias LED y los drivers electrónicos, que son más sensibles a picos de voltaje que las antiguas lámparas de descarga. La implementación de estos sistemas no solo incrementa la resiliencia del SAP, sino que también asegura el cumplimiento de los requisitos de continuidad de servicio del RETILAP 2024.

Red de Baja Tensión (BT)

La red de baja tensión (BT) en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca, constituye el último eslabón de la cadena de distribución eléctrica que alimenta directamente las luminarias del sistema de alumbrado público. Este nivel de la red está diseñado para operar a tensiones de 220/127 V, conforme a lo establecido por el RETIE 2024 y las normas técnicas de diseño de redes de distribución secundaria, garantizando que la energía llegue en condiciones de calidad y seguridad a cada punto lumínico, tanto en la cabecera urbana como en las veredas rurales. La importancia de este segmento radica en que cualquier deficiencia en su diseño, dimensionamiento o mantenimiento tiene un impacto directo en la prestación del servicio, afectando la uniformidad lumínica, la vida útil de las luminarias y los costos de operación y mantenimiento del sistema.

Conductores de Baja Tensión

Los conductores utilizados en la red de BT deben dimensionarse adecuadamente para minimizar las pérdidas por efecto Joule (I^2R) y garantizar la eficiencia en la distribución. En Ginebra, se utilizan con mayor frecuencia conductores de cobre y de aluminio, recubiertos con aislamientos termoplásticos (PVC, XLPE) o termoestables, diseñados para soportar condiciones climáticas adversas como humedad alta, radiación UV y variaciones térmicas.

- Calibre y tipo de conductores: De acuerdo con la carga conectada y las distancias de los ramales, se emplean calibres que oscilan entre 8 AWG y 4 AWG. Los conductores de cobre son preferidos en los tramos urbanos por su mayor capacidad de conducción y menor resistencia eléctrica, mientras que los conductores de aluminio son más comunes en las zonas rurales debido a su menor peso, lo que reduce esfuerzos sobre los postes y herrajes.
- Aislamiento: En cumplimiento del RETIE, los aislamientos deben ser resistentes a la intemperie y cumplir con normas de resistencia dieléctrica y mecánica, de modo que se garantice su integridad frente a descargas atmosféricas, contaminación ambiental y contacto accidental.

Caídas de Tensión y Pérdidas de Energía

En los circuitos de baja tensión, la caída de tensión es uno de los problemas más recurrentes, especialmente en áreas rurales de Ginebra, donde las líneas pueden extenderse varios kilómetros desde los transformadores de distribución hasta las luminarias más alejadas.

- Efectos en el servicio: Una caída de tensión superior al 3 % en BT compromete la eficiencia de las luminarias, generando niveles de iluminación por debajo de lo exigido en el RETILAP 2024 (Res. 40150 de 2024, Cap. 3.2 sobre requisitos fotométricos). Las luminarias LED, por su sensibilidad electrónica, son particularmente vulnerables a operar fuera de rango, lo que disminuye su flujo luminoso y acorta su vida útil.
- Métodos de mitigación: Para reducir este fenómeno, se pueden emplear conductores de mayor calibre, redistribuir las cargas en varios circuitos más cortos o implementar sistemas de compensación local. En zonas críticas, la estrategia más eficiente es la sectorización de circuitos, alimentando desde transformadores adicionales o puntos de refuerzo que reduzcan la longitud de los ramales.

Protección en Baja Tensión

Todo circuito de BT debe contar con dispositivos de protección que eviten fallas catastróficas tanto en las luminarias como en la infraestructura asociada.

- Interruptores automáticos y fusibles: Cada ramal de alumbrado debe estar protegido con dispositivos calibrados a la corriente máxima de operación. Estos equipos protegen contra sobrecorrientes, cortocircuitos y fallas a tierra, evitando que una falla localizada provoque daños en toda la red.
- Selectividad y coordinación: La coordinación entre las protecciones de MT y BT es crítica para garantizar que las fallas se aíslen en el menor tramo posible. Esto implica un estudio detallado de curvas tiempo-corriente (TCC), asegurando que los fusibles de BT actúen antes que los interruptores generales de MT en caso de falla en una luminaria o ramal específico.

6.3.5 Diagnóstico de la Red de Baja Tensión en Ginebra

El diagnóstico realizado en Ginebra permite identificar varios aspectos críticos:

1. Infraestructura envejecida: Parte de los conductores y herrajes presentan signos de corrosión y fatiga mecánica, especialmente en conexiones expuestas a humedad y contaminación ambiental.
2. Pérdidas resistivas elevadas: El envejecimiento de los conductores y la sobrerresistencia en empalmes generan pérdidas adicionales que impactan la eficiencia energética del sistema.
3. Conexiones deficientes: Se han observado empalmes improvisados y falta de prensado adecuado en algunos puntos, lo que ocasiona puntos calientes con riesgo de falla eléctrica.
4. Aisladores deteriorados: Los aisladores de porcelana muestran fisuras y fracturas por impactos mecánicos y descargas atmosféricas, mientras que los aisladores poliméricos presentan envejecimiento por exposición a rayos UV, reduciendo su efectividad dieléctrica con el tiempo.
5. Caídas de tensión en zonas rurales: En circuitos con longitudes superiores a 5-10 km, se registran caídas significativas de voltaje que afectan el desempeño de las luminarias más alejadas, reduciendo la uniformidad lumínica y generando incumplimientos frente a los niveles mínimos exigidos en RETILAP.
6.

6.4 Clasificación vial conforme al reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

La correcta clasificación de las vías del Municipio de Ginebra, Valle del Cauca, constituye un pilar fundamental dentro del diseño, modernización y evaluación del Sistema de Alumbrado Público (SAP). En cumplimiento de las disposiciones establecidas en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP 2024, este proceso permite definir con precisión los niveles mínimos de iluminancia, uniformidad, reproducción cromática, control del deslumbramiento y demás parámetros fotométricos obligatorios, en función de las características geométricas, funcionales y operativas de cada vía.

El RETILAP establece que ningún proyecto de alumbrado público, ni diagnóstico de infraestructura existente, puede prescindir de la clasificación vial, puesto que esta determina la categoría lumínica aplicable (ME – Emblemáticas/Movilidad, CE – Conflictivas/Comerciales, S – Peatonales, ES – Espacios), así como los criterios mínimos de seguridad visual para peatones, ciclistas y conductores. En este sentido, la clasificación no es simplemente un ejercicio descriptivo, sino una

herramienta normativa que asegura la correcta toma de decisiones técnicas, financieras y administrativas por parte del municipio.

Para el caso específico de Ginebra, se aplicó una metodología integral que combina análisis documental, trabajo de campo, caracterización geométrica y evaluación del tránsito, con el fin de obtener una clasificación fiel a las condiciones reales del territorio urbano y rural. El proceso se desarrolló en seis fases, ampliamente detalladas a continuación.

6.4.1 Recolección de Información Documental

La primera fase consistió en consolidar la información técnica disponible sobre la red vial y el Sistema de Alumbrado Público, tomando como fuentes principales:

- El Plan Basico de Ordenamiento Territorial – EOT del Municipio de Ginebra.
- La cartografía oficial de la red vial suministrada por la Alcaldía y el operador de red.
- Los planos existentes de infraestructura eléctrica en MT y BT.
- El inventario georreferenciado de luminarias.
- Registros fotográficos y archivos históricos del sistema.

Este insumo permitió identificar de manera preliminar la estructura vial del municipio de Ginebra, incluyendo los principales ejes de movilidad de la cabecera municipal, el corredor interregional asociado a la vía hacia Pichichi, las vías urbanas de conexión interna y la red vial rural que articula las veredas y centros poblados con el casco urbano. La revisión documental permitió reconocer los corredores susceptibles de evaluación dentro del sistema de alumbrado público, así como establecer una base para la definición de rutas de inspección, la localización de puntos de iluminación existentes y la posterior clasificación funcional de las vías y espacios públicos intervenidos.

La consolidación de esta información resulta fundamental para delimitar el universo de vías urbanas y rurales susceptible de análisis, priorizar corredores según sus condiciones de movilidad, seguridad y actividad nocturna, y orientar la evaluación fotométrica de acuerdo con las características particulares de cada sector. En este sentido, la red vial municipal constituye un elemento determinante para la planeación de la cobertura, expansión, operación, mantenimiento y modernización del Sistema de Alumbrado Público.

6.4.2 Identificación Preliminar de Vías

A partir de los documentos recopilados, la cartografía disponible y la información territorial del municipio, se realizó una preclasificación funcional de las vías y espacios de circulación de Ginebra, mediante criterios de jerarquía, conectividad, uso predominante, intensidad de tránsito y relación con la prestación del servicio de alumbrado público. Esta clasificación constituye una aproximación técnica inicial para orientar las actividades de inspección, levantamiento de información y posterior validación en campo.

- Corredores de conexión regional y municipal: corresponden a los ejes viales que articulan la cabecera municipal con los corredores regionales del Valle del Cauca y con los municipios vecinos de Guacarí, El Cerrito y Guadalajara de Buga. Dentro de esta categoría se consideran también los accesos principales al casco urbano y los tramos que concentran tránsito vehicular intermunicipal, actividad comercial, servicios, turismo y desplazamientos cotidianos de la población.
- Vías urbanas colectoras y locales: comprenden las vías internas de la cabecera municipal que conectan barrios, sectores residenciales, áreas comerciales, instituciones educativas, equipamientos públicos, parques, escenarios deportivos y demás zonas de uso colectivo. Estas vías presentan diferentes niveles de circulación vehicular y peatonal, por lo que requieren una evaluación particular de sus condiciones de iluminación, seguridad, movilidad nocturna y uso del espacio público.
- Vías rurales de conexión a corregimientos y veredas: agrupan los corredores que comunican la cabecera municipal con los corregimientos de Costa Rica, Juntas, Cocuyos, La Selva, La Floresta, La Naviliera, Los Medios y Zabaletas, así como las vías interveredales y accesos a sectores productivos, turísticos, educativos y comunitarios. Estas vías cumplen una función fundamental para la movilidad rural, el transporte de productos agropecuarios, el acceso a viviendas dispersas y la conexión de la población con los servicios localizados en la cabecera municipal.
- Vías terciarias y caminos rurales: corresponden a tramos de menor jerarquía funcional, asociados principalmente con la movilidad local de las veredas, el acceso a predios rurales, actividades agrícolas, transporte de cosechas y desplazamientos comunitarios. Debido a sus condiciones de topografía, longitud, dispersión poblacional y dificultad de acceso, estos sectores requieren criterios específicos para definir la pertinencia, cobertura y tipo de solución de alumbrado público.
- Áreas peatonales y espacios públicos: incluyen andenes, senderos, parques, plazoletas, zonas recreativas, áreas deportivas, entornos institucionales y demás espacios de circulación o permanencia peatonal. La evaluación de estas zonas debe considerar no solo los niveles de iluminación requeridos, sino también aspectos relacionados con seguridad ciudadana,

accesibilidad, percepción visual, actividad nocturna y uso efectivo del espacio público.

Esta etapa permitió estructurar un mapa preliminar del sistema vial y de los espacios públicos susceptibles de análisis dentro del Estudio Técnico de Referencia. La clasificación será validada y complementada mediante trabajo de campo, revisión de la infraestructura existente, identificación de luminarias instaladas, análisis de condiciones de movilidad y verificación de los requerimientos fotométricos aplicables a cada sector.

6.4.3 Trabajo de Campo y Caracterización Vial

La tercera fase consistió en visitas técnicas exhaustivas en el área urbana y rural, donde se recopilaron datos geométricos y operacionales indispensables para aplicar correctamente las tablas del RETILAP. Las inspecciones incluyeron:

- Medición de ancho de calzada y andenes.
- Evaluación de la topología del terreno: curvas, intersecciones, pendientes pronunciadas, cambios de sección.
- Registro del estado del pavimento, presencia de resaltos, canaletas y señalización.
- Determinación de la velocidad predominante de circulación, mediante observación directa y análisis del tipo de flujo vehicular.
- Identificación de focos de conflicto como zonas escolares, intersecciones críticas, áreas de alto flujo peatonal.
- Observación del comportamiento del tránsito nocturno, decisivo para determinar la categoría lumínica real.

La caracterización permitió correlacionar el comportamiento real del usuario con las exigencias de iluminación establecidos por el RETILAP para vías ME3, ME4, CE2, CE3, S1, S2 o ES, según cada caso.

6.4.4 Selección de Muestras Representativas

Debido a la diversidad del territorio montenegrino, se seleccionaron muestras viales representativas, que incluyeron:

- Corredores principales urbanos con tráfico mixto.
- Calles internas del casco urbano de tránsito medio.

- Vías peatonales en sectores residenciales.
- Ejes rurales que conectan veredas y fincas cafeteras.
- Vías de acceso a equipamientos estratégicos: parques, iglesias, zona comercial, estaciones de transporte.

Sobre cada tramo representativo se aplicaron herramientas como:

- GPS geodésico para georreferenciación precisa.
- Cámaras de alta resolución para documentación fotográfica.
- Medición de alturas de montaje de luminarias.
- Registro de interdistancias reales entre puntos de luz.

