ENE/CBR BR-L1503: Innovación Abierta para Proyectos de Infraestructura para Municipios de Brasil

Energia – Brasil

Banco Inter-americano de DEsarrollo

Arturo Alarcon - Martin Poveda amarfil

2018

Tabla de Contenidos

[Introducción 3](#_Toc510724741)

[**Oportunidades para la implementación de la tecnología LED en el parque de iluminación Publica de Brasil** 6](#_Toc510724742)

[Alto costo de la energía y costos decrecientes para la tecnología LED. 6](#_Toc510724743)

[Incentivos económicos para que los municipios inviertan en sus activos a través de Alianzas Publico Privadas 8](#_Toc510724744)

[Recursos económicos específicos asignados para pagar el alumbrado publico 8](#_Toc510724745)

[Políticas climáticas nacionales alineadas al COP-21 9](#_Toc510724746)

[Desafíos hacia la implementación de la tecnología LED en el parque de iluminación Publica de Brasil 10](#_Toc510724747)

[Actividades 13](#_Toc510724748)

[**Marco Regulatorio relativo a la iluminación publica** 13](#_Toc510724749)

[Legislación relacionada con Asociaciones Público Privadas y Financiamiento de Concesiones del Alumbrado Público Eficiente 13](#_Toc510724750)

[Estudio estadístico sobre los municipios y viabilidad hacia el alumbrado público eficiente en Brasil 15](#_Toc510724751)

[Conclusiones del estudio estadístico sobre los municipios y el alumbrado público eficiente en Brasil 17](#_Toc510724752)

[Potencial de LA Iluminación Pública Eficiente 25](#_Toc510724753)

[**ahorros en términos de energía y gasto público Proyectados en diversos escenarios de reemplazo de luminarias Publicas.** 26](#_Toc510724754)

[**Recomendaciones para una estrategia de reemplazo de luminarias.** 28](#_Toc510724755)

[Evaluación económica tipo de un proyecto de Iluminación Pública. 32](#_Toc510724756)

[**ESCENARIO 1. evaluación económica para municipalidades menores a 50.000 Habitantes** 36](#_Toc510724757)

[Tablas de los resultados financieros para modelo Municipalidad de 34,997 Habitantes 37](#_Toc510724758)

[Resultados evaluación económica para municipalidades menores a 50.000 Habitantes 38](#_Toc510724759)

[**ESCENARIO 2. evaluación económica para municipalidades menores a 500.000 Habitantes** 42](#_Toc510724760)

[Tablas de los resultados financieros para modelo Municipalidad de 34,997 Habitantes 43](#_Toc510724761)

[Resultados evaluación económica para municipalidades menores a 50.000 Habitantes 44](#_Toc510724762)

[Especificaciones técnicas tipo para iluminación pública. 49](#_Toc510724763)

[Luminancia 49](#_Toc510724764)

[Color claro: temperatura de color y cromaticidad 52](#_Toc510724765)

[**Indicadores de rendimiento energético** 53](#_Toc510724766)

[**Lámparas para alumbrado exterior** 56](#_Toc510724767)

[**Estandarización de la tecnología LED e Iluminación Pública** 58](#_Toc510724768)

[**Estudio del Mercado Brasileño** 59](#_Toc510724769)

[LEOTEK 59](#_Toc510724770)

[SUPERLED 61](#_Toc510724771)

[PHILIPS 61](#_Toc510724772)

[**Comparación de las principales lámparas LED del mercado brasilero** 63](#_Toc510724773)

[**Resumen de la regulación y estaNdares vigentes en Brasil para mantener iluminación pública eficiente** 64](#_Toc510724774)

# Introducción

A nivel global, las ciudades consumen más de dos tercios de la energía mundial y representan más del 70% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO2). Como parte de una mayor iniciativa para proteger las ciudades vulnerables al cambio climático y de aumentar los esfuerzos actuales para disminuir las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), actualmente se gestiona la implementación de tecnologías orientadas hacia infraestructura más eficiente. Dentro de los proyectos de infraestructura, las inversiones en eficiencia energética representan una oportunidad importante y significativa para que las ciudades promuevan un uso más responsable de su energía y disminuyan sus gastos municipales. Además, dichos proyectos se gestionan a través de cambios en infraestructura, los cuales favorecen del crecimiento económico, la creación de empleo, el acceso mejorado a servicios básicos de calidad y la habitabilidad de los ciudadanos de cada comunidad.

La participación municipal en la transformación hacia las tecnologías más eficientes juega un papel clave al establecer bases para que dichas inversiones contribuyan a la transformación del mercado local. Esto se logra a través de la promoción y el respaldo de políticas, bienes y servicios de eficiencia energética, dirigidos a los sectores públicos y privados. En el caso de Brasil, aproximadamente el 84 por ciento de su población vive en centros urbanos, y el 90 por ciento del PIB se genera en las ciudades.[[1]](#footnote-1) Según las estimaciones de la División de Población de las Naciones Unidas para Brasil, el crecimiento total de la población que se espera para las próximas tres décadas, será en las ciudades, donde se espera que la tasa de urbanización nacional aumente a más del 90 por ciento. Hacia el 2020, se agregarán alrededor de 63 millones de personas a las ciudades brasileñas, y la población urbana total será de más de 200 millones. Por lo tanto, aunque las ciudades actualmente no son los mayores contribuyentes a las emisiones de GEI en Brasil, a nivel nacional, las ciudades son la fuente de mayor crecimiento.[[2]](#footnote-2)

En el 2016, se estimó que en Brasil el alumbrado público tiene más de 18 millones de puntos de luz, con una penetración del servicio de aproximadamente el 95.5% de los hogares.[[3]](#footnote-3) El complejo luminotécnico instalado está formado predominantemente por lámparas de sodio de alta presión y, en menor medida, por lámparas de vapor de mercurio. [[4]](#footnote-4)

La penetración de la tecnología “Light Emitting Diode” LED es bastante baja, aunque muchas ciudades tienen proyectos pilotos en desarrollo para implementar esta tecnología. Dicha tecnología promueve la reducción de los costos de energía y la mejora del entorno nocturno con iluminación vial eficiente. El diodo emisor de luz posee potencia luminosa con un alcance aún mayor que las tradicionales fuentes de luz y brillo intenso, provoca sensación de comodidad.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de Tecnología** | **LED** | **HPS** | **Metal Halide** | **Inducción** |
| Costo por Foco (USD) | 9 a 332 | 12 | 27 | 280 |
| Potencia | 105 | 150 | 163 | 109 |
| Cantidad de focos por 100,000hrs de uso | 1.7 | 4.17 | 8.28 | 1 |
| Cantidad de CO2 por 100,000hrs de uso (millón Kg) | 300 | 450 | 500 | 320 |
| Cantidad de NOx por 100,000hrs de uso (millón Kg) | 1.1 | 1.6 | 1.7 | 1.15 |
| Cantidad de CFCs por 100,000hrs de uso (kg) | 4.5 | 6.4 | 6.8 | 4.7 |
| Ecotoxicidad (millón Kg of PM2.5/100,000 hrs) | 175 | 240 | 260 | 180 |
| Color temperatura, brillo (Grados Kelvin) | 5000 | 2000 | 3000-4000 | 5000 |

##### Tabla 1. Comparación de tecnologías lA iluminación publica[[5]](#footnote-5)

También es adecuado para ofrecer efectos decorativos de calles y avenidas, su principal característica positiva es la luz fría e intensa que ayuda en la visualización. Además, la vida útil de estos productos llega en promedio a 50.000 mil horas, disminuyendo considerablemente el descarte de lámparas y los gastos asociados al mantenimiento.

Es importante destacar el impacto potencial de la tecnología LED en el alumbrado público en Brasil, considerando que la iluminación pública en Brasil corresponde al segundo mayor gasto público en energía, según los datos de Eletrobrás.[[6]](#footnote-6) Sin embargo, pocos municipios y servicios públicos han aprovechado con éxito esta oportunidad para convertir sus operaciones de alumbrado público en LED. Antes de que se produzca una conversión de lámparas en todo el sistema, una empresa debe obtener una gran cantidad de capital financiero, identificar los equipos apropiados para sus aplicaciones, considerar cambios en las estructuras de tarifas de servicios públicos y diseñar métodos efectivos para recuperar la inversión.

En Brasil, el caso más embatico es Río de Janeiro el cual consume un 60% más en iluminación pública que Nueva York, aunque tiene casi dos millones de habitantes menos que la metrópoli norteamericana.[[7]](#footnote-7) Los beneficios son claros y como han sido manifestado en varios estudios recientes, las lámparas de iluminación pública de esta ciudad se pueden sustituir por iluminación LED (diodos emisores de luz, de bajo consumo), las cuales podrían ahorrar 255 millones de reales al año y 110.000 toneladas de emisiones de CO2. [[8]](#footnote-8)

## **Oportunidades para la implementación de la tecnología LED en el parque de iluminación Publica de Brasil**

### Alto costo de la energía y costos decrecientes para la tecnología LED.

La oportunidad de invertir en iluminación pública en Brasil, es cada vez más viable dada los aumentos en los precios de la energía eléctrica. Mientras que los precios de los equipos tienen una tendencia a la baja, gracias a la economía de escala de su fabricación, reduciendo la inversión necesaria para la conversión a lámparas LED. Por otro lado, la energía eléctrica viene siendo más cara en Brasil, lo que aumenta los beneficios de proyectos que tengan como resultado la reducción del consumo de electricidad. La siguiente subsección analiza la tarifa de la energía eléctrica para la iluminación pública y su evolución reciente en Brasil.

La determinación de la tarifa aplicable al suministro de energía eléctrica corresponde en Brasil a la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), órgano regulador federal. La ANEEL dividió la tarifa de energía por grupo de consumidores, en función de la tensión. La iluminación pública está en el subgrupo B4, que se dividen en:

**a. B4a:** Es la tarifa aplicable cuando los activos de iluminación pública son propiedad del municipio (esta es la situación para la totalidad de los municipios en este momento).

**b. B4b:** Era la tarifa aplicada mientras los activos de iluminación pública eran propiedad de las distribuidoras. Se estima que esta tarifa es un 9,6% superior a la B4a y esa diferencia representaría la remuneración del servicio de operación y mantenimiento del parque de iluminación pública por la distribuidora. Con la Resolución Normativa 414/2010 de la ANEEL, esa tarifa, tiende a dejar de existir.

La tarifa media de la energía eléctrica para la iluminación pública subió un 38,8% entre el 2014 y el 2015 (de R $ 0.18 / kWh hasta 0.25 / kWh), tras una menor subida del 10,9% el año anterior. [[9]](#footnote-9) Desde el 2015 al 2018 las tarifas eléctricas incrementaron en promedio un 200%.[[10]](#footnote-10) Actualmente, Brasil es uno de los países con el costo de electricidad más altos. El costo de este insumo en Brasil es de 402,26 R $ por MW-h. El valor es un 46% superior al promedio internacional, de 275,74 por MW-h.[[11]](#footnote-11)

##### Tabla 2. Tarifas de Iluminación Publica en Brasil 2017

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Concesionarias** | **B4a (Rede de Distribución) [R$/MWh]** | **B4b (Bulbo da Lámpara) [R$/MWh]** | **B4a (Red de Distribución) [U$/MWh]** | **B4b (Bulbo da Lámpara) [U$/MWh]** |
| **AES Eletropaulo** | 392.73 | 428.43 | 117.82 | 128.53 |
| **Elektro** | 448.47 | 492.45 | 134.54 | 147.74 |
| **CPFL Paulista** | 367.95 | 403.86 | 110.39 | 121.16 |
| **CPFL Piratininga** | 435.6 | 475.2 | 130.68 | 142.56 |
| **CPFL Santa Cruz** | 416.82 | 459.03 | 125.05 | 137.71 |
| **CPFL Mococa** | 551.67 | 607.86 | 165.50 | 182.36 |
| **CPFL Leste Paulista** | 522.63 | 570.75 | 156.79 | 171.23 |
| **CPFL Jaguari** | 360.9 | 401.01 | 108.27 | 120.30 |
| **CPFL Sul Paulista** | 498.48 | 544.62 | 149.54 | 163.39 |
| **Caiuá** | 400.74 | 438.96 | 120.22 | 131.69 |
| **Nacional – CNEE** | 411.78 | 452.55 | 123.53 | 135.77 |
| **Bragantina – EEB** | 471.84 | 514.23 | 141.55 | 154.27 |
| **Vale Paranapanema – EEVP** | 423.99 | 463.26 | 127.20 | 138.98 |
| **EDP Bandeirante** | 470.31 | 514.02 | 141.09 | 154.21 |

**Fuente: SEE, 2017**

La metodología actual en Brasil para calcular los precios de la electricidad de cada estado están basados en la siguiente metodología. A diferencia de otras categorías de consumidores, en las que la facturación se realiza sobre la base del consumo efectivo medido y calculado sobre la base de la tarifa correspondiente, en la iluminación pública, las concesionarias de distribución no están obligadas a instalar medidores. En muchos casos, el consumo de energía eléctrica por la red de iluminación pública se estima en base al inventario de equipos instalados y en su potencia. El total calculado de la potencia de los equipos instalados se multiplica por un número fijo de horas, de uso diario, para generar un valor estimado de kWh / día consumido por los servicios de alumbrado público.

Además, la tecnología LED disminuye notablemente los costos de manteamiento ya que los equipos duran mucho más que otras tecnologías convencionales. Los costos de mantenimiento representan gastos mayores para las municipalidades. Según el Frente Nacional de Alcaldes, el costo de mantenimiento de cada punto de iluminación para las distribuidoras de energía es del orden de R$1,50 por punto al mes. [[12]](#footnote-12)

### Incentivos económicos para que los municipios inviertan en sus activos a través de Alianzas Publico Privadas

Más del 40% de los municipios de Brasil se beneficiaron por el marco legal que permite la reciente transferencia de activos de alumbrado público. En comparación con los servicios eléctricos, esto le da a los municipios incentivos económicos para que puedan proveer los servicios de alumbrado público de manera más eficiente a través de la reducción de costos, a pesar de las inversiones requeridas. El marco legal crea una base de clientes potenciales muy grande para empresas que se especializan en alumbrado público eficiente. Dichos municipios tienen ingresos asignados hacia el alumbrado público, que pueden ser estructurados a través de alianzas publicas privadas o contratos de concesiones para remplazar la infraestructura energética hacia sistema de iluminación más eficiente.

