

Informe técnico-financiero para la iluminación en calles y avenidas de la ciudad de San Luis



Por Ing. Guillermo Furnari
AADL Regional Cuyo
fguillermo2001@yahoo.com.ar

Este informe técnico financiero proporcionará información sobre la implementación de un sistema de iluminación led de bajo consumo de energía en el municipio de la ciudad de San Luis.

Se persigue como finalidad diseñar una iluminación vial que implique ahorro de energía, disminución del porcentaje de generación de dióxido de carbono a la atmósfera y un ahorro económico en la prestación del servicio. Entre estas directrices se incluyen:

- » Criterios de compra
- » Guías de iluminación vial
- » Plataforma de información

Introducción

La tecnología led avanza rápidamente y ofrece un gran potencial de ahorro de energía.

El aumento de la eficacia y la mejora del diseño de luminarias y control de la iluminación permiten mejorar la optimización de diferentes condiciones de iluminación, incluyendo vías de tránsito vehicular y peatonal.

La implementación de iluminación led para espacios exteriores está empezando a hacerse realidad en el mercado, su uso en las calles de las ciudades argentinas se ha extendido.

Existe un gran potencial para mejorar la implementación de la tecnología led, así como para mejorar las

políticas locales y nacionales relacionadas con su aplicación.

La AADL apoya el desarrollo de dichas políticas, entre otras, mediante las siguientes medidas:

- » confección de una guía sobre la compra, diseño, implementación e instalación de luminarias leds, tanto en interiores, como en exteriores del sector público y privado (en ejecución);
- » la prestación de servicios de educación, capacitación e información para diseñadores, arquitectos, instaladores y consultores;
- » la divulgación de buenas prácticas basadas en las políticas de iluminación;
- » trabajos de asesoramiento y medición en necesidades luminotécnicas;
- » fomento del diseño de la iluminación con normas argentinas, no con extranjeras.

Calidad, seguridad y eficiencia en el alumbrado vial

La tecnología led es una buena alternativa a los sistemas actuales de iluminación vial, si cumplen con los criterios sobre la calidad, eficiencia y seguridad.

Los criterios de calidad describen aspectos esenciales como la luminancia, la iluminancia, el color de la luz, la reproducción del color, la distribución de la luz, el parpadeo o el deslumbramiento, entre otros.

Diseño del sistema de carreteras	El diseñador deberá proporcionar el plano de cada una de las calles y caminos del lugar en el que se instalará la iluminación led. Las características se basarán en las normas nacionales. Los datos a proporcionar son niveles de iluminancia y coeficientes de uniformidad
Características del control de iluminación	El diseñador deberá proporcionar el plano de cada una de las calles y caminos del lugar en el que se instalará la iluminación led. Las características se basarán en las normas nacionales. Los datos a proporcionar son niveles de iluminancia y coeficientes de uniformidad
Medición del consumo de energía	Es consciente de las opciones de medición adecuadas para el sistema de iluminación concreto y especifica con detalle los requisitos teóricos para la medición

Tabla 1. Requisitos mínimos y criterios de adjudicación. Especificaciones técnicas generales

El mantenimiento del color es un tema especialmente importante en la iluminación led, ya que cuando envejecen, los módulos led pueden cambiar su temperatura y coordenadas del color.

Los problemas relacionados con el mantenimiento del color pueden deberse a la degradación del material utilizado para encapsular las luces led, las lentes de los leds, la contaminación, u otros tipos de degradación del sistema.

Se estudian otras causas, como las temperaturas de funcionamiento elevadas, las corrientes de funcionamiento altas y la decoloración de los materiales ópticos debido a la radiación azul o ultravioleta.

La eficiencia total de los sistemas leds no depende solamente de la eficacia del módulo led, sino también de la luminaria, el sistema de control de iluminación y el diseño general del sistema de iluminación.

Por esta razón, es importante distinguir la eficacia a nivel de módulo led, luminaria y el conjunto del sistema.

La eficiencia del conjunto del sistema está influenciada por la distribución espacial de la luz (intensidad luminosa) y la disposición geométrica de la carretera y el sistema de iluminación.