Estos datos permitieron determinar si la iluminación existente cumple, excede o está por debajo de las exigencias normativas.

6.4.5 Análisis de Parámetros Relevantes

Con la información recopilada se construyeron matrices técnicas de evaluación, que incluyeron variables como:

- Velocidad promedio del tránsito (criterio fundamental para vías ME).
- Volumen vehicular y peatonal en horas pico y valle.
- Ancho de calzada, número de carriles y presencia de separadores.
- Relación entre altura de poste e interdistancia (parámetro clave para uniformidad).
- Topología geométrica: trazados rectos, curvas, pendientes y giros.
- Existencia o ausencia de iluminación complementaria (comercio, fachadas, vehículos).
- Naturaleza del entorno (comercial, residencial, industrial o rural).

Estas variables permiten determinar la categoría lumínica aplicable según la tabla 17 del RETILAP 2024, la cual define requisitos estrictos de iluminancia mínima (lux), uniformidad global (Uo), uniformidad longitudinal (Ul), control del deslumbramiento (TI) y reproducción cromática (CRI).

6.4.6 Clasificación Final de las Vías

Finalmente, las vías del municipio fueron clasificadas conforme a su función, operación y características geométricas, en estricta concordancia con lo dispuesto por el RETILAP 2024. Como resultado se obtuvo una clasificación vial ajustada a la realidad montenegrina, que incluye:

- Vías de movilidad principal (categorías ME): ejes de acceso urbano, vías intermunicipales y corredores estructurantes.
- Vías conflictivas o comerciales (categorías CE): sectores comerciales, zonas de flujo mixto y plazas.
- Vías residenciales y peatonales (categorías S): calles internas de barrios y zonas de baja velocidad.
- Espacios recreativos y parques (categorías ES): áreas de permanencia, parques y senderos.

Este proceso no solo permitió identificar el cumplimiento o incumplimiento del sistema actual frente a los niveles mínimos de iluminación exigidos, sino también definir los requerimientos técnicos de modernización, priorizaciones por criticidad y parámetros normativos que deben regir los futuros proyectos de alumbrado público en el municipio.

6.5 Determinación de perfiles tipo.

La normatividad aplicable al diseño y clasificación de la iluminación vial en el municipio de Ginebra se encuentra regulada principalmente por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, actualizado mediante la Resolución 40150 de 2024 del Ministerio de Minas y Energía. Este reglamento establece los criterios técnicos mínimos que deben cumplirse para garantizar la seguridad vial, la eficiencia energética y la uniformidad lumínica en las diferentes tipologías de vías y espacios públicos.

De acuerdo con lo dispuesto en el apartado 510.1.a del RETILAP, la clasificación de las vías y la asignación de sus respectivos niveles de iluminación están directamente asociadas a parámetros operativos específicos, siendo los más relevantes:

- Velocidad de circulación predominante en la vía, expresada en km/h.
- Volumen vehicular promedio, medido en vehículos/hora o vehículos/día.

Estos parámetros permiten determinar la categoría de vía y, en consecuencia, el tipo de alumbrado aplicable, lo cual asegura que la iluminación se diseñe en función de la realidad operacional de cada corredor vial.

En particular, el RETILAP 2024, tabla 3.3.1.1. a, define las categorías de iluminación vial bajo la nomenclatura ME (Main Roads / Vías principales), CE (Collector Roads / Vías colectoras), S (Residential Streets / Vías residenciales o locales) y ES (Espacios peatonales o especiales). Cada una de estas categorías establece requisitos diferenciados en términos de:

- Nivel medio de iluminancia (lux).
- Uniformidad de la iluminancia en la calzada (Uo).
- Control del deslumbramiento (TI – Threshold Increment).
- Requisitos de reproducción cromática (CRI) y eficiencia de las luminarias.

La aplicación de estas categorías en Ginebra implica que vías con altos volúmenes de tránsito y mayores velocidades de operación (por ejemplo, las carreteras de conexión intermunicipal) deberán clasificarse como ME, exigiendo niveles lumínicos más estrictos, mientras que vías de carácter local o residencial podrán ser clasificadas en las categorías S o CE, con exigencias más moderadas.

Este marco normativo garantiza que el diseño lumínico del municipio no se limite únicamente a criterios estéticos o de cobertura, sino que responda a una planificación técnica, jurídica y regulatoria, orientada al cumplimiento de los estándares de seguridad, eficiencia energética y sostenibilidad establecidos por el Estado colombiano.

Tabla 4. Clases de iluminación para vías vehiculares.

CLASE DE ILUMINACIÓN	DESCRIPCIÓN VIA	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN (KM/H)		TRÁNSITO DE VEHICULOS T (Veh/h)	
M1	AUTOPISTAS Y CARRETERAS	EXTRA ALTA	V>80	MUY IMPORTANTE	
M2	VÍAS DE ACCESO CONTROLADO Y VÍAS RÁPIDAS.	ALTA	30<V<80	IMPORTANTE	T>1000
M3	VÍAS PRINCIPALES Y EJES VIALES	MEDIA	30<V<60	MEDIA	500<T<1000
M4	VÍAS PRIMARIAS O COLECTORAS	REDUCIDA	V<30	REDUCIDA	100<T<500
M5	VÍAS SECUNDARIAS	MUY REDUCIDA	20<=V<30	MUY REDUCIDA	T<100
M6	VÍAS DENTRO DE CONJUNTOS RESIDENCIALES	MUY REDUCIDA	V<20	MUY REDUCIDA	T<150

	CERRADOS Y CONDOMINIOS.				

Según tabla 3.3.1.1. a. fuente: RETILAP

Adicional a lo descrito anteriormente se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Complejidad de la circulación
- Controles del tráfico
- Tipos de usuarios de las vías
- Existencia de separadores

6.5.1 Descripción de las vías del municipio, perfiles tipo y tipología vial.

Tabla 5. Tipología vial.

SISTEMA DE COMUNICACIÓN VIAL MUNICIPAL						
TRAMOS	ZONA	CLASE DE ILUMINACION	CLASIFICACIÓN			
			Vías arterias principales	Vías arterias menores	Vías colectoras	Vías de servicio
Carrera 4 entre corredor inter-regional y la calle 13 dentro del perímetro urbano.	Urbana	M2	X			
Carrera 3 entre calle 2 y 13	Urbana	M3	X			
Carrera 2 entre calles 4 y 13	Urbana	M3	X			
Carrera 1N entre calle 6 y 14	Urbana	M3	X			
Calle 4 entre carrera 1N y 10	Urbana	M3	X			
Calle 10 entre carrera 4 y corredor inter.-regional vía Pichichi	Urbana	M3	X			
Calle 12ª o callejón villavanegas.	Urbana	M3	X			
Calle 13 entre carrera 4 y 1N.	Urbana	M3	X			
Carrera 5	Rural	M4	X			

SISTEMA DE COMUNICACIÓN VIAL MUNICIPAL						
TRAMOS	ZONA	CLASE DE ILUMINACION	CLASIFICACIÓN			
			Vias arterias principales	Vías arterias menores	Vias colectoras	Vias de servicio
Calle 11	Rural	M4	X			
Calle 12	Rural	M4	X			
Calle 3 entre carrera 2 y 7	Urbana	M4		X		
Calle 5 entre 1N y 7	Urbana	M4		X		
Calle 7 y 9 entre carrera 7 y 2N	Urbana	M4		X		
Calle 11 y 12 entre carrera 4 y 2N	Urbana	M4		X		
Carrera 4	Rural	M5		X		
Carrera 6	Rural	M5		X		
Carrera 7	Rural	M5		X		
Calle 5	Rural	M5		X		
Calle 9	Rural	M5		X		
Carrera 2N entre calle 6 y 13	Urbana	M4			X	
Carrera 1 entre calle 3 y 13	Urbana	M4			X	
Carrera 5 entre calle3 y 7	Urbana	M4			X	
Carrera 7 entre calles 1 y 7	Urbana	M4			X	
Carrera 6 entre calles 3 y 9	Urbana	M4			X	
Calle 1 entre carreras 4 y 7	Urbana	M4			X	
Calle 6 entre carrera 2N y 7	Urbana	M4			X	
Calle 8 entre carrera 2N y 4	Urbana	M4			X	
Calle 6	Rural	M5			X	
Calle 6B	Rural	M5			X	
Calle 7	Rural	M5			X	
Calle 8	Rural	M5			X	
Calle 9	Rural	M5			X	
Carrera 6	Rural	M5			X	
Carrera 6 A	Rural	M6				X
Carrera 7	Rural	M6				X

SISTEMA DE COMUNICACIÓN VIAL MUNICIPAL						
TRAMOS	ZONA	CLASE DE ILUMINACION	CLASIFICACIÓN			
			Vías arterias principales	Vías arterias menores	Vías colectoras	Vías de servicio
Carrera 8	Rural	M6				X
Carrera 9	Rural	M6				X
Carrera 10	Rural	M6				X
Calle 13	Rural	M6				X

La red vial analizada para el municipio de Ginebra se encuentra conformada por corredores urbanos y rurales con diferentes funciones de movilidad, niveles de tránsito, condiciones de acceso y requerimientos de iluminación. Para efectos del presente Estudio Técnico de Referencia, las vías fueron preclasificadas de acuerdo con su jerarquía funcional en vías arterias principales, vías arterias menores, vías colectoras y vías de servicio, asignando a cada tramo una clase de iluminación vial tipo M, conforme a las condiciones generales de circulación vehicular y a la función que desempeña dentro del sistema de comunicación vial municipal.

La clasificación establecida permite orientar la evaluación fotométrica, la definición de niveles de iluminación, la selección de luminarias y la priorización de intervenciones de expansión, reposición o modernización del sistema de alumbrado público. No obstante, la asignación definitiva de cada clase de iluminación deberá validarse mediante inspección de campo, levantamiento geométrico de los corredores, verificación de velocidad de operación, flujo vehicular, presencia de peatones, actividad nocturna, uso del suelo y condiciones reales de seguridad vial.

6.6 Infraestructura municipal y caracterización zonal

6.6.1 Inventario de parques.

En cumplimiento de lo estipulado en la Resolución CREG 101-013 de 2022, que establece la metodología de costos máximos eficientes del Servicio de Alumbrado Público (SAP), y en concordancia con lo dispuesto en el artículo 2.2.3.6.1.3 del Decreto 1073 de 2015, los municipios deben llevar un inventario actualizado de los bienes de uso público que requieren iluminación, dentro de los cuales se incluyen parques, plazas y escenarios de integración comunitaria. Dicho inventario es un insumo obligatorio del Estudio Técnico de Referencia (ETR) y permite dimensionar

los costos de inversión, operación, mantenimiento y expansión del sistema de alumbrado público.

En el caso del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, se identifican como bienes de uso público relevantes los parques urbanos y barriales, que cumplen funciones recreativas, culturales, deportivas y de encuentro ciudadano. Estos espacios concentran flujos peatonales significativos y demandan condiciones óptimas de iluminación para garantizar seguridad, accesibilidad y confort visual en horario nocturno. La caracterización realizada arroja la siguiente distribución:

Tabla 6. Inventario de parques

PARQUES		
ORDEN	**LUGAR**	**AREAM2**
1	Parque Simón Bolívar	4352,00
2	El Samán	1855,00
3	Parque principal San José Apóstol	1330,00
PARQUES		7537,00

El total de 7537 m² de parques inventariados en Ginebra constituye un área crítica dentro del ámbito de influencia directa del SALP, pues son zonas donde confluyen actividades comunitarias y turísticas, y que, conforme al RETILAP 2024, requieren cumplir con exigencias específicas de iluminancia mínima, uniformidad, confort visual, eficiencia energética y reducción de contaminación lumínica.

Implicaciones Técnicas y Normativas

1. Enfoque Normativo y Financiero

- La Resolución CREG 101-013 de 2022 establece que los costos de iluminación de parques y plazas deben incluirse dentro de la estructura tarifaria del Impuesto de Alumbrado Público (IAP).
- El principio de cobertura obliga a que todo espacio público de libre circulación peatonal cuente con iluminación adecuada y continua, siempre que sea técnica y financieramente viable.
- El principio de eficiencia energética (Ley 697 de 2001 y Ley 1715 de 2014) exige migrar progresivamente a tecnologías LED de alta eficacia luminosa, con factores de potencia corregidos y vida útil certificada según RETILAP.

2. Criterios de Diseño y Expansión

- Conforme al RETILAP 2024, numeral 510.1.a, la clasificación de las áreas recreativas debe realizarse según la intensidad de uso peatonal y el nivel de riesgo en seguridad ciudadana.
- Los parques principales y de mayor afluencia, como el Parque Principal de Ginebra, deben cumplir con los niveles de iluminancia recomendados para espacios de congregación masiva.
- Los parques barriales, aunque de menor área, también requieren iluminación continua y eficiente, orientada a mitigar riesgos de seguridad y a fomentar la apropiación del espacio público en horario nocturno.