### Recursos económicos específicos asignados para pagar el alumbrado publico

En diciembre de 2002, una enmienda constitucional permitió la recaudación de una contribución (similar a un impuesto) para el servicio de alumbrado público (CIP o COSIP, en lo sucesivo denominado COSIP) por los municipios y el Distrito Federal con el exclusivo propósito de pagar los servicios de alumbrado público.

Este recurso vallado se debe usar para pagar el suministro de electricidad, así como también para su mantenimiento, instalación y mejora del equipo de alumbrado público. Además, la legislación permite la recolección del COSIP a los consumidores a través de su factura de electricidad. Estudios llevados a cabo, por empresas privadas y organizaciones en Brasil, mostraron que desde el 2014 más de 300 municipios brasileros ya recaudan el COSIP. Además, muchos otros municipios, tienen proyectos de ley ya encaminados para implementar el COSIP.[[13]](#footnote-13)

Cuando los municipios cuentan con el COSIP, dan seguridad financiera y legal para las ESCOs (Energy Services Companies) e inversionistas, ya que los recursos necesarios para pagar los gastos del servicio de alumbrado público quedan asegurados. Lo cual permite a las empresas y bancos usar dichos pagos como garantía en modelos comerciales con financiamiento del sector privado (por ejemplo, pagos de préstamos, pagos al concesionario en el caso de estructurar una APP, etc…).

### Políticas climáticas nacionales alineadas al COP-21

Como parte de esta gran iniciativa internacional del COP-21, hacia mitigar el cambio climático, Brasil se comprometió a hacer la transición de su matriz energética hacia las energías renovables, con el objetivo de que la matriz tenga el 45% de las fuentes de energía renovables para 2030. Como parte de esta gran iniciativa, para alcanzar dichas metas, Brasil estableció el objetivo de implementar ganancias en eficiencia energética, en el sector eléctrico, del 10% hacia el 2030. Estudios han estimado que para alcanzar dicha meta, el cambio e implementación de sistemas eficientes de alumbrado público representaría una quinta parte de dichas ganancias en eficiencia energética. Esto representaría un ahorro del 2% en consumó de energía eléctrica en todo el país.

### Desafíos hacia la implementación de la tecnología LED en el parque de iluminación Publica de Brasil

A pesar de las grandes oportunidades existentes, aún persisten desafíos de naturaleza institucional para que se pueda invertir en la conversión de los parques de iluminación pública en las ciudades brasileras. Los desafíos incluyen un nivel de inversión elevado, la limitada capacidad financiera de los municipios y dificultades de acceso a la financiación pública y privada. Dentro del marco técnico, no hay asistencia técnica disponible en bases coordinadas, y algunos de los estándares técnicos aún no han sido consolidados por las instituciones oficiales brasileras. Además, la tecnología LED aún no está disponible a nivel nacional, lo que contribuiría a reducir el costo del equipo.

En el ámbito financiero, el principal desafío para cualquier proyecto de alumbrado público es el costo, el cual es relativamente alto en su etapa inicial. Este desafío existe inclusive cuando el proyecto de conversión de equipos presenta la viabilidad económico-financiera debido a que los ahorros en la energía generada y la reducción de costos con el mantenimiento, se manifiestan durante la vida de proyecto. Por ende, para poder capitalizarse en dichas ganancias los equipos deben estar implementados y en funcionamiento por un periodo definido de tiempo.

Para aumentar los incentivos económicos hacia la implementación de dichos proyectos, el gobierno federal de Brasil estableció dos programas de eficiencia energética. PROCEL-Reluz, administrado por Eletrobrás y PEE - Programa de Eficiencia Energética, administrado por las empresas eléctricas y ANEEL. Hasta ahora dichos programas no han desembolsado recursos sustanciales para la inversión en alumbrado público eficiente.

Particularmente, Procel-Reluz el cual es un fondo federal establecido con recursos del sector energético (conocido como RGR), tiene el propósito de financiar la modernización de sistemas de iluminación pública. Dicho fondo hace préstamos a los municipios a través de los servicios públicos. Cabe destacar que entre 2000 y 2014, Procel-Reluz hizo posible el reemplazo de 2,78 millones de puntos de alumbrado público. Durante dicho periodo, el monto financiado por Eletrobrás fue de R$521 millones, mientras que los servicios públicos invirtieron R$173 millones. A pesar de los avances, desde el 2014 los recursos financieros de este fondo han sido limitados. Por ende el programa se encuentra actualmente estancado.[[14]](#footnote-14)

A nivel nacional, el Programa de Eficiencia Energética (PEE), es una iniciática que creo la obligación de invertir y establece que los servicios públicos deberán invertir, al menos, el 0,5% de sus ingresos operativos netos en actividades destinadas a la eficiencia energética, incluyendo los contratos de concesión de servicios eléctricos a partir del 2000. De acuerdo con la regulación del PEE, los servicios públicos deben seleccionar proyectos de eficiencia energética dentro del alcance del derecho aplicable y enviarlos a ANEEL para su aprobación. Recientemente, ANEEL estableció una selección competitiva de proyectos de eficiencia energética para parte de los recursos del PEE, con el propósito de impulsar a las empresas de servicios públicos a seleccionar acciones de eficiencia energética con las mejores proporciones de costo-beneficio.

Los municipios y entidades públicas de Brasil cuentan con limitaciones definidas hacia el acceso a fuentes alternas de financiamiento. Existen importantes restricciones de financiamiento impuestas a los municipios brasileros debido a la Ley de Responsabilidad Fiscal. La ley de “Receita Corrente Líquida” – (RCL) es particularmente diseñada a limitar la deuda de los municipios al 16% de sus ingresos netos. Dentro de dicho marco legal, existen algunas excepciones, como el financiamiento de organismos multilaterales, instituciones federales, bancos de crédito o de desarrollo, siempre que sean para proyectos de inversión que mejoren la administración de activos, ingresos, impuestos y finanzas. Dentro de este marco, los proyectos de alumbrado público eficiente están considerados dentro de dichas excepciones. Esto se debe a que, al igual que los recursos destinados a la modernización fiscal, las inversiones en eficiencia energética mejoran la situación fiscal de los municipios, ya que, a largo plazo reducen sus gastos corrientes.

Adicionalmente, las líneas de crédito municipales están sujetas a la evaluación de riegos que las agencias crediticias dan a entidades públicas y privadas. El riesgo de crédito municipal es uno de los desafíos más difíciles de superar para atraer capital del sector privado a proyectos públicos. Los proyectos de alumbrado público están sujetos a los mismos estándares los cuales son prácticas financieras internacionales. Dentro de lo que cabe los municipios en Brasil son dueños de los activos de alumbrado público. Por eso, en última instancia son responsables del pago de los costos relacionados con la inversión. Los inversionistas, y entidades financieras se basan en el crédito municipal y al riesgo político para tomar en cuenta si consideran invertir en dichos proyectos y a que costo.

Por ende el objetivo del COSIP es limitar el riesgo de pago hacia los inversionistas y entidades financieras, que proporcionan una fuente de recursos, para uso exclusivo en alumbrado público. Aunque dicho mecanismo mitiga el riesgo de la falta de pagos hacia los proyectos de alumbrado público, no limita todos los riesgos implicados dentro de la implementación de dichos proyectos.

Como se explicó anteriormente, la existencia del COSIP proporciona una fuente de recursos para uso exclusivo en alumbrado público, una situación que no se encuentra en la mayoría de los otros sectores municipales. No obstante, la mera existencia del COSIP no elimina por completo la percepción de riesgo de un proyecto. El COSIP puede enfrentar fragilidades, como la posibilidad de que estos ingresos sean congelados o reducidos por las agencias de supervisión. Por ende, muchos municipios han manifestado que los recursos del COSIP pueden ser limitados. Por eso, cabe recalcar la importancia sobre una buena diligencia de los municipios para establecer buenas leyes y marcos legales para el COSIP a nivel local, con los recursos suficientes para cubrir los gastos incurridos. Aunque esto represente cierta garantía financiera para los inversionistas y entidades financieras, generalmente garantías adicionales van a ser requeridas, especialmente en municipios con capacidad financiera reducida.

# Actividades

## **Marco Regulatorio relativo a la iluminación publica**

En Brasil, el sector eléctrico está regulado por estatutos federales promulgados por el Congreso Nacional, así como por regulaciones establecidas por ANEEL. Los servicios de electricidad se rigen por el Reglamento 414/2010 de ANEEL, en el que las unidades de consumo se clasifican según el tipo de uso de electricidad, es decir, residencial, industrial, comercial, rural, gubernamental, de alumbrado público, servicios públicos y consumo propio.

Las unidades de consumo también se dividen en dos grupos según la cantidad de electricidad consumida. El Grupo A, es de unidades consumidoras suministradas con tensiones iguales o superiores a 2,3 kV que están conectadas al sistema de distribución en tensión secundaria, caracterizadas por una tasa binomial que incluye el pago por el consumo y la capacidad. El Grupo B son unidades de consumo con tensiones inferiores a 2,3 kV, caracterizadas por una tasa única que no distingue el consumo de energía o la demanda; se dividen en subgrupos B1 - residencial, B2 - rural, B3 - otras clases, y B4 - alumbrado público. Por lo tanto, la tasa para el suministro de energía de alumbrado público es la tasa B4a.10

ANEEL anualmente establece y publica las tarifas aplicables a cada tipo de consumidor, ajustadas de acorde con el acuerdo de concesión establecido entre el gobierno federal y la concesionaria. El acuerdo de concesión también prevé una revisión de tasa multianual bajo un régimen de tope de precios. Las unidades de consumo pueden cobrar una tarifa convencional, que es una cantidad fija por kWh, o una tarifa por hora, que varía según la hora del día en que se consuma la electricidad. En el caso del alumbrado público, se aplica una tarifa fija y convencional (artículo 56-A, regla 414/2010).

### Legislación relacionada con Asociaciones Público Privadas y Financiamiento de Concesiones del Alumbrado Público Eficiente

En Brasil el sector eléctrico está regulado bajo la ley 8.666 o Licitación (Ley 10.520 / 01) en la cual establece, todos los servicios de alumbrado público serán prestados por los ayuntamientos, ya sea directamente o mediante contratación externa. Actualmente, muchas municipalidades están externalizando los servicios de mantenimiento al sector privado, en cumplimiento del marco legal establecido por la ley. Actualmente, ya muchos municipios de Brasil tercerizan los servicios de mantenimiento y de menor manera el alumbrado público.

Bajo el marco de la ley 8.666 / 93 para adquirir equipos y servicios LED y de sistemas inteligentes, la empresa eléctrica, en conjunto con el municipio, podrían emitir una licitación por los "servicios energéticamente eficientes" de alumbrado público. El ganador de la oferta será responsable de la adquisición, instalación y/o mantenimiento eficiente de los LED y el sistema inteligente.

En el caso donde la Ley 8.666 / 93 se usa para comprar equipos y servicios de LED, presenta falencias como el hecho que no aborda expresamente los contratos de desempeño. Bajo este marco legal es un desafío vincular los pagos conforme a un contrato con el rendimiento real de la eficiencia energética del proyecto. De la misma manera, la duración máxima de un contrato para adquisiciones es de cinco años. Por lo tanto, la municipalidades aún enfrentarán un desajuste entre la duración del contrato y la ley.

De la misma manera los municipios también pueden externalizar la inversión, operación y mantenimiento de su sector de alumbrado público a través de una concesión administrativa, o Alianza Pública Privada (APP).De acuerdo con la Ley 11.079 / 04, las municipalidades tienen las potestad para definir el modelo de negocio APP, siempre que cumpla con la legislación. Ya existen algunas concesiones de alumbrado público eficiente en algunas municipalidades medianas, y sirven como ejemplos de concesiones exitosas para algunas de las ciudades capitales de Brasil. Actualmente hay 138 ciudades con concesiones en curso en alumbrado público, entre ellas: Maceió (AL), Uberaba (MG), São Paulo, Contagem y Vitória. Sin embargo hay factores limitantes en este modelo en ciudades, por su solvencia. Ahora las municipalidades poseen la propiedad de los servicios, así como la obligación de administrar los activos y prestar servicios adecuados a la población.

De acuerdo con el artículo 149-A de la Constitución federal, modificado en 2002, los municipios tienen derecho a crear por ley local un impuesto denominado Contribución para el Custodio del Servicio de Iluminación Pública, COSIP (Contribución a los Servicios de Alumbrado Público) con el exclusivo propósito de financiar los servicios de alumbrado público. Los municipios tienen el derecho de adoptar una ley local para permitir la recolección del COSIP y las flujos de caja necesarios para el pago de la inversión en la nueva infraestructura.

### Estudio estadístico sobre los municipios y viabilidad hacia el alumbrado público eficiente en Brasil

Brasil cuenta con 5,570 municipios con diferentes marcadas características socioeconómicas, como nivel de ingresos y desarrollo. Por ende para tomar en cuenta posibles inversiones e implementación de proyectos de alumbrado público eficiente, este estudio se enfoca en características generalizadas técnicas que permitirán a inversionistas, entidades financieras y oficiales del gobierno tomar una visión macro del sistema de alumbrado público a nivel nacional.

En consecuencia, este estudio baso su la metodología estadística en la cantidad de habitantes de cada municipio, las guías técnicas sobre la iluminación pública e infraestructura de alumbrado público existentes. Por lo tanto, se agruparon a los municipios en función de su cantidad de habitantes para así poder desarrollar soluciones más personalizadas.

##### Grafico 1. Número de Municipios por Número de Habitantes**[[15]](#footnote-15)**

##### Grafico 2. Distribución de puntos de luz por tamaño de municipalidades

Para la estadística en el Grafico 2, se llevó a cabo el cálculo de la cantidad de puntos de luz por tipo de municipio, en el cual se tomó en cuenta una distribución basada en el consumo de electricidad en la iluminación pública para el 2016 por tipo municipio. Basados en dichos factores, la distribución del Gráfico 2 muestra la estimación del total de puntos de luz, proporcional a sus habitantes.