Las normas

El objetivo principal del alumbrado vial es garantizar la seguridad de las carreteras en las horas de poca luz natural.

Un buen sistema permite que los usuarios de la vía distinguan personas, obstáculos y fuentes de peligro

cercanas o en la carretera. Esto les permite actuar en consecuencia, lo que significa una reducción efectiva de los accidentes graves en la oscuridad.

Cada proyecto o recambio debe realizarse de acuerdo a las normas específicas vigentes.

Selección de clases de iluminación

En la Norma IRAM-AADL J2022-2 se establecen parámetros que describen de forma detallada las situaciones de iluminación más frecuentes en el tráfico vial. Gracias a este estándar argentino, se pueden determinar los requisitos de iluminación según las características específicas de cada carretera.

Para identificar las clases de iluminación, se utilizan varios parámetros de iluminación, como velocidad (kilómetros por hora), la descripción del tipo de calzada, su clasificación vial y la presencia o no de peatones.

Una vez elegida la arteria, se adoptan los valores de luminancia o iluminancia en función del criterio del proyectista diseñador de iluminación.

Aquel que tenga tales conocimientos está en condiciones de elegir y hacer un proyecto acorde a las necesidades de las municipalidades o clientes que lo soliciten.

Los criterios efectivos, incluyen:

- » Velocidad de proyecto o velocidad de diseño
- » Ancho de calzada
- » Altura del punto de luz
- » Penetración en calzada
- » Ángulo de inclinación del pescante

	Requisitos obligatorios	Criterios de adjudicación
Know-how y experiencia del equipo de diseño e instalación	✓	
Capacidad del responsable para entregar dentro del plazo fijado	✓	
Cumplimiento de las normas	✓	
Consumo anual de energía	✓	✓
Factor de potencia	✓	✓
Características del control de iluminación (según especificaciones técnicas generales)		✓

Tabla 2. Criterios de selección

Criterio energético a nivel del sistema	Requisitos obligatorios	Criterios de adjudicación
Consumo anual de energía	✓	✓
Nivel de potencia	✓	✓
Características de control de iluminación (según especificaciones técnicas generales)		✓
Medición del consumo de energía (según especificaciones técnicas generales)		✓
Criterio energético a nivel de componentes (solo proyectos en los que se prevé el reemplazo de componentes)		
Eficiencia energética de la luminaria	✓	✓
Eficiencia energética del módulo led	✓	✓
Eficiencia energética del controlador	✓	✓

Tabla 3. Requisitos técnicos y de adjudicación

Adquisición de sistemas de iluminación

En las tabla 1 a 5 se muestra una descripción general del conjunto de especificaciones y requisitos.

Directrices generales

La tabla 1 incluye algunas directrices generales que deben considerarse esenciales durante la etapa inicial del proceso de licitación. Se deberán especificar los requisitos de acuerdo con la norma IRAM AADL J2022-2 o bien en función de necesidades específicas como los niveles de iluminancia y de uniformidad del sistema de iluminación.

Directriz del sistema de iluminación

El comprador o responsable deberá indicar el sistema vial para el que se diseñará el sistema de iluminación. Los tipos de calle se especificarán según las normas nacionales o locales.

Funciones de control de iluminación y sistemas de comunicación

Durante la etapa inicial del proceso es necesario evaluar y determinar si se considera implementar funciones de control de iluminación y de qué tipo.

Son preferibles las opciones de controles simples con una funcionalidad mínima para la mayoría de los tipos de sistemas de iluminación vial.

Las funciones integrales de control inteligente tan solo pueden ser apropiadas en casos específicos.

Se debe especificar una funcionalidad de control de iluminación adecuada para el tipo de vía en concreto.

La evaluación de las diferentes opciones puede requerir el apoyo de consultores independientes porque las funciones de control inteligente también tienen que coincidir con los aspectos de seguridad y calidad.

Criterios relacionados con la energía

Eficacia de la luminaria

La eficacia de la luminaria varía con la temperatura de color de la fuente de luz. Por esa razón, se

proponen diferentes requisitos de eficacia para diferentes niveles de temperatura de color.