3. Gestión de Activos y Planificación

- Los datos de inventario permiten al municipio definir prioridades en proyectos de modernización y repotenciación, alineados con el Plan básico de Ordenamiento Territorial (EOT) y los lineamientos de expansión urbana.
- De acuerdo con la Resolución 101-013, se deberán incorporar en el Sistema de Información de Alumbrado Público (SIAP) todos los activos asociados a estos parques, con registro de su ubicación, fecha de instalación, vida útil y riesgo de falla.
- La implementación de sistemas fotovoltaicos híbridos o de respaldo también puede considerarse en sectores periféricos, en cumplimiento de la Ley 1715 de 2014 sobre energías renovables.

6.6.2 Inventario de escenarios deportivos.

En cumplimiento de lo dispuesto en la Resolución CREG 101-013 de 2022, artículo 11, y de lo establecido en el RETILAP 2024, se presenta el inventario de los escenarios deportivos del municipio de Ginebra, Valle del Cauca. A diferencia del inventario de parques, cuyo énfasis recae en espacios recreativos y de esparcimiento ciudadano con requerimientos lumínicos de carácter estancial y peatonal, los escenarios deportivos exigen condiciones técnicas de iluminación más rigurosas, debido a que en ellos se desarrollan actividades físicas y competitivas donde la visibilidad, la uniformidad lumínica y el control del deslumbramiento son determinantes para la seguridad de los jugadores y espectadores.

El levantamiento del inventario permitió clasificar los escenarios en función de su ubicación (urbana o rural) y su estado de conservación, evidenciando que la mayoría requieren procesos de modernización para ajustarse a los estándares normativos vigentes.

Tabla 7. Inventario de escenarios deportivos.

NOMBRE	URBANA	RURAL	ESTADO
CANCHA DE FÚTBOL PÚBLICA – ESTADIO	X		REGULAR
CANCHA DE FÚTBOL PRIVADA	X		BUENO
CANCHAS DE BALONCESTO (6)	X		BUENO
COLISEO CUBIERTO	X		BUENO
PARQUE RECREACIONAL CON PISCINA, DOS CANCHAS MÚLTIPLES Y ZONA DE JUEGOS INFANTILES	X		BUENO
CANCHAS DE FÚTBOL PÚBLICAS (4)		X	SIN INFORMACIÓN
CANCHAS DE FÚTBOL PRIVADAS (3)		X	SIN INFORMACIÓN
CANCHAS DE BALONCESTO (5)		X	SIN INFORMACIÓN

1. Condiciones Generales

- La mayoría de los escenarios deportivos presentan un estado BUENO – ACEPTABLE, lo que denota infraestructura funcional pero con algunas deficiencias de iluminación, carencia de uniformidad lumínica y luminarias fuera de norma.
- Se recomienda repotenciar iluminación.

2. Normatividad RETILAP 2024 aplicable

- El RETILAP clasifica los espacios deportivos como áreas de exigencia visual especial, donde los niveles de iluminancia horizontal (lux), la uniformidad de la iluminación (U0 y UGR) y la calidad cromática (IRC ≥ 70) son requisitos obligatorios.
- Los reflectores y proyectores LED instalados deben contar con curvas fotométricas certificadas, adecuadas al tipo de actividad (fútbol, polideportivo o coliseo cubierto).
- El incumplimiento de estas condiciones como se ha evidenciado en escenarios con luminarias LED de bajo costo y sin certificación RETILAP compromete tanto la seguridad como la funcionalidad de los espacios.

3. Aspectos Diferenciales frente a Parques

- Mientras los parques requieren niveles básicos de iluminación para recreación, permanencia y tránsito peatonal, los escenarios deportivos demandan iluminación de precisión, capaz de soportar intensidades lumínicas superiores y uniformes para la práctica segura del deporte.

- El impacto social también difiere: los parques priorizan la convivencia y el esparcimiento familiar, mientras que los escenarios deportivos están directamente vinculados con la salud, el deporte y la formación comunitaria.

Relevancia para el Estudio Técnico de Referencia (ETR)

Este inventario constituye un instrumento técnico de diagnóstico dentro del Estudio Técnico de Referencia, permitiendo:

- Identificar prioridades de modernización y reposición de luminarias en espacios de uso deportivo.
- Proyectar esquemas de inversión en alumbrado público para garantizar la cobertura total y el cumplimiento de RETILAP 2024.
- Diferenciar claramente los requerimientos de los espacios deportivos frente a los parques, lo que asegura una planeación ajustada a la realidad de cada tipología de espacio público.
- Fundamentar la inclusión de estos escenarios dentro del SIAP – Sistema de Información de Alumbrado Público, como exige la Resolución 101-013 de 2022.

6.6.3 Inventario de equipamiento de organismos de socorro.

En cumplimiento de lo establecido en la Resolución CREG 101-013 de 2022, que exige la identificación de todos los bienes de uso público objeto del Sistema de Alumbrado Público (SAP), así como en concordancia con los lineamientos del RETILAP 2024, resulta indispensable incluir dentro del Estudio Técnico de Referencia (ETR) el inventario de los organismos de socorro que operan en el municipio de Ginebra. Estos espacios constituyen puntos críticos de atención en emergencias y, por tanto, demandan sistemas de iluminación pública adecuados y confiables que garanticen condiciones óptimas de visibilidad, seguridad y operatividad durante las 24 horas del día.

El inventario realizado permitió identificar tres organismos principales con presencia activa en el municipio, todos ubicados en la zona urbana, pero con cobertura operativa en las áreas rurales:

Tabla 8. Inventario equipos de socorro.

ORGANISMOS DE SOCORRO	PERSONAL	UBICACIÓN	
		Urbana	Rural
Cuerpo de Bomberos voluntarios de Ginebra		X	
Cuerpo de Bomberos voluntarios de Costa Rica			X
Defensa Civil (Ginebra y Costa Rica)		X	
Grupo de la tercera edad Ginebra "Estrellas de la tarde" (55 socios)	55	X	
Grupo de la Tercera edad Costa Rica "Alegría de vivir" (35 socios)	35	X	
Brigada médica del Hospital		X	

Análisis Técnico y Operativo

1. Bomberos Voluntarios de Ginebra

- Su infraestructura requiere alumbrado público de alta confiabilidad, especialmente en áreas de acceso a la estación y zonas de parqueo de vehículos cisterna, dado que las emergencias suelen presentarse en horarios nocturnos.
- Según el RETILAP 2024, sección 520.2, las áreas de circulación vehicular y de maniobra deben garantizar niveles mínimos de 20 lux en exteriores y uniformidad de iluminación para evitar accidentes en la operación de equipos.

2. Defensa Civil Colombiana

- Al encontrarse en zona urbana, la sede de la Defensa Civil debe contar con alumbrado acorde con las exigencias de espacios institucionales estratégicos, garantizando la seguridad del personal y de la comunidad que acude en casos de emergencia.

- El RETILAP 2024, capítulo 510, obliga a que estos espacios cuenten con iluminación de seguridad y alumbrado perimetral que facilite la evacuación y el acceso de vehículos de emergencia.

3. Brigada medica del hospital.

- La sede requiere alumbrado público y de seguridad que facilite el acceso rápido de ambulancias y la circulación de personal médico y de voluntariado.
- Conforme al RETILAP 2024, numeral 580.1, los espacios destinados a atención sanitaria deben garantizar condiciones lumínicas de seguridad y continuidad operativa, integrando sistemas de respaldo en caso de fallas en la red principal.

Relevancia en el Estudio Técnico de Referencia

- Los organismos de socorro no solo son puntos de prestación de servicios comunitarios, sino también espacios estratégicos para la atención de emergencias, lo que implica que el alumbrado público en sus accesos, áreas de circulación y entornos inmediatos debe ser priorizado en los planes de modernización del SAP.
- La Resolución CREG 101-013 de 2022 obliga a registrar estos activos en el SIAP (Sistema de Información de Alumbrado Público), dado que constituyen bienes de uso público críticos.
- Su inclusión en el inventario del ETR permite proyectar intervenciones de modernización que aseguren:

  - Cobertura lumínica confiable, especialmente en accesos y entornos perimetrales.
  - Eficiencia energética, mediante la instalación de luminarias LED con ópticas específicas para áreas institucionales.
  - Cumplimiento normativo, alineado con el RETILAP 2024 y las normas técnicas aplicables a espacios de seguridad y emergencia.

6.6.4 Inventario de atractivos turísticos.

En el marco de lo dispuesto por la Resolución CREG 101-013 de 2022, artículo 11, y conforme a lo exigido por el RETILAP 2024, los atractivos turísticos del municipio deben ser considerados dentro del inventario de bienes de uso público objeto del Servicio de Alumbrado Público (SAP), toda vez que estos espacios concentran actividades culturales, religiosas, recreativas y de contemplación que requieren condiciones adecuadas de iluminación para garantizar seguridad, accesibilidad y realce estético.

Relevancia en el Estudio Técnico de Referencia

- La adecuada identificación y registro de estos espacios turísticos en el SIAP (Sistema de Información de Alumbrado Público) permitirá que el municipio priorice inversiones de modernización y reposición de luminarias, asegurando que se utilicen tecnologías LED certificadas, con ópticas específicas y fotometrías ajustadas a cada uso.
- Estos escenarios, además de su valor simbólico y cultural, generan dinámicas de turismo que repercuten directamente en la seguridad, economía local y percepción de la comunidad, por lo cual su iluminación no debe limitarse al cumplimiento básico de visibilidad, sino incorporar criterios de estética, eficiencia y sostenibilidad.
- La inclusión de los atractivos turísticos en el inventario del ETR diferencia este apartado de los inventarios de parques y escenarios deportivos, ya que aquí la iluminación se convierte en un elemento estratégico de embellecimiento urbano y promoción turística, con incidencia directa en la proyección territorial del municipio.

Análisis Técnico y Normativo

1. Hoteles y hostales urbanos
    - Estos establecimientos requieren alumbrado público que garantice niveles de iluminancia adecuados en vías de acceso, andenes y zonas de estacionamiento, conforme al RETILAP 2024, capítulo 510, que establece que las áreas de circulación peatonal deben disponer de un nivel mínimo de 10 a 20 lux con uniformidad mayor al 0,4.
    - Además, el alumbrado público en su entorno debe incorporar criterios de seguridad y estética, ya que al ser puntos de llegada de visitantes, el confort visual y la percepción de seguridad resultan determinantes para la actividad turística.

2. Infraestructura hotelera rural (fincas turísticas)
    - Los alojamientos rurales cumplen una función clave en el turismo ecológico y de naturaleza. Sin embargo, al ubicarse en áreas rurales dispersas, enfrentan mayores desafíos en materia de conectividad eléctrica y cobertura de alumbrado público.
    - En estos casos, el alumbrado público debe extenderse hacia las vías veredales de acceso y espacios de interacción comunitaria cercanos, en la medida que técnica y financieramente resulte viable, conforme al principio de cobertura gradual establecido en el artículo 191 de la Ley 1753 de 2015 y retomado en la Resolución CREG 101-013 de 2022.

- Por tratarse de zonas rurales, es fundamental considerar soluciones de iluminación autónoma con tecnologías LED solares, que además de cumplir con los requisitos fotométricos del RETILAP, aportan a la sostenibilidad y reducen los costos de operación.

3. Exigencias específicas RETILAP 2024
   - Accesos vehiculares y peatonales a los hoteles y fincas: nivel de iluminancia mínimo de 20 lux con uniformidad adecuada para garantizar la seguridad del tránsito.
   - Áreas de parqueo y espacios perimetrales: deben contar con iluminación de seguridad de ≥ 10 lux, con luminarias resistentes al vandalismo (IK08 o superior) y a condiciones ambientales (IP65 o superior).
   - Zonas recreativas externas dentro de los complejos rurales: deben incorporar luminarias LED certificadas con control de deslumbramiento y temperatura de color ajustada (3000K a 4000K), en concordancia con la sección 580.1 del RETILAP.

Relevancia para el Estudio Técnico de Referencia

- La identificación de la infraestructura hotelera permite que el Estudio Técnico de Referencia (ETR) dimensione el impacto del alumbrado público en la actividad turística y económica del municipio.
- La integración de los hoteles urbanos y rurales al SIAP (Sistema de Información de Alumbrado Público), como lo establece la Resolución CREG 101-013 de 2022, asegura un registro claro de los activos y facilita la planeación de inversiones.
- Este inventario, al diferenciar la infraestructura urbana (mayor densidad poblacional, vías pavimentadas) de la rural (dispersión geográfica, accesos veredales), evidencia la necesidad de aplicar modelos de iluminación diferenciados, con mayor énfasis en la tecnología solar y autónoma en zonas rurales.

6.6.5 Inventario de establecimientos educativos.

La infraestructura educativa constituye un elemento prioritario dentro de la planeación del alumbrado público municipal, dado que su adecuada iluminación en los entornos escolares incide directamente en la seguridad de los estudiantes, el personal docente y la comunidad en general. En concordancia con la Resolución CREG 101-013 de 2022, los establecimientos educativos se consideran bienes de uso público que deben estar incluidos en el SIAP (Sistema de Información de Alumbrado Público), garantizando que sus accesos, vías circundantes y áreas comunes externas cuenten con niveles de iluminación adecuados para el tránsito peatonal y vehicular.

El inventario levantado en el municipio de Ginebra permitió identificar cuatro instituciones educativas principales, las cuales cubren diferentes niveles académicos y poseen capacidades distintas según su cobertura poblacional.