##### Tabla 3. Municipalidades y distribución de variables relevantes al modelo

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población por tipo de municipio** | **Puntos de luz por tipo de municipio** | **Población para municipalidad promedio** | **Puntos de luz para municipalidad promedio** | **Demanda anual actual de la iluminación pública (KWh, por tipo de municipio)[[16]](#footnote-16)** |
| Más de 500.000 Habitantes | 62,619,680 | 4,513,543 | 1,433,092 | 127,597 | 3,688,104,000 |
| Entre 500.000 y 50.000 Habitantes | 78,769,078 | 7,984,930 | 132,952 | 11,838 | 6,524,643,000 |
| Entre 50.000 y 20.000 Habitantes | 33,493,751 | 2,877,083 | 34,997 | 3,116 | 2,350,921,000 |
| Menos de 20.000 Habitantes | 32,228,692 | 3,024,444 | 8,226 | 732 | 2,471,332,000 |
| **Total (Nacional)** | **207,111,201** | **18,400,000** |  |  | **15,035,000,000** |

### Conclusiones del estudio estadístico sobre los municipios y el alumbrado público eficiente en Brasil

Brasil tiene alrededor de 18 millones de puntos de alumbrado público, lo que representa aproximadamente el 4 por ciento del consumo de electricidad del país.[[17]](#footnote-17) Dentro de las propias ciudades, el consumo de electricidad para el alumbrado público representa el 30-40 por ciento de la energía municipal utilizada, dependiendo del número de puntos de iluminación y su eficiencia. Por lo tanto, la eficiencia energética en alumbrado público presenta oportunidades significativas para las ciudades.[[18]](#footnote-18)

##### Tabla 4. Demanda actual de la iluminación pública (MWh, por tipo de municipio)**[[19]](#footnote-19)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población por tipo de municipio** | **Puntos de luz por tipo de municipio** | **Demanda anual actual de la iluminación pública (KWh, por tipo de municipio)** |
| Más de 500.000 Habitantes | 62,619,680 | 4,513,543 | 3,688,104,114 |
| Entre 500.000 y 50.000 Habitantes | 78,769,078 | 7,984,930 | 6,524,642,553 |
| Entre 50.000 y 20.000 Habitantes | 33,493,751 | 2,877,083 | 2,350,921,115 |
| Menos de 20.000 Habitantes | 32,228,692 | 3,024,444 | 2,471,332,218 |
| **Total (Nacional)** | **207,111,201** | **18,400,000** | **15,035,000,000** |

La tabla cuatro, representa la demanda actual de la iluminación pública por tipo de municipio, basados en el Anuario Estadístico de Energía Eléctrica para el 2017, publicado por el Ministerio de energía y Minas de Brasil[[20]](#footnote-20). Para extrapolar los valores para todas las municipalidades de Brasil, se tomó en cuenta los consumos de electricidad para la iluminación pública, consumo de electricidad de los municipios, su número de habitantes y el Producto Interno Bruto (PIB) per Cápita. Este permitió desarrollar datos muy acertados sobre la situación en Brasil a nivel municipal y nacional. Dicha información es representada en esta tabla.

##### Tabla 5. Cuanto presenta del consumo total de energía a nivel municipal, por tipo de municipio[[21]](#footnote-21)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población por tipo de municipio** | **Puntos de luz por tipo de municipio** | **Consumo anual de la iluminación pública (KWh, por tipo de municipio) 2016** | **Consumo anual de electricidad (KWh, por tipo de municipio) 2016** | **Porcentaje de consumo de electricidad de la iluminación pública respecto al consumo anual total por municipalidad** |
| **Más de 500.000 Habitantes** | 62,619,680 | 4,513,543 | 3,688,104,114 | 9,108,841,483 | 40.5% |
| **Entre 500.000 y 50.000 Habitantes** | 78,769,078 | 7,984,930 | 6,524,642,553 | 11,457,980,068 | 56.9% |
| **Entre 50.000 y 20.000 Habitantes** | 33,493,751 | 2,877,083 | 2,350,921,115 | 4,872,098,812 | 48.3% |
| **Menos de 20.000 Habitantes** | 32,228,692 | 3,024,444 | 2,471,332,218 | 4,688,079,636 | 52.7% |

La tabla cinco, representa el consumo total de energía a nivel municipal por tipo de municipio. Para obtener esta estadística, se calculó el consumo de electricidad de la iluminación pública y el consumo municipal de electricidad para todos los municipios de Brasil, usando el mismo modelo que la tabla anterior. Una vez obtenidos dichos números, se divide el consumo total anual por municipalidad para el consumo anual de la iluminación pública. Dicho estimado resulta en un aproximado del 48%, el cual está en rango comparado con estudios similares.[[22]](#footnote-22)

##### Grafico 3. Porcentaje de gasto de la iluminación pública respecto al gasto municipal en energía para el 2016

Como se pude observar en este gráfico, las municipalidades con menor cantidad de habitantes en general tienen un consumo más alto de iluminación pública per cápita. Particularmente esto se acentúa en la municipalidades menores a 100.000 habitantes. Por ende, implementación de tecnologías de iluminación pública eficiente como los LEDs tendrían un mayor impacto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y consumo eléctrico.

##### Tabla 6. Cuanto presenta del consumo total de energía a nivel país

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **A Nivel de País** | | | | |
| **Población por tipo de municipio** | **Puntos de luz por tipo de municipio** | **Consumo anual de la iluminación pública (KWh, por tipo de municipio) 2016** | **Consumo Nacional Electricidad 2016 KWh** | **Porcentaje de consumo de electricidad de la iluminación pública respecto al consumo anual total nacional 2016** |
| 207,111,201 | 36,800,000 | 15,035,000,000[[23]](#footnote-23) | 463,904,000,000[[24]](#footnote-24) | 3.24% |

La tabla seis, representa el consumo total de energía a nivel país. Para obtener esta estadística, se calculó el consumo de electricidad de la iluminación pública total dividido para el consumo total de electricidad en Brasil para en 2016, el cual fue basado en estadísticas del gobierno. El resultado es el estimado consumo de la iluminación pública a nivel nacional del 3.24%.

##### Tabla 7. Gasto actual de los municipios en iluminación pública (por tipo de municipio)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población por tipo de municipio** | **Puntos de luz por tipo de municipio** | **Consumo anual de la iluminación pública (KWh, por tipo de municipio) 2016** | **Gasto actual de los municipios en iluminación pública (USD) 2016** | **Gasto actual de los municipios en iluminación pública (R$)** |
| Más de 500.000 Habitantes | 62,619,680 | 4,513,543 | 3,688,104,114 | 590,096,658.21 | 1,917,814,139 |
| Entre 500.000 y 50.000 Habitantes | 78,769,078 | 7,984,930 | 6,524,642,553 | 1,043,942,808.52 | 3,392,814,128 |
| Entre 50.000 y 20.000 Habitantes | 33,493,751 | 2,877,083 | 2,350,921,115 | 376,147,378.47 | 1,222,478,980 |
| Menos de 20.000 Habitantes | 32,228,692 | 3,024,444 | 2,471,332,218 | 395,413,154.81 | 1,285,092,753 |

La tabla siete, representa el gasto actual de los municipios en iluminación pública por tipo de municipio. Para obtener esta estadística, se calculó el consumo total electricidad de la iluminación pública usando las mismas variables que en la tabla cuatro. Luego se estimó el costo de la iluminación pública para las distribuidoras basados en los incrementos publicados de manera oficial por las entidades reguladoras del gobierno de Brasil.[[25]](#footnote-25)[[26]](#footnote-26)[[27]](#footnote-27) Con dichas variables se multiplico el precio por MWh en Dólares y Reales para obtener el gasto actual de los municipios en iluminación pública.

##### Tabla 8. Cuanto representa del gasto municipal total, y del gasto municipal en energía

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población por tipo de municipio** | **Puntos de luz por tipo de municipio** | **Gasto actual de los municipios en iluminación pública (R$)** | **Gasto Municipal Total (R$) 2016** | **Porcentaje de gasto de la iluminación pública respecto al gasto municipal total 2016** |
| Más de 500.000 Habitantes | 62,619,680 | 4,513,543 | 2,415,189,419 | 16,797,162,021.86 | 14.4% |
| Entre 500.000 y 50.000 Habitantes | 78,769,078 | 7,984,930 | 4,272,723,105 | 12,679,967,368.27 | 33.7% |
| Entre 50.000 y 20.000 Habitantes | 33,493,751 | 2,877,083 | 1,539,522,646 | 6,912,970,205.18 | 22.3% |
| Menos de 20.000 Habitantes | 32,228,692 | 3,024,444 | 1,618,374,981 | 4,452,570,256.45 | 36.3% |

La tabla ocho, representa el porcentaje del gasto municipal total respecto al gasto en iluminación pública. Los valores oscilan entre entre el 10% y 40%. Para obtener esta estadística, se calculó el gasto actual de los municipios en iluminación pública basados en las tablas anteriores y se dividió para el gasto municipal total obtenido a través de estudios del gobierno.[[28]](#footnote-28)

##### Tabla 9. Cuanto representa del gasto municipal en energía

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población por tipo de municipio** | **Puntos de luz por tipo de municipio** | **Gasto actual de los municipios en iluminación pública (R$) 2016** | **Gasto actual de los municipios en Energía (R$) 2016** | **Porcentaje de gasto de la iluminación pública respecto al gasto municipal en energía 2016** |
| **Más de 500.000 Habitantes** | 62,619,680 | 4,513,543 | 2,415,189,419 | 4,736,597,571 | 51.0% |
| **Entre 500.000 y 50.000 Habitantes** | 78,769,078 | 7,984,930 | 4,272,723,105 | 5,958,149,635 | 71.7% |
| **Entre 50.000 y 20.000 Habitantes** | 33,493,751 | 2,877,083 | 1,539,522,646 | 2,533,491,382 | 60.8% |
| **Menos de 20.000 Habitantes** | 32,228,692 | 3,024,444 | 1,618,374,981 | 2,437,801,411 | 66.4% |

La tabla nueve, representa el porcentaje del gasto en iluminación pública respecto al gasto municipal total en energía. Los valores oscilan entre en 50% y 70%. Para obtener esta estadística, se calculó el Gasto actual de los municipios en iluminación pública basados en las tablas anteriores y se lo dividió para el gasto municipal de energía obtenido a través de estudios del gobierno.[[29]](#footnote-29)

# Potencial de LA Iluminación Pública Eficiente

##### Tabla 10. Tipos de luminarias actuales (2012)**[[30]](#footnote-30)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tecnologías** | **Brasil** | **Norte** | **Noreste** | **Sur** | **Centro-Oeste** | **Sureste** |
| **Vapor de Mercurio** | 23% | 31% | 21% | 24% | 23% | 24% |
| **Vapor de Sodio** | 71% | 65% | 69% | 71% | 72% | 73% |
| **LEDs** | <0.1% | <0.1% | <0.1% | <0.1% | <0.1% | <0.1% |
| **Otras** | 5% | 4% | 11% | 5% | 5% | 3% |

##### Grafico 4. Cantidad de Puntos de Luz en el sistema nacional de iluminación Cadastro 2012

## **ahorros en términos de energía y gasto público Proyectados en diversos escenarios de reemplazo de luminarias Publicas.**

El alumbrado público representa aproximadamente el 3 por ciento del consumo mundial de electricidad. Según Eletrobás, Brasil tiene más de 18 millones de puntos de luz para su alumbrado público, los cuales representan el 4,08 por ciento del consumo de electricidad del país.[[31]](#footnote-31) Basado en los resultados de este estudio y estudios similares, dentro de las ciudades de Brasil, el consumo de electricidad del alumbrado público oscila entre el 30 y el 40 por ciento de los gastos energéticos municipales. Al nivel de las municipalidades estos valores oscilan dependiendo del número de puntos de iluminación y su eficiencia. Desde una visión macro, concluimos que a medida que disminuye la cantidad de habitantes en cada municipalidad, aumenta el consumo per cápita en iluminación pública. Por lo tanto, la eficiencia energética en el alumbrado público representa oportunidades significativas para el ahorro financiero y de energía para las municipalidades pequeñas. La mayoría de las municipalidades de Brasil se beneficiarían por la implementación de tecnologías más eficientes como las lámparas LEDs y mejoras de eficiencia en sus redes de distribución.

Existen muchas ventajas al implementar un programa de alumbrado público, de bajo consumo de energía, mediante lámparas LED. Estudios avanzados realizados en 12 ciudades demostraron que la implementación de lámparas LED en conjunto con sistemas de controles inteligentes generaron un ahorro energético promedio del 53 por ciento; después de su instalación respecto a las tecnologías convencionales[[32]](#footnote-32). Datos similares has sido corroborados por la Asociación Brasilera de las Empresas de Servicios de Conservación de Energía (Abesco); La asociación estima que sólo con la modernización del sistema y con la sustitución de las lámparas de sodio y mercurio por similares de LED, sería posible reducir a la mitad ese consumo de energía[[33]](#footnote-33). Esto se debió al aumento de lúmenes por vatio producido por las lámparas LED en comparación con las tecnologías comúnmente usadas, como las lámparas de vapor de sodio o de alta presión (HPS). A nivel internacional, ya existen muchos ejemplos convincentes de implementación exitosa de LEDs a gran escala en ciudades, donde se han logrado importantes ahorros de energía durante períodos prolongados. Dados los excelentes resultados, en esta industria, los alcaldes de Estados Unidos, en su conferencia anual de alcaldes en el 2014, denominaron a la iluminación LED, como la tecnología energética de "máxima prioridad".[[34]](#footnote-34)

Dada la resolución nº 414/2010 de la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL), de transferir a los municipios la responsabilidad de los activos de la iluminación pública, la preocupación por la eficiencia energética cobró importancia entre los gestores municipales. Con este cambio, toda la inversión en expansión y mantenimiento de la iluminación pasó a ser hecha exclusivamente por las prefecturas lo que representó un impacto económico considerable en el presupuesto municipal. Dadas las nuevas legislaciones en Brasil, los municipios son responsables de los costos asociados a la iluminación pública, lo cual afecta directamente sus ingresos.[[35]](#footnote-35) Por ende, los gestores municipales de Brasil buscan controlar, reducir y organizar sus gastos públicos de mejor manera. En este escenario, la gestión de la energía tiene una importancia fundamental. Según los datos del Frente Nacional de los Alcaldes (FNP), los gastos con energía eléctrica son, en muchas prefecturas, el segundo mayor gasto, sólo debajo de la nómina de los funcionarios públicos.[[36]](#footnote-36) Una gestión eficiente de este sector puede proporcionar una economía significativa, generando ahorros económicos de entre el 6% al 10% de los gastos globales, dependiendo del tamaño del municipio. Una gestión eficiente de la iluminación pública y de los edificios públicos puede reducir en un 30% el valor de la cuenta de energía eléctrica de un municipio [[37]](#footnote-37)

Los LED también ofrecen un tiempo de vida significativamente más largo, casi el doble que las tecnologías actuales, lo cual se refleja en grandes ahorros ya que requieren poco mantenimiento y menos cambios. Más allá del ahorro, los LED proporcionan una mejor iluminación, lo que mejora la seguridad y la actividad económica de las comunidades. La inclusión de sistemas de controles inteligentes pueden reducir aún más los costos de energía y operación. Las lámparas LED son entre un 40% y un 60% más eficientes en términos de consumo de energía.[[38]](#footnote-38)

La mayoría de las lámparas en el parque de iluminación pública de Brasil, actualmente son lámparas de Vapor de Sodio (HPS), ya que estas fueron las soluciones más eficientes en los últimos años. A nivel técnico para entender el real impacto económico que demuestra la tecnología LED en el alumbrado público, es necesario comprender el alcance lumínico de dichas lámparas el cual provee la misma o mejor iluminación en la calles, que otras tecnologías pero con la mitad o menos de la potencia.