En particular, las luminarias con una temperatura de color muy baja, por ejemplo igual o menor a dos mil grados kelvin (≤ 2.000 K), proporcionan una eficacia baja.

Los valores de eficiencia para luminarias deben ser los siguientes:

- » 4.000 K: ≥ 110 lm/W
- » 2.700 – 3.000 K: ≥ 90 lm/W
- » ≤ 2.000 K: ≥ 80 lm/W

Su aplicación se debe justificar bien (áreas suburbanas, áreas con aspectos específicos de conservación de la naturaleza). El flujo luminoso y la potencia se especificarán de acuerdo con las normas pertinentes.

Crterios de calidad y diseño

Color de la luz, reproducción cromática y consistencia del color

Para la selección del color de la luz (temperatura del color) se debe considerar el tipo de camino/carretera y el área específica de aplicación.

El color claro para el alumbrado público involucra diferentes temperaturas de color para diferentes áreas de aplicación, en su mayoría (más comúnmente, entre 3.000 y 4.000 grados kelvin).

La luz blanca apoya la percepción del ojo humano de manera más efectiva que la luz amarillenta en iluminación representativa, perceptual y de ocio. Sin embargo, en cuanto a seguridad y tránsito, no está claro que la visión mesópica (nocturna) sea óptima y fácil de implementar en zonas urbanas.

Debido a las diferentes necesidades, no se puede especificar ningún requisito estándar para el color de la luz, pero la selección de la temperatura del color depende del área de aplicación y de las diferentes preferencias.

Reproducción del color

Además de la temperatura del color, la reproducción cromática es muy importante para la percepción de diferentes objetos y colores.

	Requisitos obligatorios	Criterios de adjudicación
Temperatura de color	✓	
Reproducción cromática	✓	
Consistencia y mantenimiento del color	✓	✓
Iluminancia y luminancia	✓	
Uniformidad de iluminancia	✓	✓
Contaminación lumínica	✓	
Protección contra deslumbramiento	✓	✓
Grado de protección IP	✓	
Grado de protección IK	✓	
Protector de sobretensión	✓	
Marca de conformidad para todos los componentes	✓	
Vida útil	✓	✓
Garantía	✓	✓
Disponibilidad de repuestos	✓	✓
Fácil de reparar y reciclar	✓	✓
Diseño		✓
Tiempo de vida de la luminaria	✓	✓
Vida útil del módulo led	✓	✓
Tiempo de vida del controlador	✓	✓

Tabla 4

	Requisitos obligatorios	Criterios de adjudicación
Puesta en servicio de sistemas de iluminación y controles	✓	
Correcta instalación	✓	
Reducción y recuperación de residuos	✓	

Tabla 5. Problemas de contratación

Se recomienda lo siguiente:

- » El índice de reproducción cromática o reproducción del color (CRI) será mejor que Ra 70 ($Ra \geq 70$) para autopistas y carreteras principales.
- » La reproducción del color debe ser mejor que Ra 80 ($Ra \geq 80$) para carreteras con situaciones de usuario complejas, incluyendo tráfico mixto, ciclistas y peatones.

Luminancia e iluminancia

Los niveles de luminancia e iluminancia se deben especificar de acuerdo con las necesidades para los tipos de vía específicos y deben seguir los requisitos especificados en la Norma IRAM AADL J2022-2.

Contaminación lumínica

La contaminación lumínica se define como la emisión de luz que no es compatible con la tarea de iluminación específica, sino que aclara las áreas donde la iluminación no es deseable, como el cielo nocturno, las viviendas, etc.

La contaminación lumínica debe evitarse cuanto sea posible a través de un diseño de iluminación apropiado.

La iluminación indeseable del ambiente reduce la eficiencia de la iluminación y puede tener efectos negativos tanto en personas como en animales.

La tecnología led suele permitir una distribución de luz más precisa y, por lo tanto, una reducción de la contaminación lumínica.

Requisitos de protección para luminarias

Protección contra ingreso de polvo y agua

La calidad de la luz y la salida del flujo luminoso se ven afectadas por la cantidad de suciedad y agua que ingresa en la luminaria. Por lo tanto, la luminaria deberá proporcionar una protección de ingreso suficiente, que se indica mediante la denominada "clasificación IP".

