The background of the entire page is a close-up photograph of several energy-efficient light bulbs, likely LED or CFL, with a strong green color overlay. The bulbs are arranged in a cluster, with some in sharp focus and others blurred in the background, creating a bokeh effect. The green tint is uniform across the image, giving it a clean, modern, and eco-friendly appearance.

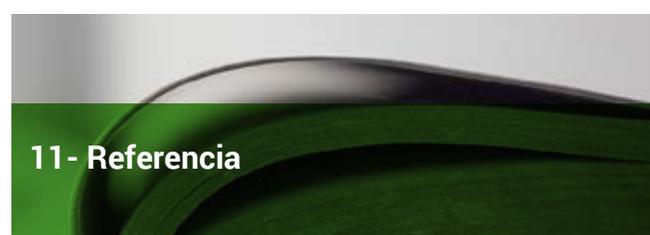
Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

Tipo de Proyecto

Iluminación de Alta Eficiencia



BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA



Glosario



ACS: Confort visual: característica que manifiesta la ausencia de distorsiones lumínicas en el entorno visual.

Detector de presencia: dispositivo que detecta el movimiento en función de la radiación térmica del cuerpo humano. Aunque existen de otro tipo, por ejemplo volumétricos, en aplicaciones de alumbrado se emplean los de tipo infrarrojo.

Dimmer: regulador, atenuador o dimer. Sirve para regular la energía en uno o varios focos, con el fin de variar la intensidad de la luz que emiten.

Dióxido de carbono (CO₂): es el principal gas de efecto invernadero emitido principalmente a través del uso del transporte, la industria, el consumo de energía, la agricultura y la deforestación.

Eficacia luminosa: es una medida de que tan bien reproduce la luz natural una fuente de luz artificial. Es la relación entre el flujo luminoso y la alimentación, generalmente expresada en lúmenes/vatio.

Eficiencia energética: es la forma de gestionar y limitar el crecimiento del consumo de energía. Un proceso más eficiente puede producir más bienes o servicios con la misma o menor cantidad de energía. Por ejemplo, una bombilla fluorescente compacta (CFL) utiliza menos energía que una bombilla incandescente para producir la misma cantidad de luz.

Eficiencia nominal: es la razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de los sistemas.

Factor de emisión: promedio de un gran número de mediciones de emisiones de contaminantes atmosféricos, que son representativas de un tipo de fuentes de emisión. Por ejemplo, el factor de emisión del sistema interconectado eléctrico de Colombia es 0,37 kg de CO₂/kWh (XM, 2014): esto quiere decir que por cada 100 kWh consumidos se emiten 37 kg de CO₂.

Fotocelda: dispositivo fotovoltaico que genera una salida de voltaje en función de la cantidad de luz que recibe. Las fotoceldas pueden ser externas, se instalan en el exterior del edificio, o internas instaladas en el techo de la sala o local. Generalmente se emplean para mantener tan constante como sea posible, el nivel de iluminación de un área específica mediante un circuito cerrado de control.

Glosario



Gases de efecto invernadero (GEI): los gases de efecto invernadero son la principal causa del calentamiento global. La mayoría de estas sustancias como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), los óxidos nitrosos (NO_x), entre otros, son liberados a la atmósfera por la actividad humana.

KWh: El kilovatio-hora, equivalente a mil vatios-hora, el vatio-hora es una unidad utilizada para medir la energía eléctrica consumida o utilizada en determinado tiempo. Se utiliza comúnmente como una unidad de energía eléctrica en la ingeniería y aplicaciones comerciales.

Diodo emisor de luz (LED): dispositivo semiconductor de estado sólido que convierte energía eléctrica directamente en luz.

Lumen (lm): potencia lumínica emitida por una fuente de luz, o también llamado flujo luminoso.

Lux (lx): unidad de iluminancia y emitancia luminosa del sistema internacional, que mide el flujo luminoso por unidad de área (lm/m^2).

Período de retorno simple: cantidad de tiempo que demora una inversión en pagarse basado en el flujo de caja del proyecto. Por ejemplo, el período de retorno simple de una inversión de 300 USD con ahorros anuales de 100 USD tiene un período de retorno simple de 3 años.

Regulador de luz: dispositivo que permite variar el flujo luminoso de las fuentes de luz en una instalación de alumbrado. Responde a un sistema de mando que recibe como entrada, la señal de los diferentes dispositivos de control.

Valor ex ante: valor medido antes del cambio tecnológico en proyectos de eficiencia energética.

Valor ex post: valor medido después del cambio tecnológico en proyectos de eficiencia energética.

Vida útil nominal: es el período de vida útil media de un equipo estimado estadísticamente.

Tabla de conversiones

En la tabla 1 se presentan las unidades utilizadas en este manual que sirven como referencia para las diferentes conversiones de unidades que se encuentran a lo largo del documento.

Tabla 1. Tabla de conversión de unidades.

Potencia	kilowatt (kW)	HP	BTU/h
kilowatt (kW)	1	1.341	3.412,14
HP	0,754	1	2.544.43
BTU/h	0,00293	0,0003928	1

Energía	Kilowatt-hora (kWh)	Jules	GigaJules	PetaJules	BTU
kilowatt-hora (kWh)	1	3.600.000	0,0036	3,6e-9	3.412,14
Jules	0,000000278	1	1e-9	1e-15	0,0009478
GigaJules	277,7	1e+9	1	1e-6	947817
PetaJules	2,77e+8	1e+15	1e+6	1	9,47e+11



1. Presentación

CAF -Banco de desarrollo de América Latina-, tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 19 países 17 de América Latina y el Caribe, junto a España y Portugal y 13 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región.