##### Tabla 11. Tipos de luminarias especificaciones tecnicas

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Incandescente / Halógenos** | **Vapor de mercurio** | **Halogenuros metálicos** | **Sodio de alta presión** | **Compacto fluorescente (CFL)** | **Diodos emisores de luz (LED)** |
| **Eficacia (Lm/W)** | | | | | |
| 15-25 | 30-60 | 80-105 | 70-110 | 40-70 | 60-140 |
| **Vida útil (Horas)** | | | | | |
| 3,000 | 15,000 | 10,000 | 15,000 | 15,000 | 40,000- 200,000 |
| **Comparación Potencia Wataje (Wt)** | | | | | |
| 40-60 | 15-25 | 5-15 | 5-15 | 12-15 | 5-8 |
| 60-75 | 25-35 | 15-25 | 15-25 | 15-18 | 7-10 |
| 75-100 | 35-45 | 20-35 | 20-35 | 18-23 | 10-15 |
| 100-150 | 50-60 | 25-40 | 25-40 | 23-35 | 15-20 |
| 150-200 | 70-85 | 35-45 | 35-45 | 30-45 | 20-25 |
| 200-250 | 90-110 | 40-55 | 40-55 | 45-60 | 25-30 |

La vida útil de las lámparas HPS y las luces LED varía significativamente con la calidad de la lámpara y el dispositivo. Las lámparas HPS son dispositivos que se degradan más rápido por ende tienen una vida útil significativamente más corta. Es importante también considerar que contaminantes y el calor pueden afectar negativamente a ambos tipos de iluminación.

## **Recomendaciones para una estrategia de reemplazo de luminarias.**

Actualmente, ya existen varios proyectos exitosos a nivel internacional, en los cuales la modificación del alumbrado público hacia tecnologías LED, se han llevado a cabo de manera masiva y actualmente se los reconoce como una mejora de infraestructura rentable a través de ahorro de energía.

A nivel país, las recomendaciones de las autoridades, (Departamento del Procel, de Eletrobras, y ANEEL) manifiestan que es necesario entrenar a los profesionales municipales para entender el impacto técnico de dichas nuevas tecnologías. Subsecuentemente, la primera acción que el sector público debe tomar es que cada municipalidad haga una actualización del registro de lámparas y equipos. Esto es para poder mapear un sistema integrado eléctrico de luz más eficiente. Esto permite determinar de manera más acertada el valor de la cuenta de energía del ayuntamiento y revelar el potencial de eficiencia del sistema. Una vez obtenía esta información el siguiente paso es verificar las oportunidades de mejora, como los intercambios de lámparas antiguas por tecnologías más eficientes, o de reactores electromagnéticos por reactores electrónicos. También se debe considerar el posible cambio de las iluminarias por conjuntos más eficientes, que aprovechan mejor la luminosidad generada por las lámparas. Basado en la capacidad de luminosidad de cada lámpara, se puede mejorar la iluminación con menos lámparas y por ende con menos costos en los equipos, mantenimiento,..etc. [[39]](#footnote-39)

Un proyecto de renovación de alumbrado público implica el reemplazo de las lámparas y los accesorios, los brazos de las lámparas e incluso los postes. Esto depende de la condición de cada componente principal y del propietario del proyecto. Normalmente, cualquier reemplazo de brazos, postes o cableado, según sea necesario, no es parte del proyecto de modernización, sino parte de las actividades normales de mantenimiento del sistemas de redes.

Durante el proceso de diseño y evaluación del proyecto, es necesario seleccionar la tecnología adecuada para mantener los activos para maximizar todo el potencial técnico del proyecto. La vida útil de las luces LED varía significativamente con la calidad de la lámpara y el dispositivo. Por lo tanto, es esencial diseñar adecuadamente la retro adaptación, usando tecnología de calidad y adecuada al ambiente y necesidades lumínicas.

Las referencias actuales en licitaciones de iluminación pública, no reflejan de manera correcta como las nuevas tecnologías cubren dichas necesidades. Las compras deben evaluar de mejor manera los indicadores de rendimiento utilizados para procurar las tecnologías de iluminación. Los compradores de productos LED, incluidos los de alumbrado público, a menudo solicitan a los fabricantes que proporcionen reemplazos de iluminación directa basados ​​en la salida de luz, en lugar del rendimiento real en el superficie de la carretera. Este enfoque puede inhibir a los clientes de comparar con precisión los ahorros posibles a través de la implementación de Iluminación LED.

La tecnología LED proporciona mejores capacidades individuales de orientación y distribución de luz. Con tecnología LED, los lúmenes se controlan con precisión para minimizar el exceso de iluminación o los puntos calientes, y aseguran suficiente iluminación en toda el área de distribución prevista. Por ende, es un error hacer una comparación de lúmenes directos al especificar modificaciones entre iluminación HID típica y las tecnologías de iluminación LED. La comparación de los lúmenes proporcionados comúnmente es inexacta.

La manera más correcta de evaluar el cambio a lámparas, es tomando en cuenta el rendimiento en la superficie de la carretera. Esto se mide a través de la luminancia (candela / metro cuadrado reflejado desde la superficie de la carretera) lo que permite determinar la calidad de un diseño de iluminación vial. También, se pueden realizar aplicaciones o diseños fotométricos para garantizar que los niveles de luz cumplan con los requisitos de cada proyecto.

A nivel mundial, dentro de la estructura legal para la licitación de iluminación pública generalmente es contratada a través de contratos de rendimiento de ahorro de energía, conocidos en Ingles como “Energy Savings Performance Contracts” (ESPC**).** El tipo de contratos ESPC permite a las municipalidades implementar proyectos de ahorro de energía sin la necesidad de invertir en los costos iniciales de capital. Cuando se contrata servicios de iluminación pública, los nuevos equipos e infraestructura se financian utilizando los ahorros de energía y costos de operación resultantes del nuevo sistema. Dichas ganancias financieras pagan por el proyecto a lo largo de su tiempo de vida.

Durante la ejecución del ESPC, una empresa de servicios energéticos conocida en Ingles como “Energy Service Company” (ESCO) lleva a cabo una auditoría energética integral. En consulta directa con la agencia pública, la ESCO diseña, busca los fondos necesarios para la implementación de dicho proyecto. La ESCO garantiza que las mejoras en eficiencia generen ahorros en costos de energía suficientes para pagar por el proyecto durante el plazo del contrato. Después de que el contrato termina, todos los ahorros de costos adicionales son recolectados por la agencia pública. Adicionalmente, todos los equipos quedan como parte del inventario de dicha agencia pública. Los términos contractuales típicos para este tipo de contratos son de hasta 20 años. Este tipo de contratos se ejecutaran en Brasil actualmente, aunque no es tan común en municipalidades pequeñas. Los beneficios de un proyecto de alumbrado público a través de contratación con el modelo ESPC incluyen:

• No se requiere capital inicial.

• Costos de mantenimiento son eliminados a lo largo del plazo del contrato.

• Uso de los presupuestos de energía y mantenimiento existentes.

• La velocidad de finalización: los proyectos suelen tardar menos de 12 meses desde la introducción del concepto hasta su finalización.

• Cumplir o superar los objetivos de ahorro energético de la comunidad.

• Flujo de caja positivo a lo largo del plazo de financiación.

• Desempeño financiero garantizado o ESCO compensa la diferencia.

# Evaluación económica tipo de un proyecto de Iluminación Pública.

En general, para Brasil la tecnología LED está lista para programas de eficiencia energética para servicios públicos. El alcance de este estudio hasta ahora definió el marco legal y estado actual de parque de iluminación pública y tecnología. Dados los hallazgos, esta sección elabora más a profundidad la economía de reemplazar su sistema de alumbrado público existente con LED. Dentro de las características presentadas en los modelos tomados en cuenta, se realizó un análisis técnico y financiero para evaluar el ahorro de las instalaciones de alumbrado público LED y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para evaluar la rentabilidad de estos modelos económicos, se utilizaron: la herramienta de modelado del Departamento de energía de Estados Unidos, desarrollado por la oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable; el cual ha sido usado por varias ciudades de Estados Unidos para evaluar sus programas de eficiencia energética y alumbrado público y un modelo de Excel y creado por los autores, usando los ingresos calculados para analizar la costó-efectividad de la gestión de la financiera del proyecto. La evaluación financiera resultante modela con mayor precisión los requisitos de ingresos asociados con la capitalización de activos de larga vida para un modelo de iluminación pública en Brasil. Las dos herramientas en conjunto, permiten desarrollar una representación más cercana a las características de un proyecto de esta índole para municipios con características similares.

Hay cuatro variables principales que influyen primordialmente en los resultados del modelo económico:

* La tasa de mano de obra para instalar los nuevos LED.
* El tiempo asociado con el cambio de bombillas existentes (es decir, los costos de viaje de mantenimiento evitados).
* Los precios de los LED.
* La vida útil efectiva del LED, la cual es considerablemente larga (10 Años) que las otras tecnologías anteriores.
* La tasa de falla de fabrica de las nuevas luces la cual está contemplada en el 2,1%.

Adicionalmente, dada las características técnicas de la iluminación LED, para evaluar adecuadamente los ahorros, se deben considerar cuidadosamente los siguientes factores: (1) el nivel de luz útil que llega a la calle; y (2) la potencia total del accesorio, incluyendo la lámpara y el balasto usados ​​para conducir la lámpara.

Para nuestro caso de estudio, se se considerará el reemplazo de las lámparas, el cual se basa en las siguientes suposiciones:

* La modificación de las lámparas actuales mediante LED es posible utilizando el mismo brazo.
* Cualquier reemplazo de brazos, postes o cableado, según sea necesario, no es parte del proyecto de modernización, sino parte de las actividades normales de mantenimiento del municipalidad local. Dichos costos están incluidos como parte de los costos de mantenimiento estipulados para este modelo.
* La retro adaptación se realizará para proporcionar la misma cantidad de iluminación.

Dentro de lo que cabe, para entender las características de los proyectos tomados en cuenta para esta evaluación y el impacto de la conversión, se hace un análisis financiero de los ahorros económicos y energéticos hacia los municipios. El objetivo de este análisis económico es evaluar el costo real de todo el proyecto tomando en cuenta: el tipo luminarias, costo de mantenimiento, costos de instalación y costos energéticos. Para dos municipalidades con diferentes tamaños y necesidades lumínicas, se evalúa la implementación de una actualización de eficiencia energética del alumbrado público que involucra **11,838 y 3,116 puntos de luz** para municipalidades con **132,952 y 34,997 habitantes** respectivamente. Este análisis económico estipula el remplazo de lámparas de varias tecnologías convencionales que van desde 100W a 400W, las cuales serían remplazadas con luces LED. El informe proporciona una visión general de la situación actual como referencia y además calcula los costos y ahorros energéticos.

La inversión en un sistema de alumbrado público LED, se debe evaluar de acuerdo a los criterios básicos de evaluación financiera. Esta evaluación nos permitirá́ establecer la viabilidad financiera del proyecto.

Los indicadores que vamos a tener en cuenta para este proyecto son los siguientes:

* **VPN (Valor Presente Neto):** Este indicador nos permite saber el valor actual del proyecto teniendo en cuenta diferentes tiempos de financiación. Cuando el VPN es positivo el proyecto es financieramente viable en el tiempo proyectado.
* **TIR (Tasa Interna de Retorno):** La cual es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece la inversión estipulada.
* **Periodo de Retorno Simple:** Este es el tiempo en que se demora el proyecto para recuperar el capital financiero requerido para su ejecución.

Todas estas variables fueron tomadas en cuenta para los dos escenarios, los cuales se basan en los costos de desarrollo y operación de los proyectos de iluminación pública y los ingresos durante una vida útil de 13 años. Las tablas a continuación presentan las variables iniciales, resultantes de la conversión hacia la tecnología LED.