Protección contra impactos

Normalmente, se usan diferentes clases de calificación de impacto para diferentes tipos de vías y situaciones. La luminaria debe tener una clasificación de protección contra impactos superior a IK 08.

Protección eléctrica

La protección eléctrica garantiza un aislamiento suficiente de las piezas en caso de fallo.

Todas las luminarias deben tener protección eléctrica de clase II. La protección de clase II asegura que haya dos capas de aislamiento que ofrezcan protección contra las partes activas en caso de fallo.

Protección contra sobretensiones

La protección contra sobretensiones garantiza una protección contra daños por alto voltaje. La instalación debe tener protección de sobretensión de diez kilovolts (10 kV).

Marca de conformidad

Las marcas de conformidad aseguran que los componentes del sistema de iluminación cumplan con los estándares esenciales para productos eléctricos.

El distintivo IRAM es obligatorio para cualquier producto comercializado en Argentina y, por lo tanto, no



se menciona explícitamente como un requisito especial.

Todos los componentes del sistema de iluminación deben tener las marcas de conformidad IRAM.

Vida útil, garantía y reparabilidad

Vida útil de la luminaria y del módulo led

- » La duración mínima de la vida útil de la luminaria se especifica como requisito.
- » LxBy considera que la vida útil se debe indicar como un valor L80B10.
- » La luminaria tendrá una vida útil nominal de, al menos, L80B10 (50.000 horas).

Vida útil del equipo de control

Los drivers de los equipos de control tienden a ser una fuente de fallos y, por lo tanto, afectan de manera significativa la necesidad de mantenimiento y reparación.

Un equipo de control de alta calidad permite una vida útil de 50.000 horas, mientras que los productos de baja calidad pueden alcanzar solo 30.000 horas, o incluso menos.

La tasa de fallos del equipo de control será inferior al 0,1 por ciento durante mil horas, y después de 50.000 horas será inferior al diez por ciento (10%).

Garantía

La garantía del sistema de iluminación y los componentes del sistema, así como la reparabilidad, son características esenciales que respaldan la vida útil esperada de la instalación de la iluminación.

Una vida útil prolongada puede justificar una mayor inversión inicial para mejorar la eficiencia de instalaciones de alumbrado vial led de alta calidad. Las reparaciones y el mantenimiento en general deben ser posibles sin equipo propio.

El periodo de garantía o contrato de servicio debería cubrir un mínimo de cinco años e incluir:

- » Reemplazo sin costo de luminarias, equipos de control y fuentes de luz defectuosas, incluida la disminución del flujo luminoso por debajo de los niveles especificados.

- » Reemplazo completo de lotes de luminarias si más del diez por ciento (10%) de las unidades en el lote son defectuosas.

La garantía debe excluir los siguientes casos:

- » Luminarias defectuosas debido a vandalismo, accidentes, rayos o tormentas.
- » Led y luminarias utilizadas bajo condiciones anormales, por ejemplo, si se ha utilizado un voltaje de línea incorrecto.

Asuntos contractuales

Varios requisitos que se deben considerar en la licitación no son técnicos ni se utilizarán para la evaluación de la licitación, sino que pertenecen a las especificaciones contractuales.

Instalar correctamente el sistema de iluminación es un requisito básico para un funcionamiento seguro y eficiente. Los criterios de adquisición deben incluir requisitos de instalación e información y documentación para el mantenimiento.

Información y documentación sobre mantenimiento, reemplazo y recalibración

Una documentación completa debe asegurar que el operador del sistema de iluminación esté equipado con toda la información relevante esencial para un funcionamiento y mantenimiento eficientes.

El licitador debe proporcionar instrucciones sobre:

- » desmontaje para luminarias



- » reemplazo de fuentes de luz (tipos y procedimientos)
- » funcionamiento y recalibración de los controles de iluminación y ajuste de los tiempos de desconexión.

Criterio para el recambio de la iluminación existente

Para el recambio de la iluminación tradicional a iluminación con leds se consideran tres alternativas para su implementación, las cuales son a) obra nueva; b) obra nueva en función de niveles lumínicos, y c) obra nueva con recambio de luminarias.