Tabla 9. Inventario de establecimientos educativos.

NOMBRE	URBANA	RURAL	ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA
ESCUELA CARLOS TASCÓN	X		BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
ESCUELA ANTONIA SANTOS	X		ACEPTABLE
ESCUELA GENERAL ANZOÁTEGUI	X		BUENO
ESCUELA SAGRADO CORAZÓN	X		BUENO
ESCUELA ALFONSO LINCE	X		BUENO
AULA ESPECIAL SAN PEDRO	X		BUENO
COLEGIO INSTITUTO GINEBRA	X		BUENO
COLEGIO INMACULADA CONCEPCIÓN	X		BUENO
CONCENTRACIÓN RURAL		X	BUENO
ANTONIO NARIÑO – LA FLORESTA		X	BUENO
ANTONIO RICAURTE – LA SELVA		X	BUENO
PERPETUO SOCORRO – BARRANCO BAJO		X	BUENO
JUANA DE ARCO – PATIO BONITO		X	BUENO
SAN ANTONIO – VILLAVANEGAS		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN – JUNTAS		X	BUENO

NOMBRE	URBANA	RURAL	ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA
ANTONIO JOSÉ DE SUCRE – EL JARDÍN		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
JOAQUÍN CAMILO TORRES – LAS HERMOSAS		X	BUENO
ALFONSO LÓPEZ PUMAREJO – LA CASCADA		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
STELLA QUINTERO – LA CECILIA		X	BUENO
JORGE ELIÉCER GAITÁN – PORTUGAL		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS
ENRIQUE OLAYA HERRERA – FLAUTAS		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
RAFAEL NÚÑEZ – LA VICTORIA		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
SAN JUDAS TADEO – LOS MEDIOS		X	BUENO
NIÑO JESÚS DE PRAGA – COCUYOS		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
GUILLERMO LEÓN VALENCIA – CAMPO ALEGRE		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
COMINAL – COMINAL		X	BUENO
CANAIMA – CANAIMA		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
CAMILO SAAVEDRA – REGADEROS		X	SIN INFORMACIÓN
GENERAL SANTANDER – LA NOVILLERA		X	BUENO
LA INMACULADA – VALLEDUPAR		X	BUENO, CON DEFICIENCIAS EN BATERÍAS SANITARIAS
CAMILO TORRES – BARRANCO ALTO		X	BUENO

NOMBRE	URBANA	RURAL	ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA
JOSÉ MARÍA VILLEGAS – ZABALETAS		X	ACEPTABLE
NUESTRA SEÑORA DE FÁTIMA – EL GUABITO		X	BUENO
MANUELA BELTRÁN – COSTA RICA		X	BUENO
MIGUEL ANTONIO CARO – COSTA RICA		X	BUENO

Análisis Técnico y Normativo

1. Cobertura y Capacidad Educativa
   - Las Instituciones Educativas, localizadas en la cabecera municipal, constituyen el núcleo académico de mayor complejidad urbana, al ofrecer formación desde transición hasta media. Su infraestructura requiere alumbrado eficiente en accesos, andenes y zonas de encuentro estudiantil, con niveles de iluminancia ≥ 10 lux en circulación peatonal, según el RETILAP 2024, sección 520.1.
   - En el área rural al encontrarse las instituciones en zonas dispersas, su seguridad depende de la correcta iluminación de accesos veredales, áreas deportivas y espacios comunitarios adyacentes, donde la falta de alumbrado público ha sido históricamente un factor de riesgo.

2. Requerimientos RETILAP 2024 para entornos educativos
   - Las vías de acceso y andenes deben garantizar un nivel mínimo de 10 lux, con uniformidad mayor a 0.4.
   - Los espacios de circulación vehicular deben contar con iluminación conforme a la clasificación vial del municipio, definida en el apartado 510.1.a del RETILAP.
   - El alumbrado en los entornos escolares debe evitar deslumbramiento excesivo (UGR ≤ 19) y emplear luminarias con índice de reproducción cromática IRC ≥ 70, para asegurar visibilidad clara de colores y señales.
   - Se prioriza el uso de tecnologías LED certificadas y sistemas de control que permitan eficiencia energética, en línea con el principio de sostenibilidad de la Ley 697 de 2001 y la Ley 1715 de 2014.

3. Hallazgos y Problemáticas
    - Se evidencia que varios establecimientos rurales presentan deficiencias críticas en sus entornos de alumbrado, con ausencia de luminarias certificadas o presencia de equipos de baja calidad que no cumplen con el RETILAP 2024.
    - En la zona urbana, si bien existe infraestructura básica de alumbrado, se requieren procesos de modernización y mantenimiento correctivo, ya que la tecnología predominante es obsoleta y no responde a estándares actuales de eficiencia ni de uniformidad lumínica.

Relevancia en el Estudio Técnico de Referencia

La inclusión de los establecimientos educativos en el inventario del ETR permite:

- Priorizar la inversión en alumbrado público en entornos escolares, como medida de seguridad ciudadana y protección de la infancia y adolescencia.
- Diferenciar necesidades entre áreas urbanas (alta densidad, riesgo vial) y rurales (aislamiento, accesibilidad), aplicando soluciones tecnológicas adaptadas, incluyendo luminarias LED solares autónomas en zonas rurales dispersas.
- Fundamentar la planeación en criterios de calidad, cobertura y eficiencia energética, asegurando que los entornos educativos de Ginebra cumplan con la normatividad técnica vigente y contribuyan al desarrollo social y académico del municipio.

6.6.6 Inventario de establecimientos de bienestar social.

El sistema de bienestar social del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, constituye un pilar esencial en la planeación territorial y en la prestación de servicios básicos a la comunidad. Los establecimientos de salud y bienestar deben ser priorizados dentro del Estudio Técnico de Referencia (ETR) para el Sistema de Alumbrado Público (SAP), en cumplimiento con la Resolución CREG 101-013 de 2022, que establece la necesidad de identificar y garantizar iluminación adecuada en bienes de uso público, especialmente aquellos destinados a la atención de emergencias, servicios de salud y protección comunitaria.

La presencia de hospitales, centros de salud y puestos de atención en las áreas rurales implica un reto adicional en materia de cobertura y calidad de alumbrado público. La adecuada iluminación en estos espacios no solo cumple con los parámetros técnicos del RETILAP 2024, sino que además garantiza la seguridad, accesibilidad y continuidad en la prestación de los servicios de salud, particularmente en horarios nocturnos o en condiciones de emergencias.

Tabla 10. Inventario de establecimientos de bienestar social.

ESTABLECIMIENTOS	ESTADO ESTRUCTURA.	DOTACION	RECURSO H.	CAPACIDAD
Hospital El Rosario	Sin terminar ampliación	Requiere Escanógrafo	44	16 camas
Puesto salud Costa Rica	Bueno, pero necesita ampliación	Insuficiente	Requiere personal de planta	2 consultorios A.B. 1 cuarto Inyectología
Puesto salud Juntas	Bueno	Insuficiente	1 promotora	Consultorio Atención Básica
Puesto salud Cocuyos	Bueno	Insuficiente	1 promotora	Consultorio Atención Básica
Puesto salud La Floresta	Bueno	Insuficiente	1 promotora	Consultorio Atención Básica
Puesto salud Los Medios	Sin terminar	Insuficiente	Sin promotora	
Puesto salud Vereda La Cecilia	Sin terminar	Insuficiente	Sin promotora	

Análisis Técnico

1. Hospital

- Como centro de atención de mayor complejidad en el municipio, requiere un sistema de alumbrado público perimetral robusto, que cumpla con los parámetros de iluminancia establecidos en el RETILAP 2024, Sección 520.4.1, garantizando mínimo 30 lux en áreas peatonales y accesos, así como uniformidad lumínica para asegurar la visibilidad en situaciones de emergencia.
- La iluminación en su entorno debe priorizar tecnologías LED certificadas con alta eficacia (≥ 130 lm/W), sistema de respaldo en caso de fallas de red y controles de telegestión que permitan un monitoreo constante.

2. Puestos de Salud en Veredas y centros poblados

- Constituyen nodos básicos de atención primaria en salud, generalmente ubicados en zonas rurales dispersas con limitado acceso a infraestructura eléctrica.
- El alumbrado público en estas áreas cumple un doble propósito: garantizar condiciones mínimas de seguridad ciudadana y apoyar la operatividad de los servicios en horarios nocturnos. Se recomienda el uso de luminarias solares

autónomas, con baterías de litio de alta durabilidad y ópticas diseñadas para espacios comunitarios, acorde con lo estipulado en el RETILAP 2024 sobre eficiencia energética y uniformidad en zonas de atención pública.

Importancia Normativa y Funcional

- La Resolución CREG 101-013 de 2022 exige la incorporación de los establecimientos de bienestar social dentro del inventario del SIAP (Sistema de Información de Alumbrado Público), reconociéndolos como infraestructura crítica.
- El RETILAP 2024 establece que en entornos hospitalarios y de salud, la iluminación debe cumplir con parámetros superiores a los de vías residenciales, priorizando la seguridad, accesibilidad y continuidad operativa.
- Desde el ámbito financiero, la sostenibilidad del servicio en estas áreas debe considerarse dentro del modelo de costos del SAP municipal, asegurando recursos suficientes para mantenimiento, modernización y ampliación de cobertura.

6.6.7 Inventario de establecimientos religiosos.

Dentro del marco del Estudio Técnico de Referencia (ETR) y en cumplimiento de la Resolución CREG 101-013 de 2022, los establecimientos religiosos deben ser identificados como parte del inventario de bienes de uso público que requieren iluminación adecuada para garantizar condiciones de seguridad, accesibilidad y cohesión comunitaria. Estos espacios, además de su carácter espiritual, cumplen una función social relevante al ser puntos de encuentro, integración cultural y centros de atención comunitaria en situaciones de emergencia.

Análisis Técnico

1. Iglesia Nuestra Señora del Rosario– Parroquia Principal

- Constituye el centro religioso de mayor relevancia en el municipio, generalmente ubicado en la cabecera municipal y adyacente al parque principal.
- El RETILAP 2024 (Sección 520.4.2) establece que los entornos de bienes culturales y religiosos deben disponer de niveles de iluminancia que aseguren visibilidad uniforme y percepción de seguridad. En estos espacios, la iluminación no solo cumple un criterio funcional, sino también estético, destacando la arquitectura patrimonial y garantizando el uso nocturno del entorno público.

- Se recomienda el uso de luminarias LED con temperatura de color cálida (3000–4500 K) para resaltar el carácter histórico y cultural de la parroquia, evitando deslumbramiento y contaminación lumínica.

2. Establecimientos Protestantes

- Aunque no existe un número oficial consolidado, se reconoce la presencia de templos o lugares de culto protestante distribuidos en la zona urbana y rural.
- Estos espacios, por su función comunitaria, deben estar incluidos en el inventario del SIAP (Sistema de Información de Alumbrado Público) conforme a la CREG 101-013, lo que permite garantizar que sus entornos tengan condiciones lumínicas seguras y accesibles.
- En áreas rurales, donde la infraestructura eléctrica es limitada, se recomienda la instalación de luminarias solares autónomas, que aseguren continuidad operativa con mínimo impacto ambiental y bajo costo de mantenimiento.

Importancia Normativa y Social

- La CREG 101-013 de 2022 reconoce que los bienes de uso público incluyen espacios comunitarios y religiosos, por lo cual deben estar considerados dentro de la estructura de costos del servicio de alumbrado público.
- El RETILAP 2024 enfatiza que la iluminación en lugares de congregación masiva debe cumplir parámetros de uniformidad, eficacia y seguridad visual, evitando zonas oscuras que puedan generar riesgos para los feligreses y visitantes.
- Desde el punto de vista social, los templos religiosos son espacios de alta afluencia ciudadana, por lo que su adecuada iluminación fortalece la convivencia, promueve el turismo cultural y respalda la identidad local.

6.6.8 Inventario de establecimientos culturales y patrimoniales.

En el marco del Estudio Técnico de Referencia (ETR) y en cumplimiento de lo dispuesto en la Resolución CREG 101-013 de 2022, se deben identificar los bienes culturales, patrimoniales y conmemorativos que constituyen puntos estratégicos de interés social, comunitario y turístico. Estos espacios, por su naturaleza, requieren de un tratamiento diferenciado en la planeación y operación del Sistema de Alumbrado Público (SALP), dado que concentran flujos significativos de personas y aportan a la preservación de la memoria histórica y cultural del municipio.

Tabla 11. Inventario de establecimientos culturales y patrimoniales.