El gasto de capital (Capital Expenditure), los costos de operación y mantenimiento son específicos del sitio y deben evaluarse como parte de los estudios de viabilidad y pre factibilidad. Con fines ilustrativos, en esta sección se brinda algunas estimaciones indicativas para los costos de las lámparas LED. Inicialmente, estos costos se establecen como suposiciones basadas en evidencia. Adicionalmente, para calcular los costos de operación se tomaron en cuenta las siguientes variables:

##### Tabla 12. Costos por Tecnología para puntos de luz

|  |  |
| --- | --- |
| **Modelo** | **Costo Por Unidad** |
| **HPS Residencial: 100W** | $83.50 |
| **HPS Residencial: 150W** | $83.50 |
| **LED: 70W** | $280.09 |
| **LED: 68W** | $280.09 |
| **HPS Carretera: 250W** | $110.13 |
| **LED: 150W** | $340.56 |
| **HPS Carretera: 400W** | $150.78 |
| **LED: 100W** | $300.08 |
| **LED: 300W** | $625.56 |

##### Tabla 13. Variables iniciales que se tomaron en cuenta para la modelación financiera

|  |  |
| --- | --- |
| Precio de la electricidad ($ / kWh) | $0.158 |
| Cambio anual en el costo de la electricidad (%) | 5.0% |
| Tasa de mano de obra de instalación ($ / hora) | 400.00 |
| Factor de emisiones (kg CO2e / kWh) | 0.302[[40]](#footnote-40) |
| Tiempo de implementación del proyecto | 3 Años |

##### Tabla 14. Gastos generales y de implementación del proyecto

|  |  |
| --- | --- |
| Costo de vehículo de instalación ($/hr) | 100 |
| Costo de mano de obra para instalación ($/hora) | 400 |
| Tasa de descuento nominal (%) | 0.0314 |
| Personal necesario para planificar y administrar un proyecto de modificación de iluminación | 3 |
| Costo de mano de obra para managment ($/hora) | 44.33 |
| Tiempo utilizado por mano de obra anualmente (hrs/persona/ano) | 900.5 |

## **ESCENARIO 1. evaluación económica para municipalidades menores a 50.000 Habitantes[[41]](#footnote-41)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población para municipalidad promedio** | **Puntos de luz para municipalidad promedio** |
| Entre 50.000 y 20.000 Habitantes | 34,997 | 3,116 |
|  |  |  |
| **Tecnología** | **Potencia (Watage)** | **Punto de Luz** |
| HPS | 100 | 597 |
| HPS | 150 | 737 |
| HPS | 250 | 624 |
| HPS | 400 | 257 |
| Vapor de mercurio | 125 | 250 |
| Vapor de mercurio | 250 | 243 |
| Vapor de mercurio | 400 | 211 |
| Haluro metálico | 100 | 70 |
| Haluro metálico | 150 | 12 |
| Haluro metálico | 250 | 12 |
| Haluro metálico | 400 | 103 |
| Total |  | 3116 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Potencia** | **Punto de Luz** |
| 100 | 667 |
| 150 | 999 |
| 250 | 879 |
| 400 | 571 |
| Total | 3,116 |

### Tablas de los resultados financieros para modelo Municipalidad de 34,997 Habitantes

##### Variables Financieras

|  |  |
| --- | --- |
| Plazo de Amortización simple (años) | 5.06 |
| Plazo de Amortización - Solo energía (Años) | 5.69 |
| Tasa Interna de Retorno TIR (10 Años) | 30% |
| Valor Presente Neto VPN (10 Años) | $1,938,045 |
| Gastos de Capital (10 Años) ($) | $1,728,524 |
| Ahorro Eléctricos Producidos por Inversión de Capital ($/kWh) | 0.09 |

##### Escenario Base – Sistema de iluminación pública sin lámparas LED

|  |  |
| --- | --- |
| Consumo anual de energía antes de sistema LEDs (KWH) | 3,921,569 |
| Costo anual de energía antes de sistema LEDs ($) | $619,608 |
| Generación anual de GEI antes de sistema LEDs (tCO2e) | 1,180 |

##### Escenario Alterno – Sistema de iluminación pública lámparas LED

|  |  |
| --- | --- |
| Consumo anual con LEDs en kWh | 1,890,561 |
| Costo anual de energía con sistema LEDs ($) | $298,709 |
| Generación anual de GEI con sistema LEDs (tCO2e) | 569 |

##### Ahorros Proyectados

|  |  |
| --- | --- |
| Ahorro anual (kWh) | 2,031,008 |
| Ahorro anual en Costos de Energía ($) | $320,899 |
| Ahorro anual de GEI (tCO2e) | 611 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | |
| **Ahorro promedio anual por punto de luz** | **Escenario Base** | **LEDs** | **Ahorro** | **Porcentaje** |
| Energía | $240.80 | $124.71 | $116.09 | 48% |
| O&M sin energía | $44.78 | $25.79 | $18.99 | 42% |
| Total | $285.58 | $150.50 | $135.07 | 47% |

### Resultados evaluación económica para municipalidades menores a 50.000 Habitantes[[42]](#footnote-42)

Para esta municipalidad, los resultados de las proyecciones financieras para la conversión del alumbrado público hacia tecnologías LED, tienen un resultado positivo en un plazo de 13 años y lo más recomendable es cambiar todas las luminarias por iluminación LED.

La inversión inicial del proyecto es de **U$1,728,524** para la implementación de todo lo contemplado. Teniendo en cuenta los ingresos de la facturación y los consumos de energía eléctrica estipulados para esta municipalidad, se determinó que para el cuarto año, la inversión se alcanza el punto de equilibrio, con un ahorro anual de **U$320,899** el cual se proyecta hasta el año 13 con un ahorro total de de **U$715,946** . Con un promedio de ahorro anual del 47%.

##### TABLA 15. Flujo de Caja Simple

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Año** | **Gasto anual de capital** | **Ahorro anual de O&M (Incluidos ahorros energéticos)** | **Ahorro anual de O & M no energético** | **Flujo de caja anual** | **Flujo de caja acumulado** | **Flujo de caja anual (Solo ahorros de energía)** | **Flujo de caja acumulado (Solo ahorros de energía)** |
| 1 | $592,418 | $126,921 | $19,927 | $(465,496) | $(465,496) | $(485,424) | $(485,424) |
| 2 | $575,917 | $265,459 | $40,772 | $(310,458) | $(775,955) | $(351,230) | $(836,654) |
| 3 | $560,444 | $416,446 | $62,564 | $(143,998) | $(919,953) | $(206,562) | $(1,043,216) |
| 4 | $- | $435,579 | $64,003 | $435,579 | $(484,373) | $371,576 | $(671,639) |
| 5 | $- | $455,630 | $65,475 | $455,630 | $(28,743) | $390,155 | $(281,485) |
| 6 | $- | $476,644 | $66,981 | $476,644 | $447,900 | $409,663 | $128,178 |
| 7 | $- | $498,667 | $68,522 | $498,667 | $946,568 | $430,146 | $558,324 |
| 8 | $- | $521,751 | $70,098 | $521,751 | $1,468,318 | $451,653 | $1,009,977 |
| 9 | $- | $545,946 | $71,710 | $545,946 | $2,014,264 | $474,236 | $1,484,213 |
| 10 | $- | $571,307 | $73,359 | $571,307 | $2,585,570 | $497,948 | $1,982,160 |
| 11 | $- | $597,891 | $75,046 | $597,891 | $3,183,462 | $522,845 | $2,505,005 |
| 12 | $- | $625,760 | $76,772 | $625,760 | $3,809,221 | $548,987 | $3,053,993 |
| 13 | $- | $654,975 | $78,538 | $654,975 | $4,464,196 | $576,437 | $3,630,429 |

La financiación de proyectos solo es posible cuando los pagos de la iluminación pública son capaces de generar suficientes ingresos para pagar las obligaciones de deuda, los costos generales de operación y mantenimiento; y para obtener un rendimiento razonable por el capital invertido. La decisión de proceder con el desarrollo de un proyecto de iluminación pública LED se basa en la viabilidad financiera del proyecto, según lo determinado a través de un análisis financiero. Este análisis tiene en cuenta los costos previstos, incluidos los requisitos de inversión y los costos de operación y mantenimiento, así como los ingresos.

Como se puede ver, por se recomienda cambiar la iluminación existente por iluminación LED la cual permite un ahorro en el consumo del 48%% lo que se refleja en el costo de la factura.

##### Grafico 5. Flujo de Caja - Pago de Capital

##### Grafico 6. Flujo de caja por Categoría

##### Tabla 16. Ahorros Energéticos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Año** | **Ahorro anual de energía ($)** | **Ahorro anual de energía (kWh)** | **CO2e anual evitado (toneladas / año)** |
| 1 | $106,994 | 677,176 | 204 |
| 2 | $224,687 | 1,354,352 | 408 |
| 3 | $353,882 | 2,031,528 | 611 |
| 4 | $371,576 | 2,031,528 | 611 |
| 5 | $390,155 | 2,031,528 | 611 |
| 6 | $409,663 | 2,031,528 | 611 |
| 7 | $430,146 | 2,031,528 | 611 |
| 8 | $451,653 | 2,031,528 | 611 |
| 9 | $474,236 | 2,031,528 | 611 |
| 10 | $497,948 | 2,031,528 | 611 |
| 11 | $522,845 | 2,031,528 | 611 |
| 12 | $548,987 | 2,031,528 | 611 |
| 13 | $576,437 | 2,031,528 | 611 |

##### Grafico 7. Impacto Energético

**Uso Anual después de LEDs (KWH)**

## **ESCENARIO 2. evaluación económica para municipalidades menores a 500.000 Habitantes[[43]](#footnote-43)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de municipio** | **Población para municipalidad promedio** | **Puntos de luz para municipalidad promedio** |
| Entre 500.000 y 50.000 Habitantes | 132,952 | 11,838 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tecnología** | **Potencia (Watage)** | **Punto de Luz** |
| HPS | 100 | 2,267 |
| HPS | 150 | 2,317 |
| HPS | 250 | 2,854 |
| HPS | 400 | 976 |
| Vapor de Mercurio | 125 | 950 |
| Vapor de Mercurio | 250 | 924 |
| Vapor de Mercurio | 400 | 801 |
| Haluro Metálico | 100 | 267 |
| Haluro Metálico | 150 | 47 |
| Haluro Metálico | 250 | 44 |
| Haluro Metálico | 400 | 391 |
| **Total** |  | 11838 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Nuevas LED Instaladas** | **Puntos de Luz** |
| LED: 70W | 3,484 |
| LED: 100W | 2,364 |
| LED: 150W | 3,822 |
| LED: 300W | 2,168 |
| **Total** | 11838 |

### Tablas de los resultados financieros para modelo Municipalidad de 34,997 Habitantes

##### Variables Financieras

|  |  |
| --- | --- |
| Plazo de Amortización simple (Años) | 4.5 |
| Plazo de Amortización - Solo energía (Años) | 5.0 |
| Tasa Interna de Retorno TIR (10 Años) | 39% |
| Valor Presente Neto VPN (10 Años) | $8,323,818 |
| Gastos de Capital (10 Años) ($) | $5,561,852 |
| Ahorro Producidos por Inversión de Capital ($/kWh) | $0.0792 |

##### Escenario Base – Sistema de iluminación pública sin lamparas LED

|  |  |
| --- | --- |
| Consumo anual de energía antes de sistema LEDs (KWH) | 14,970,555 |
| Costo anual de energía antes de sistema LEDs ($) | $2,365,348 |
| Generación anual de GEI antes de sistema LEDs (tCO2e) | 4,506 |

##### Escenario Alterno – Sistema de iluminación pública lámparas LED

|  |  |
| --- | --- |
| Consumo anual con LEDs en kWh | 7,164,596 |
| Costo anual de energía con sistema LEDs ($) | $1,132,006 |
| Generación anual de GEI con sistema LEDs (tCO2e) | 2,157 |

##### Ahorros Proyectados

|  |  |
| --- | --- |
| Ahorro anual (kWh) | 7,805,959 |
| Ahorro anual en Costos de Energía ($) | $1,233,342 |
| Ahorro anual de GEI (tCO2e) | 2,350 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ahorro promedio anualizado por punto de luz** | **Escenario Base** | **LEDs** | **Ahorro** | **Porcentaje** |
| Energía | $243.59 | $126.15 | $117.43 | 48% |
| O&M sin energía | $44.24 | $26.45 | $17.79 | 40% |
| Total | $287.83 | $152.60 | $135.07 | 47% |

### Resultados evaluación económica para municipalidades menores a 50.000 Habitantes[[44]](#footnote-44)

Para esta municipalidad, los resultados de las proyecciones financieras para la conversión del alumbrado público hacia tecnologías LED, tienen un resultado positivo en un plazo de 13 años y lo más recomendable es cambiar todas las luminarias por iluminación LED.

La inversión inicial del proyecto es de **U$5,561,852** para la implementación de todo lo contemplado. Teniendo en cuenta los ingresos de la facturación y los consumos de energía eléctrica estipulados para esta municipalidad, se determinó que para el cuarto año, la inversión se alcanza el punto de equilibrio, con un ahorro anual de **U$1,233,342** el cual se proyecta hasta el año 13 con un ahorro total de de **U$23,560,748**. Con un promedio de ahorro anual del 51%.

##### Tabla 18. Flujo de Caja Simple

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Año** | **Gasto anual de capital** | **Ahorro anual de O&M (Incluidos ahorros energéticos)** | **Ahorro anual de O & M no energético** | **Flujo de caja anual** | **Flujo de caja acumulado** | **Flujo de caja anual (Solo ahorros de energía)** | **Flujo de caja acumulado (Solo ahorros de energía)** |
| 1 | $1,915,333 | $482,062 | $70,948 | $(1,433,271) | $(1,433,271) | $(1,504,219) | $(1,504,219) |
| 2 | $1,852,649 | $1,008,500 | $145,160 | $(844,149) | $(2,277,420) | $(989,310) | $(2,493,529) |
| 3 | $1,793,870 | $1,582,508 | $222,749 | $(211,362) | $(2,488,782) | $(434,111) | $(2,927,640) |
| 4 | $- | $1,655,619 | $227,872 | $1,655,619 | $(833,163) | $1,427,747 | $(1,499,893) |
| 5 | $- | $1,732,247 | $233,113 | $1,732,247 | $899,084 | $1,499,134 | $(758) |
| 6 | $- | $1,812,566 | $238,475 | $1,812,566 | $2,711,650 | $1,574,091 | $1,573,333 |
| 7 | $- | $1,896,755 | $243,959 | $1,896,755 | $4,608,405 | $1,652,796 | $3,226,128 |
| 8 | $- | $1,985,006 | $249,571 | $1,985,006 | $6,593,411 | $1,735,435 | $4,961,564 |
| 9 | $- | $2,077,518 | $255,311 | $2,077,518 | $8,670,928 | $1,822,207 | $6,783,771 |
| 10 | $- | $2,174,500 | $261,183 | $2,174,500 | $10,845,429 | $1,913,318 | $8,697,088 |
| 11 | $- | $2,276,173 | $267,190 | $2,276,173 | $13,121,602 | $2,008,983 | $10,706,072 |
| 12 | $- | $2,382,768 | $273,335 | $2,382,768 | $15,504,370 | $2,109,433 | $12,815,504 |
| 13 | $- | $2,494,526 | $279,622 | $2,494,526 | $17,998,896 | $2,214,904 | $15,030,409 |

La financiación de proyectos solo es posible cuando los pagos de la iluminación pública son capaces de generar suficientes ingresos para pagar las obligaciones de deuda, los costos generales de operación y mantenimiento; Para obtener un rendimiento razonable por el capital invertido. La decisión de proceder con el desarrollo de un proyecto de iluminación pública LED se basa en la viabilidad comercial del proyecto, según lo determinado a través de un análisis financiero. Este análisis tiene en cuenta los costos previstos, incluidos los requisitos de inversión y los costos de operación y mantenimiento, así como los ingresos.