Obra nueva

Esta opción constituye planificar la totalidad del recambio, con la colocación de nuevas luminarias led, nuevas columnas de alumbrado, nuevas fundaciones, nuevos tendidos eléctricos, nuevas puestas a tierra (PAT) y nuevos tableros de comando y protección.

Esto debe realizarse fijando como parámetro esencial la clasificación de cada una de las arterias de la municipalidad, en función de la Norma IRAM AADL J2022-2.

Una vez elegida la clase, se adopta la altura de columna, el ángulo de inclinación del pescante y su longitud, el ancho de calle, el valor de potencia eléctrica de la luminaria y la ubicación de la columna, con lo cual se determina el valor de iluminancia y los coeficientes de uniformidad que verifiquen los valores de la arteria elegida.

Una vez establecidos los niveles lumínicos, se dispondrá de la geometría de columnas acorde a cada cuadra de cada calle y de cada avenida.

Estos cálculos se deben repetir para todas las cuerdas de las calles y avenidas de la ciudad.

Una vez determinadas las ubicaciones de los puntos de luz, se calcularán las secciones de los conductores que alimentarán los distintos circuitos, eligiendo los tableros de comando y protección más convenientes de acuerdo al proyecto.

Cada columna lleva asociada una nueva base de fundación, una nueva puesta a tierra y la elección

sobre si el tendido de conductores se realiza en forma aérea o subterránea.

Conclusión: esta opción, si bien es la más conveniente técnicamente, no lo es económicamente.

Obra nueva en función de niveles lumínicos

Esta opción constituye planificar la totalidad del recambio, con la colocación de nuevas luminarias led, respetando la ubicación de las columnas de alumbrado existente, nuevo tendido eléctrico, nuevas puestas a tierra donde sea necesario, nuevos tableros de comando y protección (pero no su ubicación).

Esto debe realizarse fijando como parámetro esencial la clasificación de cada una de las arterias de la municipalidad, en función de la Norma IRAM AADL J2022-2.

Una vez elegida la clase, se relevan las alturas de las columnas, los ángulos de inclinación del pescante y su longitud, el ancho de calle y la ubicación de la columna; el valor de la potencia eléctrica de la luminaria se adopta en función del nivel y coeficientes exigidos para esa arteria, con lo cual se determina el valor de iluminancia y los coeficientes de uniformidad que verifiquen los valores de la arteria elegida. Para este caso, la única variable es la potencia eléctrica de la luminaria led.

Una vez establecidos los niveles lumínicos, se determinará qué luminaria y de qué potencia instalar, acorde a cada cuadra de cada calle y de cada avenida.

Estos cálculos se deben repetir para todas las cuerdas de las calles y avenidas de la ciudad.

Se tendrían que calcular las secciones de los conductores que alimentan los distintos circuitos, de los tableros de comando y protección existentes.

Cada columna lleva asociada una puesta a tierra acorde.

Conclusión: esta opción es aceptable técnicamente, y es más económica que la anterior, ya que no se disponen nuevas columnas.

Obra nueva con recambio de luminarias

Esta opción constituye planificar la totalidad del recambio, con la colocación de nuevas luminarias led, cambiando luminaria tradicional por luminaria led,

respetando la ubicación de las columnas de alumbrado existente, nuevo tendido eléctrico, nuevas puestas a tierra donde sea necesario, nuevos tableros de comando y protección (pero no su ubicación).

Al cambiar luminaria tradicional por luminaria led, lo que se realiza es el remplazo, potencia por potencia equivalente, sin importar los niveles lumínicos.

Esto no implica que no se pueda hacer una verificación para datar que se cumple con los parámetros de cada una de las arterias de la municipalidad en función de la Norma IRAM AADL J2022-2.

Se relevan las alturas de las columnas, los ángulos de inclinación del pescante y su longitud, los anchos de calle y la ubicación de la columna; el valor de la potencia eléctrica de la luminaria se adopta en función del cambio que se desea realizar (estableciendo equivalencias, nada más).