NOMBRE	URBANA	RURAL	ESTADO
CASA EL ALCAZAR	X		SIN INFORMACIÓN
CASA FAMILIA PRADO	X		SIN INFORMACIÓN
CASA PARDO – TENORIO	X		SIN INFORMACIÓN
CASA LA PALOMERA	X		SIN INFORMACIÓN
CASA DE LA CULTURA	X		SIN INFORMACIÓN
PALACIO MUNICIPAL	X		SIN INFORMACIÓN
EDIFICIO ANTIGUA CAJA AGRARIA	X		SIN INFORMACIÓN
ANTIGUA ESCUELA CARLOS TASCÓN	X		SIN INFORMACIÓN
COLEGIO INSTITUTO GINEBRA	X		SIN INFORMACIÓN
COLEGIO LA INMACULADA	X		SIN INFORMACIÓN
TEATRO MUNICIPAL	X		SIN INFORMACIÓN
CASA EL CONDADO	X		SIN INFORMACIÓN
ESCUELA ALIANZA	X		SIN INFORMACIÓN
ESCUELA ANTONIA SANTOS	X		SIN INFORMACIÓN
IGLESIA NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO	X		SIN INFORMACIÓN
CASA CAFÉ EL DANUBIO	X		SIN INFORMACIÓN
CASA ANTIGUA – HERNANDO SAAVEDRA	X		SIN INFORMACIÓN
CASA ANTIGUA – VALENTINA REYES	X		SIN INFORMACIÓN
CASA EL RANCHO	X		SIN INFORMACIÓN
CASA SAN GERARDO		X	SIN INFORMACIÓN
CASA EL SOL		X	SIN INFORMACIÓN
CASA LA LUNA		X	SIN INFORMACIÓN
CASA SAN ANTONIO – FAMILIA TASCÓN		X	SIN INFORMACIÓN
CASA LA EMILIA		X	SIN INFORMACIÓN
CASA EL DANUBIO		X	SIN INFORMACIÓN
CASA FINCA CAMPESINA – DIEGO PLAZA		X	SIN INFORMACIÓN
CASA LA VIÑA		X	SIN INFORMACIÓN
CASA EL ALTO		X	SIN INFORMACIÓN
FINCA LA PALMA		X	SIN INFORMACIÓN
VILLA SARI		X	SIN INFORMACIÓN
CASA LA AVENTURA – FAMILIA SAAVEDRA		X	SIN INFORMACIÓN

NOMBRE	URBANA	RURAL	ESTADO
CASA EL SAUCE		X	SIN INFORMACIÓN
RESTAURANTE LOS GUADUALES		X	SIN INFORMACIÓN
CASA EL SAMÁN – FÉLIX GÓMEZ		X	SIN INFORMACIÓN
CASA LA SUA		X	SIN INFORMACIÓN
CASA ANTIGUA – RUBÉN REYES		X	SIN INFORMACIÓN
CASA ANTIGUA – FAMILIA TORRES		X	SIN INFORMACIÓN
CASA FAMILIA LOS SERNA		X	SIN INFORMACIÓN
CASA LA JULIA		X	SIN INFORMACIÓN
CASA HACIENDA VERSALLES		X	SIN INFORMACIÓN
IGLESIA EL GUABITO		X	SIN INFORMACIÓN
CASA ANTIGUA – ANÍBAL RÍOS		X	SIN INFORMACIÓN
CASA HACIENDA LA ESMERALDA		X	SIN INFORMACIÓN
MURO DE CERRAMIENTO DEL CEMENTERIO MUNICIPAL		X	SIN INFORMACIÓN
MONUMENTO DE LA CRUZ		X	SIN INFORMACIÓN
CASA HACIENDA EL PORVENIR – ELÍAS REYES		X	SIN INFORMACIÓN

Importancia Normativa y Social

- La Resolución CREG 101-013 de 2022 exige que los municipios incluyan dentro del ETR los inventarios de espacios culturales y patrimoniales como parte de los bienes de uso público que requieren cobertura de alumbrado.
- El RETILAP 2024 establece parámetros de iluminancia, uniformidad y confort visual para estos espacios, priorizando tanto la seguridad ciudadana como la preservación estética de los elementos culturales.
- Desde la perspectiva social, la adecuada iluminación de estos sitios contribuye a la cohesión comunitaria, fomenta la actividad turística y fortalece la identidad histórica del municipio.

6.6.9 Inventario de equipamiento administrativo.

En cumplimiento de lo dispuesto en la Resolución CREG 101-013 de 2022 y del marco técnico definido por el RETILAP 2024, el inventario de equipamientos administrativos debe incluir aquellos bienes de uso público que, por su carácter institucional y de gestión gubernamental, demandan una adecuada cobertura del Sistema de Alumbrado Público (SALP). Estos espacios son nodos estratégicos

para el funcionamiento administrativo, la seguridad y la prestación de servicios esenciales a la comunidad, por lo que su identificación y caracterización resulta fundamental para garantizar la eficiencia, continuidad y confiabilidad del servicio de iluminación.

Tabla 12. Inventario de equipamiento administrativo

NOMBRE	URBANA	RURAL	ESTADO
PARQUES MUNICIPALES	X		SIN INFORMACIÓN
HOSPITAL EL ROSARIO	X		SIN INFORMACIÓN
PALACIO MUNICIPAL	X		SIN INFORMACIÓN
CASA DE LA CULTURA	X		SIN INFORMACIÓN
CÁRCEL MUNICIPAL	X		SIN INFORMACIÓN
CUARTEL DE BOMBEROS	X		SIN INFORMACIÓN
MATADERO MUNICIPAL	X		SIN INFORMACIÓN
COLISEO	X		SIN INFORMACIÓN
PARQUE RECREACIONAL	X		SIN INFORMACIÓN
CEMENTERIOS	X		SIN INFORMACIÓN
CENTRO DE ACOPIO	X		SIN INFORMACIÓN

Análisis Técnico y Normativo

1. Estación de Policía Ginebra

- Infraestructura prioritaria para la seguridad ciudadana y el control del orden público.
- El RETILAP 2024 (Sección 510.3.2 y 520.7.2) establece que los entornos de instalaciones policiales deben contar con alumbrado perimetral y en accesos peatonales con niveles mínimos de 20 lx, garantizando la identificación visual y la disuasión de actos delictivos.
- Se recomienda iluminación LED de alta eficiencia con sistemas de respaldo (UPS o fotovoltaicos autónomos) para mantener operación continua durante cortes eléctricos.

2. Notaría Única de Ginebra

- unto neurálgico para trámites notariales y servicios de registro civil y jurídico.
- De acuerdo con el RETILAP 2024 (Sección 510.1.3), los accesos a instituciones de servicio público deben contar con niveles de iluminancia entre 10–15 lx, con uniformidad adecuada en andenes y zonas de circulación.
- Se sugiere incorporar alumbrado peatonal LED de bajo consumo y tecnología antivandálica, que además cumpla criterios de accesibilidad universal.

3. Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Ginebra

- Equipamiento crítico para la gestión del riesgo y atención de emergencias.
- La normativa recomienda iluminación robusta y confiable en áreas de acceso y operación, con niveles de 20–30 lx en zonas de parqueo de vehículos de emergencia y maniobras.
- Es aconsejable la instalación de reflectores LED de gran potencia, resistentes a impactos y con protección IP65/IK08, asegurando operación en condiciones climáticas adversas.

4. Sede de la Alcaldía Municipal (Palacio Municipal)

- Centro administrativo donde se concentran las funciones de gestión y gobernanza local.
- Según el RETILAP 2024 (Sección 520.7.1) y la CREG 101-013, los espacios de acceso a sedes gubernamentales deben estar iluminados con niveles superiores a 15 lx, garantizando seguridad a funcionarios y ciudadanos.
- Se recomienda iluminación ornamental de fachadas combinada con alumbrado peatonal uniforme en su perímetro, fomentando la visibilidad, el tránsito seguro y el realce arquitectónico.

Importancia para el Sistema de Alumbrado Público

- Estos equipamientos constituyen bienes de uso público esenciales y, por lo tanto, deben estar incorporados en el inventario oficial del Sistema de Información de Alumbrado Público (SIAP), conforme a lo dispuesto en la Resolución CREG 101-013 de 2022.
- La adecuada iluminación en estas infraestructuras asegura condiciones de seguridad ciudadana, accesibilidad, eficiencia energética y cumplimiento normativo.
- Adicionalmente, la planeación de proyectos de modernización y repotenciación lumínica debe priorizar estos escenarios, dado su impacto directo en la confianza institucional y en la prestación de servicios básicos de la administración local.

7. COMPONENTE DE MODERNIZACIÓN.

Según lo dispuesto en la Resolución CREG 101-013 de 2022, la modernización o repotenciación del Sistema de Alumbrado Público (SALP) se entiende como el "cambio tecnológico de algunos de sus componentes por otros más eficientes", lo cual implica no solamente la sustitución de luminarias, sino también la actualización integral de las redes, equipos de control, soportes estructurales y demás elementos asociados. Este concepto se complementa con lo indicado en el Documento CREG D102 de 2011, en el que se establece que los sistemas de alumbrado público son dinámicos por naturaleza, encontrándose en un estado constante de modernización, repotenciación y expansión, con el fin de ajustarse a las necesidades cambiantes de la población, las condiciones de seguridad vial, los avances tecnológicos y los compromisos ambientales del país.

La modernización, por tanto, trasciende la simple sustitución de lámparas obsoletas por luminarias de mayor eficiencia energética. Involucra un enfoque integral y estratégico, en el cual deben evaluarse aspectos técnicos (fotometría, niveles de iluminación, uniformidad, cumplimiento RETILAP 2024), económicos (análisis de inversión, costos de operación y mantenimiento, fuentes de financiamiento), ambientales (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, disminución de contaminación lumínica y gestión de residuos de luminarias obsoletas) y sociales (percepción de seguridad, apropiación ciudadana del espacio público y desarrollo de actividades nocturnas).

En este marco, la modernización del alumbrado público en municipios como Ginebra, Valle del Cauca, se convierte en un proceso indispensable para la sostenibilidad energética y la competitividad territorial. El uso de tecnologías LED de alta eficiencia, sistemas de telegestión y controles inteligentes, así como la integración de energías renovables (paneles solares autónomos en zonas rurales y no interconectadas), constituyen herramientas clave para garantizar una prestación del servicio continua, segura y eficiente. De esta manera, el SALP se proyecta como un componente esencial de la infraestructura urbana y rural, alineado con los objetivos de política pública en materia de transición energética justa, eficiencia energética y desarrollo sostenible.

La modernización del Sistema de Alumbrado Público (SALP) en Colombia encuentra su fundamento en la Resolución CREG 101-013 de 2022 y en el Decreto 943 de 2018, disposiciones que no solo regulan el servicio, sino que también consolidan la necesidad de un proceso continuo de actualización tecnológica, operativa y financiera. Tal como lo establece la CREG en su definición, la modernización implica el "cambio tecnológico de algunos de sus componentes por otros más eficientes", lo cual debe entenderse como un proceso dinámico de transformación integral del sistema.

En concordancia, el Decreto 943 de 2018 en sus artículos 1 y 4 reitera que el alumbrado público es un servicio público no domiciliario, inherente al servicio de energía eléctrica, cuya finalidad es garantizar la visibilidad en el espacio público, bienes de uso público y demás áreas de libre circulación, tanto en el perímetro urbano como en el rural. Esta definición conlleva la obligación de asegurar condiciones de seguridad vial, movilidad, recreación y desarrollo comunitario, en armonía con los principios constitucionales de continuidad, cobertura y calidad (artículos 365 y 367 de la Constitución Política).

El mismo decreto establece que el servicio de alumbrado público comprende múltiples actividades: suministro de energía, administración, operación, mantenimiento (AOM), modernización, reposición, expansión, desarrollo tecnológico e interventoría, todas ellas orientadas a garantizar la sostenibilidad financiera y la eficiencia energética. Asimismo, en su artículo 2 se introduce el concepto de desarrollos tecnológicos asociados al servicio, entendidos como la incorporación de luminarias más eficientes, nuevas fuentes de alimentación, sistemas inteligentes de control y tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) que permitan optimizar la operación, detectar fallas en tiempo real, medir consumos, georreferenciar activos, implementar atenuación lumínica, asegurar la interoperabilidad de sistemas y garantizar la ciberseguridad de la infraestructura crítica.

De manera específica, el parágrafo 1 del artículo 2 del Decreto 943 de 2018 resalta que todo proceso de modernización, expansión o reposición del SALP debe orientarse a la optimización de los costos anuales de inversión, suministro de energía y gastos de AOM e interventoría, de tal forma que los beneficios derivados de mayores eficiencias en la prestación del servicio se vean reflejados en el Estudio Técnico de Referencia (ETR) de cada municipio. Esto significa que la modernización no solo es una decisión técnica, sino también una obligación administrativa y financiera que debe ser evidenciada en el marco regulatorio y en la planeación territorial.

En este contexto, la modernización del sistema de alumbrado público de municipios como Ginebra, Valle del Cauca, debe definirse como un proceso integral de sustitución de tecnologías obsoletas —como las luminarias incandescentes, de sodio de alta presión o de halogenuros metálicos— por tecnología LED de alta eficiencia, con mayor vida útil, menor consumo energético y mejor desempeño fotométrico. Paralelamente, la modernización implica la incorporación de sistemas de telegestión y control remoto, capaces de monitorear el consumo energético, programar niveles de atenuación según franjas horarias o condiciones de tránsito, y detectar fallas de manera automática, lo cual contribuye a una operación más confiable y eficiente.