Como se puede ver, por se recomienda cambiar la iluminación existente por iluminación LED la cual permite un ahorro en el consumo del 62%% lo que se refleja en el costo de la factura y en dimensionado sistema de iluminación pública.

##### Grafico 8. Flujo de Caja - Pago de Capital

##### Grafico 9. Flujo de caja por Categoría

##### Tabla 19. Ahorros Energéticos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Año** | **Ahorro anual de energía ($)** | **Ahorro anual de energía (kWh)** | **CO2e anual evitado (toneladas / año)** |
| 1 | $411,114 | 2,601,986 | 783 |
| 2 | $863,339 | 5,203,973 | 1,566 |
| 3 | $1,359,759 | 7,805,959 | 2,350 |
| 4 | $1,427,747 | 7,805,959 | 2,350 |
| 5 | $1,499,134 | 7,805,959 | 2,350 |
| 6 | $1,574,091 | 7,805,959 | 2,350 |
| 7 | $1,652,796 | 7,805,959 | 2,350 |
| 8 | $1,735,435 | 7,805,959 | 2,350 |
| 9 | $1,822,207 | 7,805,959 | 2,350 |
| 10 | $1,913,318 | 7,805,959 | 2,350 |
| 11 | $2,008,983 | 7,805,959 | 2,350 |
| 12 | $2,109,433 | 7,805,959 | 2,350 |
| 13 | $2,214,904 | 7,805,959 | 2,350 |

##### Grafico 10. Impacto Energético

**Uso Anual antes de LEDs (KWH)**

**Consumo Anual con LEDs en kWh**

La financiación de proyectos solo es posible cuando el nuevo sistema de alumbrado público es capaz de generar suficientes ingresos para pagar las obligaciones de deuda y los costos generales de operación y mantenimiento, y para obtener un rendimiento razonable por el capital invertido.

# Especificaciones técnicas tipo para iluminación pública.

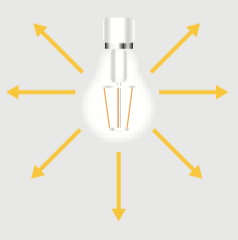
El diodo emisor de luz, comúnmente conocido por sus siglas en inglés LED (Light Emitting Diode), es actualmente muy utilizado en electrónica para iluminación. Dicha tecnología lidera la iluminación pública por sus beneficios tecnológicos. A diferencia de las lámparas incandescentes o de descarga, que emiten luz a través de la quema de un filamento o por la ionización de algunos gases específicos, el LED produce su luminosidad, básicamente, a través de la liberación de fotones provocada cuando una la corriente eléctrica fluye a través de este componente. Dentro de la iluminación pública, la tecnología LED, se caracteriza por: tratarse de fuentes luminosas con luz bien dirigida libres de metales pesados, con equipos de alta vida útil de hasta 100.000 horas, alta eficiencia (alrededor de 80lm/W), resistente a vibraciones, alto IRC, y con flexibilidad en la elección de la temperatura de color. Dicha tecnología lidera la alternativa tecnológica más viable, para sistemas de iluminación pública, por sus expectativas en el desempeño de sus equipos y por su facilidad al emplear una serie de sistemas que pueden fácilmente remplazar tecnologías más antiguas.[[45]](#footnote-45)

Para entender las prestaciones de la tecnología LED, como las de cualquier fuente luminosa, se deben tomar en cuenta las siguientes características tecnológicas: fotométricas, colorimétricas, eléctricas y de tiempo de vida.[[46]](#footnote-46)

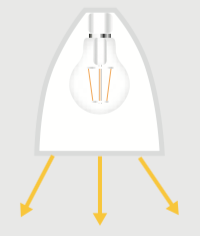
### Luminancia

Se utilizan varias medidas para cuantificar la cantidad de luz proporcionada por un sistema de iluminación y percibida por el ojo humano.

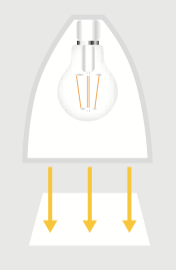
El **flujo luminoso** (medido en lúmenes, o lm) es la cantidad total de radiación emitida por una fuente de luz visible al ojo humano. Como la sensibilidad del ojo humano varía para diferentes longitudes de onda (por ejemplo, mayor sensibilidad para la luz verde en comparación con la luz roja o azul), el flujo luminoso se ajusta consecuentemente.



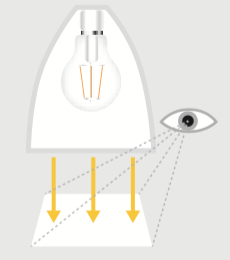
La **intensidad luminosa** (medida en candela, o cd, con 1 cd = 1 lm / radio cuadrado) representa la distribución espacial de luz medida como el flujo luminoso dentro de un ángulo dado desde la fuente de luz. Para el alumbrado público, la distribución espacial debe garantizar que la carretera, las veredas de la calle y los usuarios de las vías estén adecuadamente iluminados. Además, para mayor eficiencia, cualquier iluminación ascendente a menudo no es deseable.[[47]](#footnote-47)



**La iluminancia** (medida en lux, o lx, con 1 lux = 1 lm / m2) representa la cantidad total de luz que llega a un área de superficie iluminada en particular. Los criterios mínimos de iluminancia se especifican para las diferentes clases de carreteras. Los requisitos de iluminancia mínima típicos para carreteras en áreas con situaciones complejas de tráfico (por ejemplo, áreas con distancias de observación de menos de 60 m, o cuando los usuarios de la carretera también incluyen ciclistas o peatones) varían de 7.5 a 50 lx. Las recomendaciones para los requisitos de iluminancia y luminancia estándar dependen de las legislaciones municipales locales and las necesidades lumínicas de cada área.



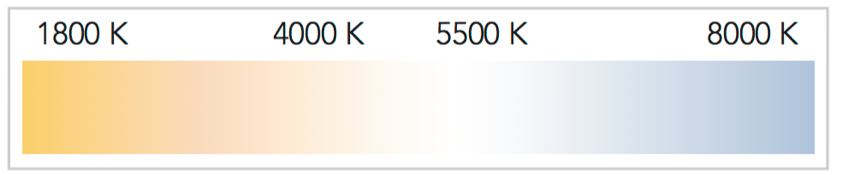
Finalmente, la luminancia (medida en cd / m2) representa el brillo de las superficies u objetos iluminados tal como los percibe el ojo humano. Los requisitos mínimos de luminancia para las rutas de tráfico de velocidad media a alta por lo general se encuentran dentro de estos rangos: de 0.3 a 2 cd / m2. Por lo tanto, la luminancia normalmente se encuentra dentro del llamado "rango mesópico" de la visión humana (que varía de 0.001 a 3 cd / m2) que combina tanto la visión de color (fotópica) como la de poca luz (escotópica) visión. En este rango, el tiempo de reacción humano a los nuevos estímulos está determinado por los contrastes en el brillo y los contrastes en el color. Por lo tanto, tanto la luminancia del área iluminada como la representación del color de la fuente de luz son importantes para la percepción humana y, en consecuencia, para la seguridad del tráfico. Los requisitos mínimos de luminancia se especifican para las clases de carreteras que cubren autopistas de velocidad media a alta dependiendo del flujo de tráfico.[[48]](#footnote-48)



### Color claro: temperatura de color y cromaticidad

Las fuentes de luz a menudo emiten una amplia gama de diferentes longitudes de onda, mientras que, por lo general, se percibe que tienen un solo color. Este color aparente se conoce como la llamada "temperatura de color" de la fuente de luz. La temperatura de color corresponde a un color de referencia de un "radiador de cuerpo negro" ideal que se calienta a una temperatura específica (medida en Kelvin). El sol, por ejemplo, tiene una temperatura de color de 5780 K cuando se observa al mediodía y se aproxima mucho a un radiador de cuerpo negro.

##### Grafico 11. Temperatura del color

****

El color claro utilizado para el alumbrado público generalmente varía entre el blanco amarillento, el neutro y el azul azulado, que corresponde a temperaturas de color entre 2500 y 5000 Kelvin. Diferentes ciudades y países han mostrado diferentes preferencias con respecto a los colores claros tanto para iluminación interior como exterior. Por ejemplo, "luz blanca fría" (azulada) es más popular en los países del sur, mientras que en los países de Europa central y del norte existe cierta preferencia por la luz blanca cálida. Por lo tanto, en los países del centro y norte de Europa, la luz con una temperatura de color alta puede ser menos aceptada por los residentes.[[49]](#footnote-49)

La iluminación LED, a diferencia de varias tecnologías de iluminación antiguas, ofrece la oportunidad de ajustar o seleccionar temperaturas de color de forma útil para diversas aplicaciones. Sin embargo, se debe considerar que la temperatura de color de la fuente de luz tiene un efecto sobre la eficiencia energética del sistema de iluminación y puede causar efectos fisiológicos para los seres humanos y los animales. La luz blanca fría con una temperatura de color alta admite un mayor nivel de eficiencia energética del sistema de iluminación. Un alto nivel de luz azul en fuentes de luz blanca fría, por otro lado, también puede causar problemas de salud y seguridad los cuales deben tenerse en cuenta . La luz blanca soporta la percepción del ojo humano de manera más efectiva que la luz amarillenta y, por lo tanto, parece más brillante. Por lo tanto, la luz blanca (p. Ej. 4000 K) puede ser preferible para situaciones complejas con diferentes tipos de usuarios. (por ejemplo, automóviles, ciclistas, peatones). [[50]](#footnote-50)

En general, la selección de la temperatura del color es un aspecto importante del diseño de alumbrado público. La iluminación LED es capaz de proporcionar todo el espectro de las temperaturas de color y, por lo tanto, ofrece la base para una selección cuidadosa del color de luz apropiado para diferentes necesidades y aplicaciones.

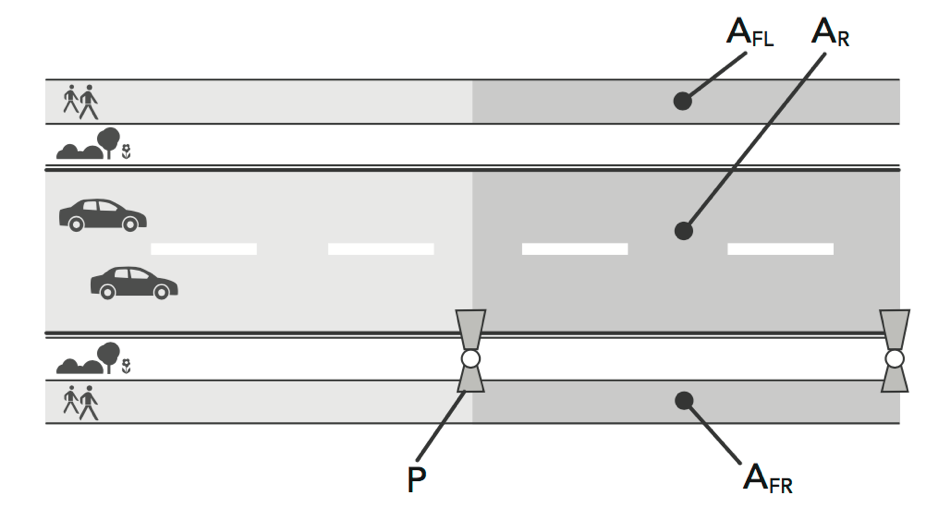
## **Indicadores de rendimiento energético**

A nivel internacional se toman en cuenta dos métricas de rendimiento energético: indicador de densidad de potencia (**PDI**) DP (medido en W / (lx ∙ m2)) y el indicador de consumo de energía anual (**AECI**) (medido en (Wh) / m2).[[51]](#footnote-51) Estos indicadores siempre deben usarse juntos para la evaluación del rendimiento energético de un sistema de iluminación pública especifico.

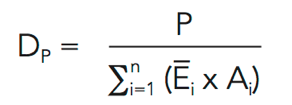
El indicador de densidad de potencia define cómo calcular el rendimiento energético de una instalación particular de alumbrado público y permite comparar diferentes configuraciones y tecnologías para el mismo proyecto (ya que las diferentes ubicaciones tendrán una geometría y condiciones ambientales diferentes, los valores solo se pueden usar para comparar diferentes configuraciones para la misma instalación).[[52]](#footnote-52) La siguiente información es necesaria para calcular el indicador de densidad de potencia para cualquier área dada:

* **La potencia total del sistema P de iluminación** (ya sea la instalación completa o una sección representativa), incluye tanto la potencia operativa de todos los puntos de luz individuales (fuentes de luz y cualquier equipo de dispositivos asociado) como de dispositivos que no son parte de los puntos de luz individuales, pero son necesarios para el funcionamiento del sistema (como los sistemas de control centralizado y los interruptores). -
* **La iluminancia horizontal promedio mantenida** E (en [lx]) de cada área (así como el tamaño de cada área). Se excluyen las tiras periféricas utilizadas para calcular qué tan rápido se cae la iluminancia más allá de la calle. La iluminancia se puede derivar de métricas que ya se han establecido para seleccionar el tipo de iluminación de la calle.

##### Grafico 12. Diseño de ejemplo para el cálculo de PDI / AECI

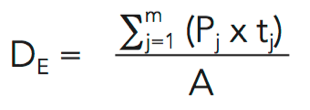


La ecuación completa para calcular PDI es:



* **Ei** siendo la iluminación horizontal promedio mantenida de la área,
* **Ai** es el tamaño de la área
* **"i"** iluminada por la instalación de iluminación (en m2)
* **n** es el número de áreas a iluminar .