Para este caso, no existen variables, los resultados están en función de lo instalado.

Se tendrían que calcular las secciones de los conductores que alimentan los distintos circuitos de los tableros de comando y protección existentes.

Tipo de luminaria	Cantidad actual
Bajo consumo	530
Hg 150 W	200
Hg 250 W	20
SAP 150 W	16.200
SAP 250 W	1.900
SAP 400 W	220
Total de luminarias	19.080

Tabla 6.

Tipo de luminaria	Cantidad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Led 80W	16.930	685	795	1.140	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590	1.590
Led 100W	1.930	685	795	450									
Led 150W	220	220											
Total	19.080	1.590											

Tabla 7. Recambio de iluminación tradicional a led mes a mes

Cada columna lleva asociada una puesta a tierra acorde.

Conclusión: esta opción es la más económica de todas; es la menos aceptable técnicamente pero es la más utilizada en este recambio generalizado de tecnología.

Puesta en valor de las instalaciones existentes

Para poder realizar el recambio de luminarias tradicionales a la nueva tecnología led, previamente se debe poner en valor la totalidad de las instalaciones involucradas, a los fines de que el sistema sea confiable.

Se cuenta con los datos aportados por la municipalidad de San Luis, referente al estado actual de las instalaciones del alumbrado público.

Con estos datos, se establece un presupuesto para la puesta en valor, incluidas las nuevas luminarias led; adoptando el sistema de recambio por potencias equivalentes (que es el más utilizado).

Como alumbrado público, se entiende que es la iluminación de la totalidad de las calles y avenidas de la ciudad.

El cómputo de las cantidades fueron aportadas por la Municipalidad de San Luis, las cuales son necesarias para el recambio a la nueva tecnología.

Municipalidad de la ciudad de San Luis

Se estiman 5.600 cuadras en la ciudad de San Luis. La cantidad de luminarias actuales son las que se indican en la tabla 6.