Finalmente, este proceso no debe limitarse a la reposición de luminarias, sino que debe incluir la adecuación de redes, transformadores, postes, equipos de protección, sistemas de información (SIAP) y la integración de energías renovables

en áreas rurales o no interconectadas. En suma, la modernización del SALP se concibe como un instrumento estratégico de sostenibilidad urbana y rural, que permite reducir costos, garantizar un uso racional de la energía eléctrica, mejorar la percepción de seguridad ciudadana y contribuir a las metas nacionales de transición energética y mitigación del cambio climático.

7.1 Definiciones aplicables a la modernización.

A continuación, se disponen los términos relevantes relacionados con el diseño de Alumbrado Público en general.

- 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 entre la superficie de la vía por iluminar y el centro óptico de la fuente de luz de la luminaria.
- Campo visual: Lugar geométrico de todos los objetos o puntos en el espacio que pueden ser percibidos cuando la cabeza y los ojos de un observador se mantienen fijos. El campo puede ser monocular o binocular.
- Candela (cd): Unidad del Sistema Internacional (SI) de intensidad luminosa. Una candela es igual a un lúmen 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 por estereorradián.
- Candela por metro cuadrado (cd/m2): Unidad de luminancia. Capacidad Visual: Es la propiedad fisiológica del ojo humano para enfocar a los objetos a diferentes distancias, variando el espesor y por tanto la longitud focal del cristalino, por medio del músculo ciliar.
- Curva Isolux: Línea que une todos los puntos que tengan la misma iluminancia en el plano horizontal, para una altura de montaje de 1 o 10 m y un flujo luminoso de 1.000 lm.
- Deslumbramiento: Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad.
- Fuente luminosa: Dispositivo que emite energía radiante capaz de excitar la retina y producir una sensación visual.
- Iluminancia (E): Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).
- Iluminancia promedio horizontal mantenida (E prom): Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia promedio en el área especificada. Es la iluminancia promedio en el período en el que debe ser realizado el

mantenimiento. También se le conoce como Iluminancia media mantenida.

- Índice de deslumbramiento unificado (UGR): Es el índice de deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior, definido en la publicación CIE (Comisión Internacional de Iluminación) Nº 117.
- 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/m2).
- 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.
- 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/m2).
- RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público emitido por el Ministerio de Energía para obligatorio cumplimiento en todo el territorio colombiano, avalado mediante.
- Valor de eficiencia energética de la instalación (VEI): Valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es (W/m2) por cada 100 luxes.
- Visibilidad: Cualidad o estado de ser perceptible por el ojo. En muchas aplicaciones en exteriores, la visibilidad se define en términos de distancia a la cual un objeto puede ser percibido escasamente por el ojo.

7.2 Esquema teórico.

7.2.1 Vías Vehiculares

La clasificación y diseño lumínico de las vías vehiculares debe realizarse de manera estricta conforme a lo dispuesto en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, particularmente en lo señalado en su numeral 3.2.3. Este marco normativo establece que la iluminación en estas vías debe responder a criterios técnicos basados en la velocidad de circulación predominante, el

volumen de tránsito, la jerarquía vial y las condiciones de seguridad vial asociadas. De acuerdo con el RETILAP, las vías se clasifican en arteriales, colectoras y locales, y cada una de ellas requiere un nivel de iluminación específico que garantice la visibilidad adecuada tanto para conductores como para peatones que compartan el entorno vial.

El diseño lumínico en vías vehiculares debe cumplir con parámetros como:

- Iluminancia media mantenida (Em): valor mínimo necesario para garantizar uniformidad y confort visual.
- Uniformidad de la iluminancia (Uo): que reduce contrastes peligrosos en la calzada.
- Índice de deslumbramiento (TI): que controla el efecto de encandilamiento sobre los conductores, mejorando la seguridad vial.
- Reproducción cromática (Ra): para permitir la correcta percepción de señales, objetos y obstáculos.

La correcta aplicación de estas exigencias en Ginebra es esencial, considerando que gran parte de sus vías rurales y terciarias presentan condiciones geométricas irregulares, pendientes pronunciadas y tramos sin pavimentar. En este contexto, el alumbrado público se convierte en un elemento estratégico no solo para la movilidad, sino también para la reducción de riesgos de accidentes y la generación de un ambiente seguro en zonas urbanas y rurales.

7.2.2 Vías para Peatones y Ciclistas

En lo referente a las vías destinadas al tránsito de peatones y ciclistas, el RETILAP enfatiza que la iluminación debe permitir la distinción clara de las texturas y diseños del pavimento, los bordillos, escalones, marcas viales y señales horizontales o verticales. Este nivel de detalle lumínico no solo cumple un propósito técnico, sino que también tiene un componente social, ya que la visibilidad adecuada en estos espacios contribuye a prevenir accidentes, mejorar la movilidad sostenible y, sobre todo, reducir los riesgos de agresiones en horas nocturnas, aspecto especialmente relevante en municipios con dinámicas rurales y urbanas como Ginebra.

La Tabla 3.3.1.5 b del RETILAP establece siete clases de iluminación (P1 a P7) para diferentes tipos de vías peatonales. La selección de la clase depende de factores como el prestigio urbano, la intensidad de uso y el nivel de riesgo en materia de seguridad ciudadana:

- Clase P1: asociada a espacios de alta representatividad o prestigio, donde la iluminación debe crear un entorno atractivo y seguro.
- Clases P2 a P4: aplicables a espacios con mayor tráfico peatonal o ciclista, donde la necesidad de confort visual y percepción de seguridad es prioritaria.

- Clases P5 a P7: solo deben implementarse en contextos donde la probabilidad de delitos en ausencia de luz sea muy baja, priorizando criterios de eficiencia energética sobre estética o prestigio.

Es importante destacar que, de acuerdo con el RETILAP, la iluminación en estas áreas debe cubrir toda la superficie de uso, incluyendo tanto aceras como calzadas destinadas a ciclistas, con el fin de garantizar un entorno integralmente iluminado y seguro. Para Ginebra, esta disposición cobra relevancia al considerar sus zonas rurales dispersas, senderos peatonales con baja infraestructura y espacios urbanos que requieren una iluminación uniforme y eficiente para fomentar la movilidad activa y sostenible.

Tabla 13. 3.3.1.5 b tomada del RETILAP.

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes, *importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente*	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes, *importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente*	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Cuando se haya establecido que en determinadas zonas se ha incrementado o se pueda incrementar la criminalidad o resulte necesaria la identificación de las personas, objetos u obstáculos, la clase de iluminación podrá ser uno o dos grados superior a la resultante de aplicar la tabla.

7.2.3 Estándares fotométricos para cumplir.

Una vez determinadas las características de las vías y sus requerimientos visuales, se debe asignar una clase de iluminación y con esto, los requisitos fotométricos mínimos mantenidos. Dichos requisitos se encuentran consignados en la Tabla 3.3.1.2. a. del RETILAP. Los valores de la tabla son para piso seco.

Tabla 14. Tomado del RETILAP tabla 3.3.1.2. a

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	Luminancia promedio L_{prom} (cd/m²) Mínimo mantenido	Factor de uniformidad U_o Mínimo	Incremento de umbral TI % Máximo inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_l Mínimo	Relación de alrededores SR Mínimo
M1	2.0	0.4	10	0.5	0.5
M2	1.5	0.4	10	0.5	0.5
M3	1.2	0.4	10	0.5	0.5
M4	0.8	0.4	15	N.R	N.R
M5	0.6	0.4	15	N.R	N.R

Lo anterior indica que para las simulaciones luminotécnicas a realizar se deben tener en cuenta todos los parámetros fotométricos que indica según el tipo de vía asignado.

También se realizan los diseños con base en criterio de iluminancia para las vías consideradas en la tabla 510.2.1 b.

Tabla 15. Tomado del RETILAP 2010 tabla 510.2.1 B

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	E_{min} /E_{prom} (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

7.2.4 Estándares eléctricos para cumplir.

Los parámetros eléctricos que se deben cumplir están estipulados en las secciones aplicables al proyecto de Alumbrado Público de la normatividad eléctrica colombiana, tales como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), NTC 2050, normativa técnica del Operador de Red y NTC 900.

Los circuitos de baja tensión dedicados exclusivamente al alumbrado público, como en avenidas, parques y grandes áreas deben cumplir los siguientes requisitos:

- Alimentarse con transformadores exclusivos.
- Los transformadores alimentados de redes trifásicas deben tener salida secundaria del tipo trifásico tetrafilar de 380/220 V.
- Para sistemas de redes primarias monofásicas deben tener salida secundaria del tipo monofásicos trifilar 480/240 V.
- Deben ser potencias estandarizadas de transformadores que faciliten su adquisición y cada transformador de uso exclusivo de alumbrado público no debe ser mayor a 75 KVA.
- Transformadores de potencias mayores a 5 KVA deben llevar asociado un equipo de medida, que permita tener control real de la energía consumida en el alumbrado público.
- En sectores residenciales y pequeños comercios, la red eléctrica de distribución en baja tensión podrá ser compartida con las instalaciones de alumbrado público y la tensión de alimentación será la tensión fase nominal de la red (usualmente 208 V).
- En los circuitos de iluminación compartidos con redes de uso general, se puede usar la tensión propia de la red 208/120 ó 220/127 Voltios, o monofásico 240-120 voltios.
- En estos casos los Operadores de Red deben considerar, en sus normas de construcción condiciones especiales de las estructuras de soporte de la red, como la separación, características mecánicas para soporte de cables, brazos, luminarias y demás herrajes, distancias de seguridad.

La característica de diseño como circuito aéreo o subterráneo dependerá básicamente de las disposiciones de ordenamiento municipal, las cuales deben ser atendidas por quienes desarrollen los proyectos de alumbrado público.

7.2.5 Tipo de postes y red eléctrica.

Para el presente caso de estudio se consideró como base la infraestructura de soporte existente en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca, compuesta por postes, torres y redes de distribución que actualmente soportan el sistema de alumbrado público. Esta infraestructura constituye un insumo esencial para el análisis, dado que permite identificar las condiciones estructurales y eléctricas en las que se encuentra el sistema, así como su grado de adaptabilidad frente a los procesos de modernización y repotenciación.

En el anexo se presenta la descripción de la posteria existente, incluyendo su tipología, características técnicas y materialidad, junto con la ubicación de los elementos estructurales más representativos que sirven de soporte para luminarias y redes de baja y media tensión. Este inventario constituye un punto de partida para establecer lineamientos técnicos de intervención, evaluar necesidades de reposición y garantizar el cumplimiento de las disposiciones del RETILAP 2024, que exige que las estructuras de soporte ofrezcan condiciones de seguridad mecánica, resistencia a cargas de viento, esfuerzos eléctricos y durabilidad en ambientes urbanos y rurales.

Tabla 16. Tipos de postes.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Poste de concreto de 8 x 510	UND	13
Poste de concreto 9 x 510 mts DI	UND	69
Poste de concreto 10 x 510 mts DI	UND	47
Poste de concreto 11 x 510 mts DI	UND	13
Poste metalico (2.5-3) mts x 1 1/2"	UND	53
Poste metalico 12 mts	UND	2
TOTAL		**197**

7.3 Iluminación actual.

Para la determinación de la iluminancia actual se implementó la metodología europea de los nueve puntos como se dispone en el apartado 530.2.1 del RETILAP.

De acuerdo con el método europeo de los 9 puntos, que se usa para calcular la iluminancia promedio sobre la vía en una instalación de alumbrado público, es necesario ubicar cada uno de estos puntos de cálculo sobre la parción típica de la vía considerada, definiendo un rectángulo de área largo (s/2) por ancho (w). De este modo, tal rectángulo se divide en cuatro partes, dos longitudinales y dos transversales, de modo que los puntos a considerar son cada uno de los vértices de los nuevos rectángulos generados. Así se obtienen los 9 puntos considerados en el método.