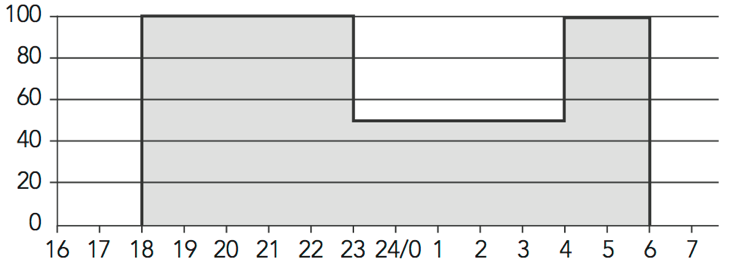
Dado que la clase de iluminación generalmente cambia a lo largo de diferentes estaciones climáticas y durante toda la noche, el PDI debe calcularse por separado para cada momento relevante. Con el fin de comparar las diferencias de consumo de energía entre dos configuraciones diferentes, no solo para una tipo particular de alumbrado público, sino a lo largo de todo un año de funcionamiento, es necesario calcular el AECI.[[53]](#footnote-53) Para este propósito, es necesario dividir el año en períodos operacionales separados donde se aplican diferentes valores para P. La ecuación completa para calcular el AECI es:



Siendo **Pj** la potencia total del sistema asociada con el período **“j”** de operación (en W), tj es la duración del período “j” de operación cuando la potencia Pj se consume (en h), siendo A el tamaño del área iluminada por la misma disposición de iluminación (en m2), y m es el número de períodos con diferentes valores de potencia de operación Pj.

Las duraciones acumuladas totales de tj deben sumar para todo un año. Los períodos de tiempo cuando la iluminación no está operativa (como durante el día) también deben incluirse en el cálculo, ya que incluso durante estos períodos, el sistema todavía consume energía en modo de espera.

##### Grafico 13. Muestra de salida de luz basada en el tiempo: potencia total durante la noche y temprano en la mañana, potencia media tarde en la noche[[54]](#footnote-54)

****

## **Lámparas para alumbrado exterior**

En los proyectos de alumbrado público, existen varias maneras de adaptar la infraestructura existente a la tecnología LED. Sin embargo cada tipo de instalación difiere de manera que cada adaptación requiere equipamientos diferentes, a costos diferentes. Es decir, no es igual la sustitución directa de una lámpara LED, que la adecuación o adaptación de una lámpara convencional existente a iluminación LED.

En relación a este tema, se pueden diferenciar tres posibles tipos de instalaciones de alumbrado exterior: [[55]](#footnote-55)

**• Lámpara de nueva instalación:** Lámpara en la que, como su propio nombre indica, todos sus componentes son proporcionados por el fabricante, y no se utiliza ninguna parte mecánica, eléctrica o electrónica de la lámpara anterior, la cual es propiedad del cliente.

****

**Lámpara modificada (*re–lamping*):** En este caso se sustituyen las actuales lámparas descarga, vapor de sodio, halogenuros metálicos, etc., por lámparas LED de “conexión directa”.



**Lámpara modificada (*retrofit*):** Lámpara en la que se modifica su diseño original, lo cual puede implicar modificaciones mecánicas y/o eléctricas que varíen, en mayor o menor grado, las cuales alteran las especificaciones iniciales del fabricante.

****

## **Estandarización de la tecnología LED e Iluminación Pública**

Al analizar la utilización de la tecnología LED en la iluminación pública, actualmente se puede concluir que no existe una estandarización de los productos disponibles en el mercado. Esto ocurre debido a las características específicas de cada lámpara, las cuales son definidas por el fabricante, el cual dispone la manera más eficiente de arreglar los LED. Particularmente, cada fabricante generalmente describe como montar la estructura óptica de control de luz para la distribución del flujo luminoso y de cómo montar las estructuras de disipación de calor para optimizar el uso de sus productos. Por ende, el nivel de potencia y el diseño de los equipos terminan siendo modificados basados en el diseño del fabricante.

Adicionalmente, los organismos normalizadores brasileros no pudieron acompañar la veloz evolución de los equipos a base de LED destinados a la iluminación en general.

La principal norma brasilera referente a los requisitos del sistema de iluminación pública es la ABNT NBR 5101 (ABNT, 2012). Esta norma está basada en documentos de la IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) como la RP-8 - Roadway Lighting.[[56]](#footnote-56) Su última versión fue publicada en abril de 2012 y está en vigor desde mayo de este mismo año. La versión anterior a ésta era del 1992, cuando las lámparas de vapor de mercurio y a alta presión, todavía se utilizaban predominantemente en los sistemas de alumbrado público.[[57]](#footnote-57)

Los sistemas de iluminación pública LED no solo dependen de las características del dispositivo semiconductor, sino también de otros factores. El sistema de disipación térmica de los LED y el dispositivo de control electrónico (controlador) deben estar bien diseñados para que el sistema sea duradero. El flujo luminoso emitido se desprende rápidamente y el controlador puede quemarse si no existen las debidas protecciones. Debido a estos hechos, recientemente se publicaron las primeras normas brasileras sobre el desempeño de controladores para lámparas LED.

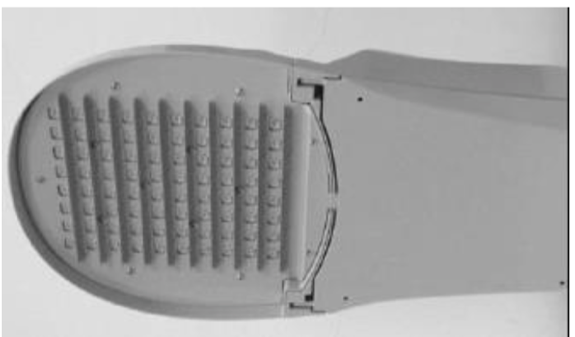
En los casos en que las normas publicadas no apliquen, los equipos LEDs disponibles deben seguir los estándares aplicados a las otras tecnologías de iluminación siempre que esto sea posible. Esta medida ayuda a prevenir que equipos de baja calidad entren en el mercado brasilero, hasta que las normas específicas para esos equipos sean desarrolladas por los organismos competentes.

## **Estudio del Mercado Brasileño**

Estos son los principales modelos y marcas de lámparas LED disponibles para iluminación pública en el mercado brasilero.[[58]](#footnote-58)

### LEOTEK

##### Grafico 14. Leotek Lámpara LED Green Cobra GC1

****

Las fuentes de alimentación de esta lámpara tienen una potencia mínima de 0.90 y menos del 20% de Distorsión Harmónica Total8 (DHT). Su índice de protección es el IP66. La corriente de accionamiento no puede ser ajustada en el campo, habiendo tres cadenas especificadas: 350mA, 530mA o 700mA.

##### Tabla 20. Datos referentes a la Lámpara LED Green Cobra GC1 de 80W

|  |  |
| --- | --- |
| **Consumo Total (W)** | 80 |
| **Tención** | 120/277 |
| **Eficiencia (lm/W)** | 80 |
| **Temperatura del Color (K)** | 4300 |
| **IRC** | 75 |

##### Figura 15. Lámpara LED Green King Cobra GC2**[[59]](#footnote-59)**



Las fuentes de alimentación de esta lámpara tienen una potencia mínima de 0.90 y menos del 20% de Distorsión Harmónica Total (DHT). Su índice de protección es el IP66. La corriente de accionamiento no puede ser ajustada en el campo, habiendo tres cadenas especificadas: 350mA, 530mA o 700mA.

##### Tabla 21. Datos Referentes a la Lámpara LED Green King Cobra GC2 100W

|  |  |
| --- | --- |
| **Consumo Total (W)** | 100 |
| **Tención** | 120/277 |
| **Eficiencia (lm/W)** | 85 |
| **Temperatura del Color (K)** | 4300 |
| **IRC** | 75 |

En ambos modelos de Leotek, la empresa proporciona una garantía de 10 años extendida a todos los componentes de la lámpara. Estas lámparas están compuestas de LEDs blancos de alto flujo y alto brillo que producen un mínimo del 70% de la intensidad inicial en las primeras 70 mil horas de vida útil. Todas las Lámparas son fotométricamente probadas por laboratorios independientes certificados de conformidad con los procedimientos de prueba IES (Illuminating Engineering Society) LM-79, una norma estadounidense, que prevé parámetros eléctricos y fotométricos para productos LED.

### SUPERLED

La lámpara de iluminación pública LED SL-A2 de la SUPERLED está disponible en tres valores de potencia distintos:, 90W, 110W y 120W. En la tabla 4.3 se muestra la información referente a este modelo:

##### Tabla 22. Datos referentes a la lámpara ED SUPERLED SL-A2 para alumbrado público

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Item** | **SL-A2-120** | **SL-A2-110** | **SL-A2-90** |
| **Cantidad de LED (piezas)** | 112 | 96 | 80 |
| **Consumo (W)** | 123 | 113 | 96 |
| **Temperatura del Color (K**) | 6500/4000/3000 | 6500/4000/3000 | 6500/4000/3000 |
| **Eficiencia (lm/W)** | 95/88/73 | 96/89/73 | 93/87/72 |
| **Flujo Luminoso (lm)** | 12378/11434/9503 | 10825/10021/8267 | 8962/8331/6878 |

Las lámparas de la SUPERLED poseen un factor de potencia mínimo de 0.90 y menos del 15% de distorsión harmónica Total (DHT). El índice de reproducción de color es igual a 70 y el índice de protección es el IP65. La vida útil de estas lámparas LED es de 35.000 horas según el catálogo del fabricante.

### PHILIPS

##### Figura 16. Lámpara Roadstar Philips



La lámpara Roadstar Philips es probada y tiene 70.000 horas de vida útil. La facilidad de instalación y el bajo costo de mantenimiento la convierten en una solución extremadamente atractiva. El fabricante recomienda el uso en calles, avenidas, carreteras, plazas o estacionamientos. Su índice de protección es el IP66.

##### Tabla 23. Datos referentes a la Lámpara Roadstar Philips

|  |  |
| --- | --- |
| **Consumo Total (W)** | 44 a 200 |
| **Tención** | 120/277 |
| **Eficiencia (lm/W)** | 65 |
| **Temperatura del Color (K)** | 4000 |
| **IRC** | 70 |

##### Figura 17. Lámparas Essential Philips**[[60]](#footnote-60)**



La Lámpara Essential Philips está diseñada para satisfacer una necesidad importante en la iluminación pública, al hacer el retrofit de los sistemas convencionales de iluminación con lámparas de descarga HID, con una vida útil de 50.000 horas y un gran ahorro de energía. Está disponible en modelos con 96, 128 o 160 LED y su índice de protección es el IP65.

##### Tabla 24. Datos referentes a la Lámpara Essential Philips

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Item** | **Essential-105** | **Essential-140** | **Essential-175** |
| **Cantidad de LED (piezas)** | 96 | 128 | 160 |
| **Consumo (W)** | 105 | 140 | 175 |
| **Temperatura del Color (K)** | 4000/5500 | 4000/5500 | 4000/5500 |
| **Eficiencia (lm/W)** | 85 | 85 | 85 |
| **Flujo Luminoso (lm)** | >75 | >75 | >75 |

## **Comparación de las principales lámparas LED del mercado brasilero**

Para tener un mejor entendimiento de las diferencias técnicas, características eléctricas y luminotécnicas de los principales modelos de lámparas LED en el rango de potencia de 100 a 160W, la siguiente tabla resume los principales modelos disponibles en el mercado brasilero. Cabe mencionar que dichas lámparas LED pueden ser adquiridas con accesorios específicos los cuales optimizan la instalación de las lámparas, su uso y la reducción de su mantenimiento.

##### Tabla 25. Comparación de las características eléctricas y luminotécnicas de las principales lámparas LED del mercado brasilero**[[61]](#footnote-61)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lámparas** | **Consumo (W)** | **Eficiencia (lm/W)** | **Temperatura del Color (K)** | **IRC** |
| **Lámpara Green King Cobra GC2** | 100 | 85 | 4300 | 75 |
| **Lámpara SUPERLED SL-A3** | 110 | 83 | 6500 | 75 |
| **Lámpara Roadstar Philips 100 65 4000 70** | 100 | 65 | 400 | 70 |
| **Lámpara Golden Iluminação Pública CH** | 120 | 82 | 4000 | >75 |
| **Lámpara GE Cobrahead R150 Pro** | 157 | 66 | 4300 | 75 |
| **Lámpara Street Light LS LEDSTAR** | 117 | 92 | 5000 | 70 |
| **Lámpara Street Light LS LEDSTAR** | 159 | 57 | 4000 | 70 |

Otra ventaja de ciertas lámparas es que los componentes eléctricos son accedidos sin el uso de herramientas y se montan en el mamparo removible. El mamparo se puede desconectar rápidamente del bloque terminal y de la placa LED, garantizando así una instalación fácil y un mantenimiento realizado en pocos minutos. En algunos casos, existe un sensor para la interrupción de electricidad cuando la tapa está abierta, ofreciendo así mayor seguridad. Otro recurso muy interesante disponible en algunos modelos de lámpara es el ajuste vertical, pudiendo variar de 0 a 10 grados y el ajuste horizontal, variable de menos 5 a 5 grados. El cual permite automáticamente ajustar el alguno para la luz sin modificaciones en el poste.

## **Resumen de la regulación y estaNdares vigentes en Brasil para mantener iluminación pública eficiente**

En Brasil las siguientes estándares rigen para las diferentes vías y espacios públicos basados en volumen de tráfico y uso peatonal.

De acuerdo con el art. 60 del CTB (Código de Tráfico Brasileño), la vía puede clasificarse en Rural o Urbana. Dentro de la clasificación de vía urbana se su clasifica en: tránsito rápido, arterial, colectora o local.

La NBR 5101: 2012, en el ítem 4, especifica las condiciones generales en relación a la clasificación de la vía basadas en el volumen de tráfico, tanto de vehículos, como de peatones. El volumen de tráfico nocturno motorizado en la vía puede clasificarse conforme, en Ligero (hasta 500 vehículos), Medio (de 501 a 1200 vehículos) e Intenso (por encima de 1200 vehículos). Para el caso de las vías peatonales, el mismo ítem clasifica dichas vías como: “Sin Tráfico” (las vías arteriales), Ligero (las vías residenciales medias), Medio (las vías comerciales secundarias) e Intenso (las vías comerciales principales).[[62]](#footnote-62)

Dependiendo de la clasificación basados en el volumen de tráfico de vehículos y peatones, se consideran los siguientes valores mínimos de iluminación media y factor de uniformidad en la siguiente tablas:

##### Tabla 26. Requisitos mínimos de iluminación media y factor de uniformidad según la descripción de la vía y el volumen de tráfico motorizado.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Descripción de la Vía** | **Volumen de tráfico** | **Iluminación media (lux)** | **Factor de uniformidad** |
| **Vías de tránsito rápido** | Intenso | 30 | 0.4 |
| Medio | 20 | 0.3 |
| **Vías arteriales** | Intenso | 0 | 0.4 |
| Medio | 20 | 0.3 |
| **Vías colaterales** | Intenso | 20 | 0.2 |
| Medio | 15 | 0.2 |
| Leve | 10 | 0.2 |
| **Vías locales** | Medio | 10 | 0.2 |
| Leve | 5 | 0.2 |

La definición de las vías se clasifica de la siguiente manera:

1. Vías de tránsito rápido: alta velocidad de tráfico, con separación y sin cruces;
2. Vías arteriales: vías de doble tráfico con cruces vehiculares y cruces de peatones en puntos definidos, y vías rurales de doble mano con separación.
3. Vías colectoras: vías radiales y urbanas de interconexión entre barrios.
4. Vías locales: vías de acceso residencial.