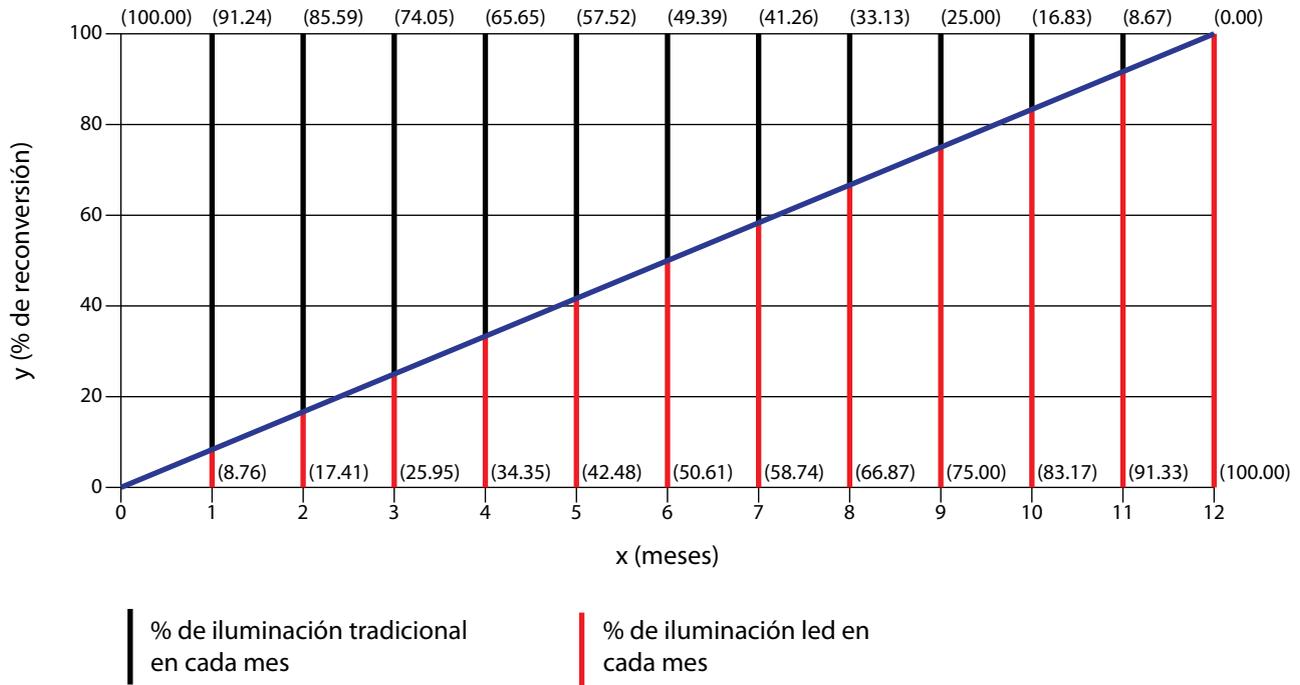


Figura 1.

La cantidad de tableros de alumbrado público con medición y sin medición fueron obtenidos de consumos de energía aportados por la Municipalidad.

El presupuesto para el recambio iluminación tradicional a led, en enero de 2019, asciende a la suma de 399.890.084,34 pesos (trescientos noventa y nueve millones ochocientos noventa mil ochenta y cuatro con treinta y cuatro centavos). Incluye puesta en valor de tableros, conductores y puestas a tierra.

Plan de trabajo

Para la confección del Plan de Trabajo, se considera que en un plazo de un año, se realizará todo el recambio de las luminarias tradicionales a led, y la puesta en valor de las instalaciones existentes del alumbrado público de la Municipalidad de San Luis.

Para el armado, se considera el comienzo del recambio en el momento que se acuerde la toma del préstamo.

Se contempla que cada sector de trabajo sea realizado de tal forma que puedan quedar en servicio, es decir: recambio a led, colocación de puestas a tierra, reemplazo de conductores, recambio de tableros y puesta en marcha. En otras palabras, se recambia y queda funcionando el sistema.

Bajo esta premisa, se implementa un plan de trabajo proporcional a cada uno de los doce meses de trabajo. El recambio de luminarias mes a mes se establece en la tabla 7.

Es decir, que cada mes se deben poner en servicio 1.590 luminarias.

Esto implica que deben quedar en servicio 1.590 luminarias por mes, alimentadas con nuevos conductores (de corresponder), con su puesta a tierra (de corresponder) y los tableros de comando (con su adecuación correspondiente).

Esta consideración es a los fines de poder realizar el análisis financiero de devolución del préstamo.

Subtarifa	Bloque	Cargo variable
T1-AP	Todos los consumos	3,6194 \$/kWh

Tabla 8. Tarifa 1 alumbrado público: pequeñas demandas de alumbrado público

El plan de trabajo se deberá readecuar cuando se cuente con el proyecto municipal, el cual es la etapa siguiente, en función de si es por licitación, contratación directa o gestión municipal.

La figura 1 resume los porcentajes de reconversión en cada uno de los meses.

Análisis financiero

Para realizar este análisis, se considera que el valor del préstamo corresponde a la cotización efectuada para la puesta en valor del total del parque lumínico vial aportado por la Municipalidad de San Luis.

El préstamo a solicitar se toma a tasa cero (cero por ciento) y en un plazo de devolución de cinco años, con seis meses de gracia, desde el momento de su otorgamiento.

Se consideran diez cuotas iguales (en pesos), abonadas dos por año.

La facturación de energía de la empresa prestataria del servicio (EDESAL SA) fija los siguientes ítems:

- » Consumo de energía en kilowatts-hora
- » Contribución municipal: 6,36 por ciento
- » Recargo por factor de potencia mayor a tangente de fi 0,62
- » IVA (veintiún por ciento —21%—): está exento, pero se paga

Según la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica, el valor del kilowatt-hora (energía) viene teniendo un incremento del veinticinco por ciento (25%) anual promedio (en los últimos años), tomando un 12,5 por ciento cada seis meses.

Tradicional	
Bajo consumo 65 W	530
HG 150 W	200
HG 250 W	30
SAP 150 W	16.200
SAP 250 W	1.900
SAP 400 W	220
Total	19.080
Led	
Artefacto led 80 W	16.930
Artefacto led 100 W	1930
Artefacto led 150 W	220
Total	19.080

Tabla 9.