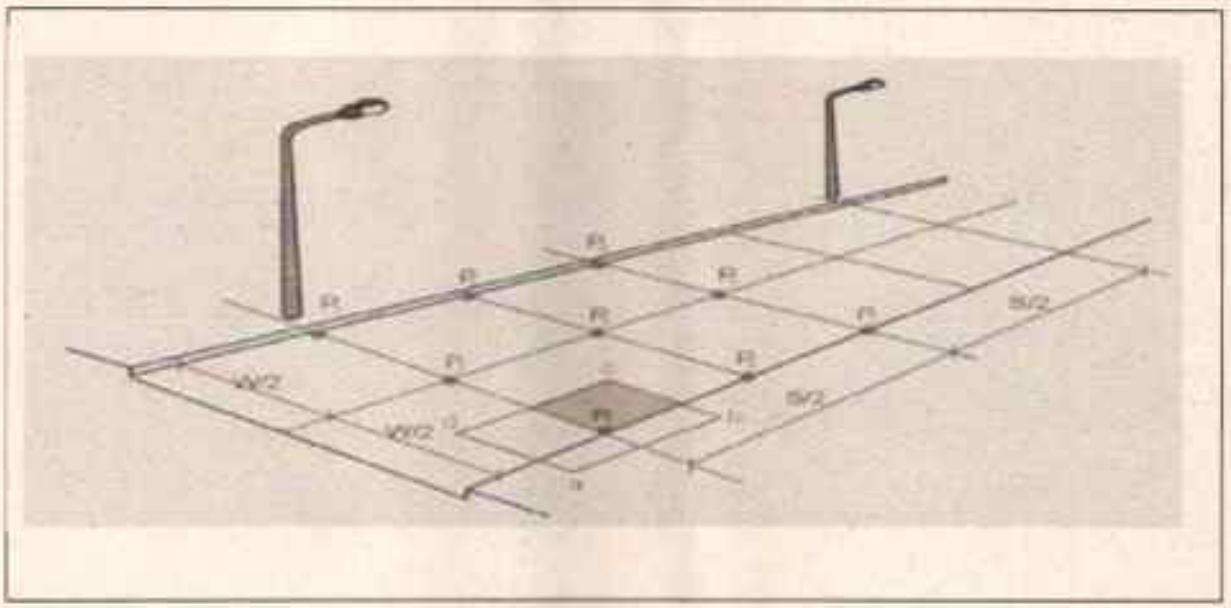


Ilustración 12 Cálculo de la iluminancia promedio, figura 530.2.1A RETILAP

Se considera la iluminancia en cada punto de medida como la que corresponde a un rectángulo de dimensiones (w/2) * (s/2). La iluminancia promedio sobre la vía se calcula teniendo en cuenta la contribución de iluminancia de cada punto a la porción típica de vía. Así, los puntos extremos tienen una contribución de 0,25; los puntos intermedios de 0,5 y el punto central de 1.0. Así, la iluminancia E1 leída en el punto P1 corresponde al área a,b,c,d., pero tan sólo la cuarta parte de esa área corresponde a un área sobre la vía considerada (área sombreada). Igual sucede con la iluminación de los puntos P3, P7 y P9. Por tanto la contribución de esos puntos debe ser ponderada al 25%.Por idéntico razonamiento, los puntos P2, P4, P6 y P8 representan la iluminación de áreas que tan solo tienen el 50% sobre la vía, el punto P5, a diferencia de los demás, representa un área totalmente contenida en la vía por lo que su contribución al promedio es completa. A partir de la lectura de la iluminación en los 9 puntos, la iluminación promedio sobre la vía se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{prom} = \frac{1}{16}\left[(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2\times(E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4\times E_5\right]$$

Siendo E1, E2... E9 las iluminancias en los puntos P1, P2... P9 respectivamente. La Figura 530.2.1 b. ayuda a ubicar los nueve puntos, para diferentes sistemas de alumbrado, de acuerdo con la distribución de los postes y la forma de la vía.

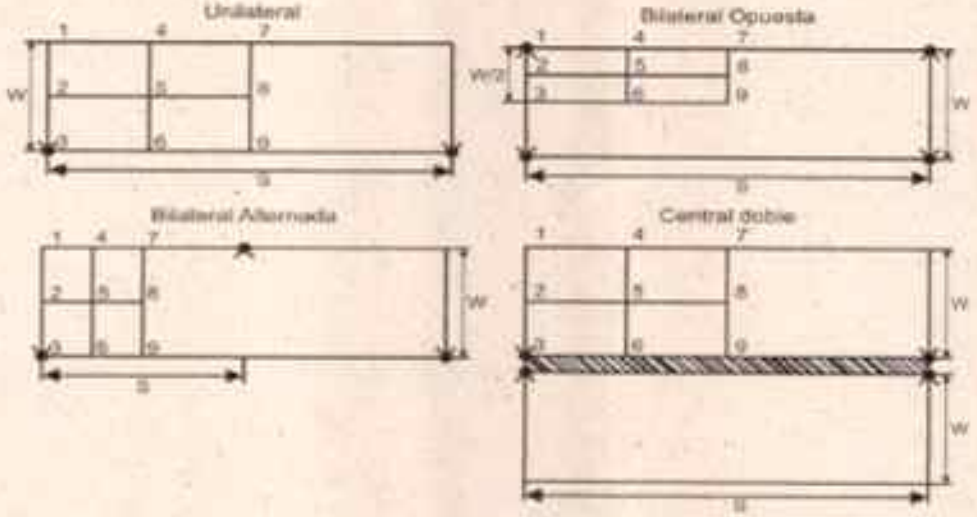


Ilustración 13. selección de los 9 puntos según disposición de las luminarias figura 530.2.18 RETILAP

Los datos tomados en este apartado se realizaron con la utilización de un luxómetro profesional marca UNI-T referencia UT 380 series. Estos puntos se tomaron en zonas distintas como muestra representativa de las condiciones propias del municipio. El resultado se puede apreciar en el anexo Niveles de iluminación, conforme a estos resultados se evidencia que ninguna de las zonas seleccionadas cumple como los niveles de iluminancia mínimos establecidos por la normatividad técnica aplicable al objeto de estudio.

7.4 Método de diseño.

En el presente informe se adoptó una metodología de diseño integral del sistema de alumbrado público, orientada al cumplimiento de las disposiciones técnicas y regulatorias vigentes en Colombia, en particular lo establecido en la Resolución 40150 de 2024 (RETILAP actualizado), el RETIE 2024 y las directrices de la CREG 101-013 de 2022, que regulan los parámetros de eficiencia energética, seguridad y calidad de iluminación.

1. Determinación de variables ambientales: Se analizaron parámetros climáticos y geográficos propios del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, tales como la temperatura promedio anual, la altura sobre el nivel del mar (aprox. 710 m s. n. m. en la cabecera municipal), el nivel de humedad

relativa y el grado de contaminación atmosférica. Estos factores son fundamentales para seleccionar luminarias y equipos eléctricos resistentes a la corrosión, al envejecimiento acelerado por radiación UV y con índices de protección adecuados (mínimo IP66/IK08, conforme al RETILAP).

2. Definición de dimensiones básicas: Se establecieron las dimensiones físicas de los espacios a iluminar —senderos peatonales, parques, escenarios deportivos y vías de circulación vehicular— considerando la topografía local y la clasificación del espacio público conforme al Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT). La determinación de longitudes, anchos de calzada y condiciones de accesibilidad permite identificar los perfiles viales y su correlación con los niveles de iluminancia y uniformidad exigidos en RETILAP.

3. Determinación de la categoría y clasificación de la vía: Con base en el numeral 510.1 y tabla 510.1.1 A de RETILAP 2024, se categorizaron las vías en principales, secundarias, terciarias, peatonales y mixtas, atendiendo a factores como velocidad de circulación, volumen vehicular, flujo peatonal y condiciones de seguridad. Este paso resulta crítico para asignar la clase de alumbrado (ME, CE, P o ES) y definir los criterios fotométricos exigibles.

4. Selección de luminarias: Se realizó una evaluación técnica de las luminarias disponibles en catálogo, priorizando la elección de equipos LED de última generación, con eficacias luminosas superiores a 140 lm/W, cumplimiento de parámetros de deslumbramiento (TI), índice de reproducción cromática (CRI ≥ 70) y control fotométrico certificado por laboratorio acreditado ONAC, en concordancia con los requisitos de certificación RETILAP. La selección de luminarias debe también atender los criterios del cliente y la disponibilidad de referencias comerciales en el mercado nacional.

5. Determinación del factor de mantenimiento (FM): Siguiendo el RETILAP, se definió un factor de mantenimiento mínimo de 0,8, considerando la acumulación de suciedad, depreciación del flujo luminoso y condiciones ambientales del área de influencia. Este parámetro garantiza que, aun después de un periodo de operación, los niveles de iluminancia no caigan por debajo de lo exigido normativamente.

6. Definición de niveles de iluminancia: Conforme al tipo de vía o espacio público, se establecieron los niveles de iluminancia promedio (lux) y la uniformidad general (Uo), de acuerdo con las tablas del RETILAP. Para vías vehiculares principales, los niveles varían entre 15–20 lux; en vías secundarias y terciarias, entre 7,5–10 lux; mientras que en áreas peatonales el rango exigido oscila entre 5–15 lux, dependiendo de la clase asignada.

7. Elaboración del modelo en DIALux: Se implementó el diseño preliminar en el software DIALux Evo, reconocido internacionalmente para cálculos lumínicos. Allí se incorporaron datos topográficos, geometrías de las vías y características fotométricas de las luminarias seleccionadas, generando escenarios de simulación bajo condiciones reales de instalación.
8. Cálculo de luminancia y uniformidad: A través de DIALux, se verificaron los parámetros fotométricos exigidos, incluyendo niveles de luminancia (cd/m²), uniformidad de iluminancia (Uo ≥ 0,4 en vías principales), uniformidad longitudinal y valores de deslumbramiento. Los resultados permitieron validar el cumplimiento estricto de los requisitos del RETILAP y del Código de Práctica de Iluminación Vial (CIE 115:2010), utilizado como referencia complementaria.

9. Iteración y ajuste de parámetros: En caso de que los resultados iniciales no cumplieran con los valores exigidos, se ejecutaron iteraciones ajustando alturas de montaje (8 m, 10 m, 12 m), ángulos de inclinación de los brazos y distancias interpostales, optimizando el balance entre eficiencia energética y calidad lumínica. Este procedimiento garantiza un diseño eficiente, normativamente conforme y económicamente sostenible.

7.5 Generalidades para el diseño.

7.5.1 Requerimientos de Visibilidad

La iluminación de un sistema de alumbrado público debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales. Para lo cual se debe tener en cuenta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual, aplicando la cantidad y calidad de la luz sobre el área observada y de acuerdo con el trabajo visual requerido. Así, para cumplir esos requerimientos de luz se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria apropiada teniendo en cuenta su desempeño fotométrico, de tal forma que se logre los requerimientos de iluminación con las mejores interdistancias, las menores alturas de montaje y la menor potencia eléctrica de la fuente posible.

La iluminación de un sistema de alumbrado público debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales. Para lo cual se debe tener en cuenta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual, aplicando la cantidad y calidad de la luz sobre el área observada y de acuerdo con el trabajo visual requerido. Así, para cumplir esos requerimientos de luz se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria apropiada teniendo en cuenta su desempeño fotométrico, de tal forma que se logre los requerimientos de iluminación con las mejores interdistancias, las menores alturas de montaje y la menor potencia eléctrica de la fuente posible.

7.5.2 Cantidad y Calidad de Luz

Se ha establecido como el objetivo del alumbrado público permitir a los usuarios de la calzada y del andén, circular sobre ellos en las horas de la noche, de manera segura, cómoda y a velocidades preestablecidas.

La seguridad se logra si el alumbrado permite a los usuarios que circulan a velocidad normal evitar un obstáculo cualquiera. La iluminación debe permitir, en particular, ver a tiempo los bordes, las aceras, separadores, encrucijadas, señalización visual y en general toda la geometría de la vía. Para este efecto, está establecido que el criterio de seguridad consiste en la visibilidad de un obstáculo fijo o móvil constituido por una superficie de 0,20 m x 0,20 m, con un factor de reflexión de 0,15. Considerando que:

- La seguridad de un peatón se logra si este puede distinguir el obstáculo a una distancia de 10 m o más.

- La seguridad de un automovilista depende esencialmente de su velocidad. A velocidad media de 60 km/h, él debe percibir este obstáculo a una distancia hasta 100 m. Para velocidades superiores, esta distancia oscila entre 100 y 200 m.

La noción de seguridad resultante del alumbrado público no es la misma en carretera que en los cascos urbanos. En el primer caso, el alumbrado interesa sobre todo al automovilista que circula a una velocidad relativamente alta sobre una carretera donde los obstáculos fijos o móviles no son muy frecuentes y la iluminación se concentra más en proveer la dirección de circulación a manera de una perfecta guía visual. El conductor verá los obstáculos como siluetas, pues generalmente el contraste resulta negativo. Por el contrario, en los cascos urbanos, la circulación es más densa y los obstáculos son generalmente más frecuentes, pero la velocidad de circulación es generalmente menor. De lo anterior, se deduce, que según el objeto que se persiga, la elección del sistema de alumbrado se verá influenciada por la densidad, naturaleza y velocidad de circulación.

Es necesario que el sistema de alumbrado permita ver esos obstáculos y otros vehículos sin riesgo de error o deslumbramiento. Igual hipótesis se plantea para los peatones, aunque su velocidad menor hace que sean menos exigentes las condiciones para ver.

La iluminación calculada, debe comportarse como una guía de visibilidad en la que están comprometidas de una manera conjunta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual.

7.5.3 Confiabilidad de la percepción

Los objetos sólo pueden percibirse cuando se tiene un contraste superior al mínimo requerido por el ojo. Este valor depende del ángulo con el que se vea (afecta la cantidad de superficie aparente en la fórmula de luminancia) y de la distribución de la luminancia en el campo visual del observador (fondo para el contraste). Además, este valor define el tiempo de adaptación del ojo en dicha situación.

La iluminación deberá perseguir dos elementos: el primero es proporcionar un elevado nivel de luminancia en el fondo, interpretado como la necesidad de proveer una Luminancia promedio elevada.

El segundo elemento es un bajo nivel de luminancia para el obstáculo, que generalmente tiene un bajo coeficiente de reflexión, pero que está fuera del control del diseñador.

Un tercer elemento es mantener un limitado deslumbramiento desde las fuentes de luz o luminancia de velo. (Se interpreta como proveer una Lvelo baja).