##### Tabla 27. Requisitos mínimos de iluminación media y factor de uniformidad según la descripción de la vía y el volumen de tráfico peatonal.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Descripción de la Vía** | **Volumen de tráfico** | **Iluminación media (lux)** | **Factor de uniformidad** |
| **Vías de uso nocturno intenso** | Intenso | 20 | 0.3 |
| **Vías de red de tráfico nocturno** | Grande | 10 | 0.25 |
| **Vías de uso nocturno moderado** | Medio | 5 | 0.2 |
| **Vías de poco uso** | Leve | 5 | 0.2 |

Los requisitos de iluminancia y la uniformidad para iluminación de vías peatones se clasifican de la siguiente manera:

1. Las vías de uso nocturno intenso por peatones presentan gran actividad comercial y social.
2. Vías de gran tráfico nocturno: áreas de ocio, plazas y avenidas.
3. Vías de uso nocturno moderado: paseos y acostamientos.
4. Vías de poco uso: paseos de barrios residenciales.

1. **Governo Do brasil - economia-brasileira-cresce-no2-trimestre-e-consolida-saida-da-recessao**

   http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/09/economia-brasileira-cresce-no2-trimestre-e-consolida-saida-da-recessao [↑](#footnote-ref-1)
2. **Iluminando Cidades Brasileiras Modelos de negocio para Eficiência Energética em Iluminação Pública**

   http://wbg-eficienciaip.com.br/pdfs/1613639\_EE\_Lighting\_Portuguese\_Web.pdf [↑](#footnote-ref-2)
3. **Iluminando Cidades Brasileiras Modelos de negocio para Eficiência Energética em Iluminação Pública**

   http://wbg-eficienciaip.com.br/pdfs/1613639\_EE\_Lighting\_Portuguese\_Web.pdf [↑](#footnote-ref-3)
4. **O Momento do Mercado de Iluminação Publica no Brasil Sep 2014**

   https://www.radarppp.com/biblioteca/ [↑](#footnote-ref-4)
5. **University of Pittsburg LED Street-Lights are Greenest Choice, Life-Cycle Study Shows**

   https://www.treehugger.com/interior-design/led-street-lights-are-greenest-choice-life-cycle-study-shows.html [↑](#footnote-ref-5)
6. **Plano de aplicação de recursos – PROCEL 2017**

   http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel\_procel2017\_web.pdf [↑](#footnote-ref-6)
7. **This Latin American city consumes more energy for public lighting than New York**

   http://www.worldbank.org/en/news/feature/2016/04/21/streets-of-this-latin-american-city-use-more-electricity-than-new-york [↑](#footnote-ref-7)
8. **Tool for Rapid Assessment of City Energy - Realizing Energy Efficiency Opportunities in Rio de Janeiro** http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/TRACE\_Rio\_De\_Janeiro\_Deployment.pdf [↑](#footnote-ref-8)
9. **Iluminação Publica: Guia do Gestor – Governo do São Paulo**

   http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha\_Ilumincao\_Publica.pdf [↑](#footnote-ref-9)
10. **Iluminação pública: alta gera reclamações**

    http://www.folha1.com.br/\_conteudo/2018/01/economia/1229145-iluminacao-publica-alta-gera-reclamacoes.html [↑](#footnote-ref-10)
11. **Brasil piora em ranking e passa a ser o 6° com a energia mais cara do mundo**

    https://veja.abril.com.br/blog/impavido-colosso/brasil-piora-em-ranking-e-passa-a-ser-o-6-com-a-energia-mais-cara-do-mundo/ [↑](#footnote-ref-11)
12. **Iluminação Publica: Guia do Gestor – Governo do São Paulo**

    http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha\_Ilumincao\_Publica.pdf [↑](#footnote-ref-12)
13. **O Momento do Mercado de Iluminação Publica no Brasil**

    https://www.radarppp.com/biblioteca/ [↑](#footnote-ref-13)
14. **Iluminação Publica: Guia do Gestor – Governo do São Paulo**

    http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Cartilha\_Ilumincao\_Publica.pdf [↑](#footnote-ref-14)
15. **Brazilian Institute of Geography and Statistics" (PDF). 2016. Retrieved 27 August 2017. 2016 Estimates of Population**

    ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\_de\_Populacao/Estimativas\_2016/estimativa\_dou\_2016\_20160913.pdf [↑](#footnote-ref-15)
16. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016**

    http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf [↑](#footnote-ref-16)
17. **Iluminação Publica - Contexto brasileiro – The Climate Group**

    https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/Brazil-10-Sep-SLIDES-part-1---English.pdf [↑](#footnote-ref-17)
18. **IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura** http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=3&Cod=1222 [↑](#footnote-ref-18)
19. **ANEXO 1** EXCEL Cálculos [↑](#footnote-ref-19)
20. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016**

    http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf [↑](#footnote-ref-20)
21. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016**

    http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf [↑](#footnote-ref-21)
22. **Iluminação Publica - Contexto brasileiro – The Climate Group**

    **LEDS in public lighting - Energy Efficiency in Municipalities** https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/Brazil-10-Sep-SLIDES-part-1---English.pdf [↑](#footnote-ref-22)
23. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016**

    http://www.epe.gov.br/sites-pt**/**publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf [↑](#footnote-ref-23)
24. **Monthy Energy Bouletin Brasil - Department of Information and Studies on Energy -SPE/MME**

    http://www.mme.gov.br/documents/1138787/19852880/05+-+Boletim+Mensal+de+Energia+-+Maio+2017+-+Ingl%C3%AAs+%28PDF%29.pdf/54771083-75fd-4d3c-9fe9-5cd6a963f890 [↑](#footnote-ref-24)
25. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016**

    http://www.epe.gov.br/sites-pt**/**publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf [↑](#footnote-ref-25)
26. **Iluminação pública: alta gera reclamações**

    http://www.folha1.com.br/\_conteudo/2018/01/economia/1229145-iluminacao-publica-alta-gera-reclamacoes.html [↑](#footnote-ref-26)
27. **Brasil piora em ranking e passa a ser o 6° com a energia mais cara do mundo**

    https://veja.abril.com.br/blog/impavido-colosso/brasil-piora-em-ranking-e-passa-a-ser-o-6-com-a-energia-mais-cara-do-mundo/ [↑](#footnote-ref-27)
28. **Deepask – Despensa municipal: Veja gasto publico por cidade no Brasil**

    http://www.deepask.com/goes?page=Despesa-orcamentaria:-Veja-o-gasto-publico-no-seu-municipio [↑](#footnote-ref-28)
29. **Deepask – Despensa municipal: Veja gasto publico por cidade no Brasil**  http://www.deepask.com/goes?page=Despesa-orcamentaria:-Veja-o-gasto-publico-no-seu-municipio [↑](#footnote-ref-29)
30. **Iluminando Ciudades Brasileras: Modelos de Negocios para la eficiencia energética en Iluminación Publica**  http://wbg-eficienciaip.com.br/pdfs/1613639\_EE\_Lighting\_Portuguese\_Web.pdf [↑](#footnote-ref-30)
31. **Estimados basados en el modelo y las tablas de la primera sección** [↑](#footnote-ref-31)
32. **The Climate Group – The big switch: Why iti s time to switch street Lighting** https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/Big-Switch-\_Final.pdf [↑](#footnote-ref-32)
33. **Brasil – Gestão eficiente da iluminação pública e dos prédios públicos pode reduzir em 30% o valor da conta de energia elétrica de um município**

    http://www.egpenergy.com.br/noticia/brasil---gestao-eficiente-da-iluminacao-publica-e-dos-predios-publicos-pode-reduzir-em-30--o-valor-da-conta-de-energia-eletrica-de-um-municipio/5 [↑](#footnote-ref-33)
34. **Energy Efficiency and Technologies in America’s Cities – Jan 2014 – United States Conference of Mayors** [↑](#footnote-ref-34)
35. **5 Common Myths about LED Street Lighting** [↑](#footnote-ref-35)
36. https://www.energy.gov/eere/articles/5-common-myths-about-led-street-lighting [↑](#footnote-ref-36)
37. 6 **Brasil – Gestão eficiente da iluminação pública e dos prédios públicos pode reduzir em 30% o valor da conta de energia elétrica de um município**

    http://www.egpenergy.com.br/noticia/brasil---gestao-eficiente-da-iluminacao-publica-e-dos-predios-publicos-pode-reduzir-em-30--o-valor-da-conta-de-energia-eletrica-de-um-municipio/5 [↑](#footnote-ref-37)
38. **Common Myths about LED Street Lighting**

    https://www.energy.gov/eere/articles/5-common-myths-about-led-street-lighting [↑](#footnote-ref-38)
39. **Brasil – Gestão eficiente da iluminação pública e dos prédios públicos pode reduzir em 30% o valor da conta de energia elétrica de um município**

    http://www.egpenergy.com.br/noticia/brasil---gestao-eficiente-da-iluminacao-publica-e-dos-predios-publicos-pode-reduzir-em-30--o-valor-da-conta-de-energia-eletrica-de-um-municipio/5 [↑](#footnote-ref-39)
40. **Potencial de redução de CO pelo uso de energia elétrica em genearca elétrica: Um estudo comparativo das matrizes hidroelétricas e fotovoltaicas.**

    https://sienpro.catalao.ufg.br/up/1012/o/Mauro\_Lúcio\_Pereira\_Medina\_Filho.pdf [↑](#footnote-ref-40)
41. **Basado en Estudios de prefactivilidad ejecutados para Rio de Janeiro:**

    https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/World-Bank---Rio-LED-street-lighting-pre-feasibility-study---FULL-REPORT---ENGLISH---AUG-2014-(1).pdf [↑](#footnote-ref-41)
42. **Basado en Estudios de prefactivilidad ejecutados para Rio de Janeiro:**

    https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/World-Bank---Rio-LED-street-lighting-pre-feasibility-study---FULL-REPORT---ENGLISH---AUG-2014-(1).pdf [↑](#footnote-ref-42)
43. **Basado en Estudios de prefactivilidad ejecutados para Rio de Janeiro:**

    https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/World-Bank---Rio-LED-street-lighting-pre-feasibility-study---FULL-REPORT---ENGLISH---AUG-2014-(1).pdf [↑](#footnote-ref-43)
44. **Basado en Estudios de prefactivilidad ejecutados para Rio de Janeiro:**

    https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/World-Bank---Rio-LED-street-lighting-pre-feasibility-study---FULL-REPORT---ENGLISH---AUG-2014-(1).pdf [↑](#footnote-ref-44)
45. **Manual de Alumbrado Público - Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, AC**

    http://www.prahalighting.com/assets/22-manual-de-alumbradovf3.pdf [↑](#footnote-ref-45)
46. [↑](#footnote-ref-46)
47. **LED Street Lighting - Procurement & Design – Guidelines**

    http://www.premiumlightpro.eu/fileadmin/user\_upload/Guidelines/Premium\_Light\_Pro\_Outdoor\_LED\_Guidelines.pdf [↑](#footnote-ref-47)
48. **LED Street Lighting - Procurement & Design – Guidelines**

    http://www.premiumlightpro.eu/fileadmin/user\_upload/Guidelines/Premium\_Light\_Pro\_Outdoor\_LED\_Guidelines.pdf [↑](#footnote-ref-48)
49. **LED Street Lighting - Procurement & Design – Guidelines**

    http://www.premiumlightpro.eu/fileadmin/user\_upload/Guidelines/Premium\_Light\_Pro\_Outdoor\_LED\_Guidelines.pdf [↑](#footnote-ref-49)
50. **LEDs para iluminação pública - Curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Paraná Curitiba – Paraná - Brasil**

    http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/41.pdf [↑](#footnote-ref-50)
51. **LED Street Lighting - Procurement & Design – Guidelines**

    http://www.premiumlightpro.eu/fileadmin/user\_upload/Guidelines/Premium\_Light\_Pro\_Outdoor\_LED\_Guidelines.pdf [↑](#footnote-ref-51)
52. **Manual de Iluminacion Vial – Carreteras, Boulevares, Entroques, Viaductos, Pasos a desnivel y Tuneles** http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Manual\_iluminacion/Manual\_de\_Iluminacion\_Vial\_2015.pdf [↑](#footnote-ref-52)
53. **LED Street Lighting - Procurement & Design – Guidelines**

    http://www.premiumlightpro.eu/fileadmin/user\_upload/Guidelines/Premium\_Light\_Pro\_Outdoor\_LED\_Guidelines.pdf [↑](#footnote-ref-53)
54. Guia tecnologica LED en el alumbrado publico

    **https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-sobre-tecnologia-LED-en-el-alumbrado-fenercom-2015.pdf** [↑](#footnote-ref-54)
55. **Uma Avaliação da Tecnologia LED na Iluminação Pública - Escola Politécnica, 2014**

    http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010665.pdf [↑](#footnote-ref-55)
56. **Eficientização Energética na Iluminação Pública**

    http://sites.fadisma.com.br/entrementes/anais/wp-content/uploads/2016/09/eficientizacao-energetica-na-iluminacao-publica.pdf [↑](#footnote-ref-56)
57. **Tecnologia LED LED e inovações em Iluminação pública**

    http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/docs/Tecnologia-LED-e-Inovacoes-em-Iluminacao-Publica.pdf [↑](#footnote-ref-57)
58. **Uma Avaliação da Tecnologia LED na Iluminação Pública - Escola Politécnica, 2014**

    http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010665.pdf [↑](#footnote-ref-58)
59. Catálogo Leotek [↑](#footnote-ref-59)
60. Catálogo Philips [↑](#footnote-ref-60)
61. **Uma Avaliação da Tecnologia LED na Iluminação Publica - Escola Politécnica, 2014**

    http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010665.pdf [↑](#footnote-ref-61)
62. **NBR 5101: 2012 Iluminação pública — Procedimento** [↑](#footnote-ref-62)