Para el factor de potencia (tangente fi), se toma un incremento del 1,5 por ciento del costo del kilowatt-hora por cada centésima por encima de 0,62.

De las facturas analizadas, surge que varias tienen recargo por exceso de energía reactiva, motivo por el cual se consideró un quince por ciento (15%) promedio de recargo para el análisis financiero.

De la publicación en diario local del día sábado 23 de febrero de 2019, surge el cuadro tarifario de energía vigente. De ahí se obtiene que el valor de la energía es el de la tabla 8.

Se comienza con un análisis energético económico, en función de los consumos del parque lumínico actual (existente) y de los datos de facturación de energía vigentes (mes cero).

Se considera, para la estimación de la energía, que las luminarias de mercurio halogenado (150/250 watts), son doscientas de 150 watts y treinta de 250, en función de que la potencia de 150 watts es la más utilizada y a los fines de ser más conservativo en cuanto a la energía consumida.

Se considera que las luminarias tradicionales (existentes) se recambian en su totalidad a led de acuerdo a la equivalencia de la tabla 9.

Los 16.930 artefactos led de ochenta watts (80 W) reemplazan a bajo consumo 65 watts, mercurio de 150 watts y sodio de alta presión de 150 watts.

Los 1.930 artefactos led de cien watts (100 W) reemplazan a mercurio de 250 watts y sodio de alta presión de 250 watts.

Los 220 artefactos led de 150 watts reemplazan a sodio de alta presión de cuatrocientos watts (400 W).

El consumo de energía total mensual de inicio es el siguiente: 1.212.480 kilowatts-hora, con un valor final de 6.444.245,90 pesos.

Los consumos de energía al cabo del duodécimo mes son 568.944 kilowatts-hora, con un valor final de 2.981.414,27 pesos. Todo implica un ahorro del 53,73 por ciento.

Análisis económico

Para proseguir con el análisis, se considera un plazo de quince años (vida útil de las luminarias led), para comparar los costos de energía de la instalación actual versus la instalación convertida a la nueva tecnología.

Se contempla tomar un préstamo pagadero en cinco años, a tasa cero por ciento, con seis meses de gracia y un total de diez cuotas. El monto del préstamo es por un total de 399.890.084,34 pesos.

Del estudio se deduce que, a partir del final del séptimo, se tendría menos gastos con el recambio a led (incluidos pagos de las cuotas del préstamo), que si se continuara con la instalación existente.

Conclusiones finales

Del trabajo técnico-financiero realizado, surge que es conveniente llevar a cabo el recambio de la instalación con iluminación tradicional (con descarga gaseosa) a iluminación con led. Los fundamentos son los siguientes:

- » Ahorro en el costo de la energía (pesos por kilowatt-hora —\$/kWh—)
- » Al ser más eficientes, producen menos emisiones de dióxido de carbono para conseguir la misma iluminancia
- » No contienen mercurio ni otros metales pesados

- » Rápida respuesta al encendido y apagado
- » Posibilidad de dimerizar
- » Bajo gasto de mantenimiento
- » Este recambio produciría un 53 por ciento aproximado de ahorro de potencia instalada
- » Larga vida útil
- » Alto índice de reproducción cromática (CRI)
- » Menor contaminación lumínica

Analizadas las tablas de gastos de energía de ambas alternativas, surgió que a partir del final del séptimo año, y hasta el final de la vida útil, se produciría un ahorro en pesos significativo, lo que demuestra que la opción del recambio es conveniente.

Sobre la implementación de la telegestión, es necesario realizar la etapa considerada (puesta en valor de toda la infraestructura lumínica vial), para recién poder pensar en esta opción.

El principal uso de la telegestión es la disminución del flujo luminoso a ciertas horas de la noche, que por un tema de seguridad muchos municipios optaron por no implementar, además del costo significativo y sin los resultados esperados.

Existen fabricantes de luminarias nacionales a los cuales se les puede solicitar que el driver realice tareas de dimerización del flujo luminoso a ciertas horas de la noche. ❖