Es necesario definir y entender claramente el concepto del cálculo de la luminancia promedio mantenida. Además, no basta aplicar la simple fórmula matemática para obtener el promedio que pudiera resultar elevado debido a unos pocos puntos de gran valor y otros muy bajos, sino que es necesario que los puntos calculados, para obtener el promedio, mantengan una dispersión baja de modo que los puntos de la calzada con mínima luminancia no afecten la percepción por disminución de la luminancia de fondo. Esto se logra controlando el valor de la uniformidad general de luminancia (Uo).

La confiabilidad de la percepción se ve comprometida igualmente y de manera directa, con mayores niveles de deslumbramiento fisiológico. Por consiguiente, para restringir el efecto molesto del deslumbramiento, hay que especificar un límite máximo al valor para el incremento del umbral TI.

7.5.4 Comodidad Visual

El ambiente visual de un conductor está constituido principalmente por la visión de la calzada al frente del volante y en menor grado por el resto de su campo visual, que puede llegar a tener información para el conductor, como las señales de tránsito. La comodidad visual es una importante característica que redunda en la

seguridad del tráfico vehicular. La falta de comodidad se traducirá en una falta de concentración por parte de los conductores que reducirá la velocidad de reacción debido al cansancio que se producirá en sus ojos.

El grado de comodidad visual proporcionado por una instalación de alumbrado público será mejor si el ojo del conductor tiene mejores niveles de adaptación. Ello implica elevar la Luminancia promedio Lprom sobre la vía, así como controlar la dispersión de los valores que componen dicho promedio. Para asegurar el control en la dispersión de los datos, se utiliza el concepto de Uniformidad longitudinal de luminancia UL. Un bajo nivel de uniformidad longitudinal se traducirá en la aparición del efecto cebra sobre la vía, causante de la fatiga visual del conductor.

El efecto cebra toma su nombre en la apariencia que toma la vía cuando tiene un bajo valor de uniformidad longitudinal: como aparecen sectores transversales a la vía bien iluminados seguidos de otros con poca iluminación, la vía toma la apariencia de la piel de una cebra.

En la comodidad visual del conductor se encuentra comprometida la luminancia ofrecida por la instalación de alumbrado público, su uniformidad, su nivel de iluminancia, el grado de deslumbramiento, así como la disposición y naturaleza de las fuentes luminosas utilizadas. Una instalación urbana necesita mayores niveles de comodidad visual a fin de reducir la tensión nerviosa de los conductores y con ello sus efectos sobre el comportamiento en la vía. Por ello, la instalación de alumbrado debe considerar la iluminación de aceras y fachadas y de esa manera crear un ambiente más agradable.

Todo esto, sin generar deslumbramiento y manteniendo la estética de la instalación, que, al fin de cuentas, la hace más agradable.

Una instalación de iluminación en carreteras, debe asegurar una continuidad óptica sobre el carril de circulación y sobre la geometría de la vía, a fin de elevar la seguridad por la velocidad de circulación.

Se deben tener en cuenta tres variables al considerar la selección o diseño de una instalación de alumbrado público: la velocidad de circulación, la frecuencia y naturaleza de los obstáculos a ver y el tipo de usuarios de la vía.

En principio, vías que responden de la misma manera a los criterios anteriores, se iluminan de la misma manera. Por consiguiente, se pueden agrupar las vías en varios conjuntos que respondan a un mismo tipo de iluminación. Esta agrupación permite generar instructivos sobre la forma típica de iluminar, de modo que se contemplen todos los problemas que resulten al menos desde el punto de vista lumínico.

7.5.5 Relación de Alrededores

Una de las metas principales en iluminación de vías es crear una superficie clara sobre la vía contra la cual pueden verse los objetos. Ahora, cuando los objetos son elevados y están sobre la vía, su parte superior se ve contra los alrededores. Igual sucede si los objetos están justo en el borde de la vía y en las secciones curvas del camino.

En estos casos el contraste podría llegar a ser insuficiente para una percepción segura en el tiempo requerido por el conductor, si no se controla la iluminancia promedio de los alrededores. (Véase la recomendación CIE 136 y 140 de 2.000).

En consecuencia, controlar la iluminancia de los alrededores ayuda al conductor a percibir más fácilmente el entorno y le ayuda a efectuar, de manera segura, las maniobras que necesite. Controlar la relación SR permite entonces, mantener las condiciones adecuadas de contraste de objetos al borde de la vía. Por otra parte, esta iluminación beneficia a los peatones, cuando existan a los lados de la vía andenes transitables por éstos.

7.5.6 Evaluación económica y financiera

Todos los proyectos de alumbrado público deberán hacer una evaluación económica y financiera donde se incluyan no sólo los costos de inversión, sino los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto de alumbrado público. Se debe considerar tanto el costo inicial como los de operación y mantenimiento asociados, así como el valor de reposición al final de la vida útil del proyecto. Los costos energéticos, son relevantes al definir cargas operativas.

7.5.7 Uso Racional y Eficiente de la Energía

Un proyecto de alumbrado público debe aplicar requisitos relacionados con el URE: Los sistemas de alumbrado público diseñados deben cumplir simultáneamente con los requisitos fotométricos y no deben exceder los valores máximos de densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) establecidos en el presente reglamento.

7.5.8 Condiciones Ambientales de la Localidad

Un proyecto de iluminación exterior o de alumbrado público debe ser adecuado a las condiciones ambientales de la localidad, así como las condiciones

particulares del medio especialmente la presencia de agentes corrosivos, las condiciones ambientales y las facilidades de mantenimiento deben determinar las características de hermeticidad y protección contra corrosión o ensuciamiento que necesitarán las luminarias, en particular su conjunto óptico, aspectos que se deben reflejar el diseño.

7.5.9 Requerimientos de las Normas de Mobiliario Urbano

Otro factor a considerar en los proyectos de iluminación es la reglamentación sobre mobiliario urbano, por lo que se debe considerar el estilo arquitectónico predominante en el sector.

En Plazas públicas, fachadas, vías con destinación histórica o turística definidas, es necesario mantener el estilo, el color y la distribución concordantes. Así mismo, es importante el uso típico de la vía, peatonal, ciclo-ruta o para vehículos automotores. Para cada caso hay distribuciones y equipos que mejoran el impacto visual de la instalación.

7.6 Generalidades de los diseños fotométricos.

7.6.1 Uso del Software

Los diseños de iluminación se realizan a través de un software desarrollado para este propósito, y según el Retilap debe cumplir con los siguientes requisitos:

a. El software debe permitir ingresar la información fotométrica de las fuentes en las coordenadas establecidas en el presente reglamento.

b. Deberá disponer de rutinas de ingreso para la información del diseño geométrico. De la misma forma deberá permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador.

c. Las unidades de medida para los datos a ingresar al software y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles.

d. Las rutinas de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información en cada instante ingresada, tales como: tipo de coordenadas de la fonometría empleada, altura de montaje e inclinación de la luminaria, distancias entre luminarias, posiciones relativas de las luminarias respecto del local, vía o espacio

a iluminar, posiciones de las mallas de cálculo y del observador, condiciones ambientales, tipos de superficies e índices de reflexión asociados.

e. El software debe permitir el uso de las fotometrías reales de las fuentes y no una modelación puntual de las mismas. En el mismo sentido, y con el objeto de disponer de cálculos más exactos y precisos deberá considerar los efectos de reflexiones, las formas y tamaños de los obstáculos.
f. El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como (CIE, IESNA., NTC, ANSI, etc).

g. En el caso de usar software para el diseño de alumbrado público, los parámetros de cálculo y los resultados obtenidos deberán cumplir con los requisitos establecidos en el presente reglamento. Para el efecto, parámetros tales como mallas de cálculo, posiciones del observador, factores de mantenimiento con las condiciones ambientales del lugar y el grado de protección de la luminaria usada en la instalación y demás, deberán validarse ante organismo de inspección o laboratorio acreditado para desarrollar actividades de iluminación a nivel nacional o internacional. La diferencia entre los resultados del software a validar y los obtenidos por el software de referencia empleado por el laboratorio u organismo de inspección no podrá ser mayor de 5%, para su aceptación.
h. El software de diseño interior deberá efectuar los cálculos de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, eficiencia energética. Se podrá usar un software independiente para calcular el Coeficiente de Contribución de Luz Día - CLD a la instalación.
i. Los datos resultantes del diseño no pueden diferir en más del 5% para el caso de iluminancia y del 10% para el caso de luminancia, respecto de los valores medidos del sistema de iluminación en funcionamiento.

Aunque el software especializado no requiere de un certificado de conformidad de producto, si se requiere que tenga una validación de sus resultados en por lo menos 3 de sus aplicaciones, mediante pruebas y mediciones realizadas por un organismo de inspección acreditado.

Para la evaluación de los perfiles viales en el municipio Neira departamento de Caldas se utilizó el software Dialux evo 10.2.1 el cual cumple con todos los requisitos exigidos por la norma técnica.

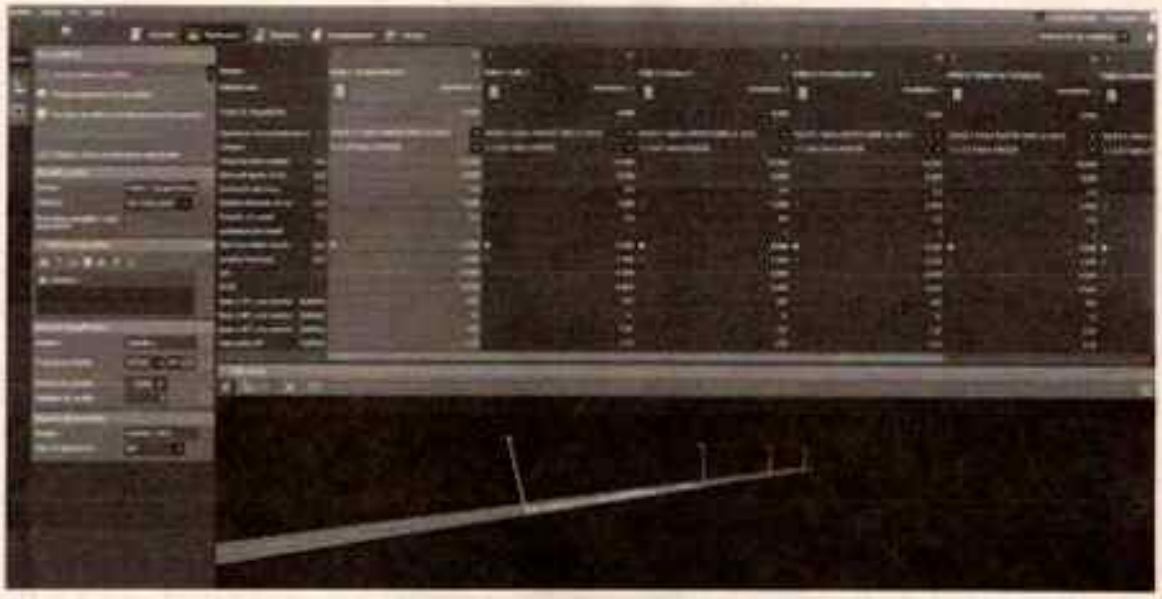


Ilustración 14. Simulador Software DIALUX EVO. Fuente: DIALUX EVO.

7.7 Tipología vial.

7.7.1 Vías Vehiculares

Los criterios que se deben tener en cuenta para asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada con estas dos variables se les asignará un tipo de iluminación conforme a la siguiente ilustración.

Clase de iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (vehículos)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Ilustración 15. Clases de iluminación para Vías Vehiculares. Fuente: RETILAP

Otros factores a tener en cuenta son la complejidad de la circulación, controles del tráfico tipos de usuarios de las vías y existencia de separadores. En tal sentido y por criterios de uso racional y eficiente de energía, una vía podrá disponer, en ciertas horas, de un alumbrado con clasificación inferior a la resultante de la aplicación.

En el mismo sentido y de conformidad de las condiciones de control de tráfico y de existencia de separación de diferentes usuarios en la vía, también podrá usarse una clase de iluminación diferente. Las condiciones para disponer de dos clases de iluminación en una vía o su cambio como criterio inicial de diseño se establecen en la Tabla 14 . Adaptada de la tabla 1 de la NTC 900.

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con acceso completamente controlados (autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación[1]:	
Alta: TI>1000 (veh. /h)	M1
Media: 500< TI<1000 (veh. /h)	M2
Baja: TI< 500 (veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico [2] y separación [3] de diferentes usuarios de la vía:	
Excelente	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Excelente	M2
Bueno	M3
Conectoras de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales. Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Excelente	M3
Bueno	M5

Ilustración 16. Descripción de las vías según tipo de iluminación. Fuente: Retilap

Notas:

1. La complejidad de la vía se refiere a su infraestructura, movimiento de tráfico y alrededores visuales. Se deben considerar los siguientes factores: número de carriles, inclinación, letreros, señales, entradas y salidas de rampas. Se debe tener en cuenta que las intersecciones viales y otros sitios de tráfico complejo se analizan separadamente.

2. Control de tráfico se refiere a la presencia de avisos y señales, así como a la existencia de regulaciones. Los métodos de control son semaforización, reglas y regulaciones de prioridad, señales, avisos y demarcaciones de la