CAF adelanta el desarrollo del Programa de Eficiencia energética desde la demanda (EE) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF), cuyo objetivo es fomentar una mayor inversión de empresas Latinoamericanas en NV y EE. Para lograrlo contarán con financiamiento de CAF a través de las líneas de crédito que mantiene con IF's, asistencia técnica y fortalecimiento de mercados en NV y de EE.

En este contexto, esta guía, dirigida a las Instituciones Financieras, tiene

como objetivo fortalecer los programas ambientales y sociales de las IF's y mejorar sus capacidades, las de sus clientes y las de sus recursos de *outsourcing*, para identificar, evaluar y financiar proyectos de EE; asimismo, gestionar los riesgos ambientales y sociales asociados con la financiación este tipo de proyectos.

Incluye aspectos técnicos y de inversión, criterios de elegibilidad de proyectos para ser financiados por las IF's, y los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación de los beneficios ambientales generados por las inversiones realizadas.

Esta guía es parte de un conjunto de documentos que comprende los sectores y tecnologías con mayor potencial de fomentar las inversiones en eficiencia energética. En la tabla 2 se presenta el conjunto de documentos elaborados para el Programa de Eficiencia Energética desde la Demanda (EE-D) y Negocios Verdes (NV) con Instituciones Financieras (IF's) de acuerdo con el tipo de proyecto y el sector.

Tabla 2. Manuales por sector y guías por tipo de proyecto

		Manuales Por Sector									
Guías Por Tipo De Proyecto		Alimentos y bebidas	Textiles	Cemento	Pulpa y papel	Siderurgia y metal mecánica	Agroindustria	Hoteles y hospitales	Alumbrado público	Grandes superficies	Transporte
	Motores de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	Cogeneración de energía	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	Sustitución de combustibles	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓
	Iluminación de alta eficiencia	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
	Calderas y sistemas de vapor	✓	✓		✓		✓	✓			
	Aire acondicionado							✓		✓	
	Refrigeración	✓								✓	
	Calentamiento de agua con energía solar							✓			
	Hornos			✓		✓					
	Aire comprimido	✓	✓	✓	✓	✓					
	Energía solar fotovoltaica							✓	✓	✓	
Automatización de procesos							✓	✓	✓		

Así por ejemplo, se desarrolló la guía de para proyectos de iluminación de alta eficiencia que es aplicable a sectores como cementos, textiles y alimentos y bebidas.



2. Aplicabilidad

Esta guía presenta los aspectos técnicos, ambientales y financieros relacionados con el desarrollo de proyectos de inversión en iluminación de alta eficiencia, tanto para proyectos en operación como para proyectos nuevos. Está claro que el consumo de energía en los sistemas de iluminación no depende únicamente de la eficiencia de los equipos, sino también de las horas de uso de las luminarias y sistemas de automatización que mejoran los ahorros de energía.

Esta guía debe usarse teniendo en cuenta que los sistemas de iluminación de alta eficiencia hacen parte de instalaciones mayores (hoteles, hospitales, plantas de producción, etc.); con lo cual, los ahorros energéticos y económicos generados dependen de las condiciones de operación de dichas instalaciones.

Sectores con mayor potencial para desarrollar proyectos de Iluminación de Alta Eficiencia



Alimentos y
bebidas



Textiles



Cemento



Pulpa y papel



Agroindustria



Hoteles



Hospitales



Alumbrado
público



Grandes
superficies



3. Introducción

El consumo de electricidad para la iluminación representa aproximadamente el 15% del consumo mundial de energía y el 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI). Un cambio a una iluminación eficiente en los sistemas conectados y no conectados a las redes eléctricas a nivel mundial ahorraría más de 140.000 millones de dólares y reduciría las emisiones de CO₂ en 580 millones de toneladas cada año.¹

Con los recientes avances en tecnología lumínica, las lámparas más recientes utilizan la quinta parte de la energía que utilizan las lámparas menos eficientes para producir la misma cantidad de luz, y además tienen un tiempo de vida 10 a 15 veces mayor. La mayoría de la iluminación en el sector doméstico en los países en desarrollo es suministrada por lámparas ineficientes.

La capacidad de las nuevas tecnologías (especialmente las lámparas LED) para ajustar el color de luz y la intensidad, está llevando a la incorporación creciente en soluciones de iluminación inteligente. Se espera que el mercado de la iluminación eficiente en Latinoamérica y el Caribe llegue a USD 3.552 millones en 2018, creciendo a una tasa anual del 23,2 % desde 2012 hasta 2018, según Transparency Market Research.²

La importancia de la iluminación eficiente en la región del Caribe y América Latina está incrementando debido a ventajas como mayor eficiencia energética, ahorro potencial en costos y beneficios al medio ambiente. Los países

de la región han acogido numerosas iniciativas, programas, leyes, campañas de comunicación y otras acciones para mejorar la eficiencia de la iluminación. Dos proyectos de UNEP, REGGATA y en.lighten, en coordinación con Proyecto Mesoamérica, están apoyando el desarrollo de la iluminación regional eficiente para los países de América Latina. De acuerdo con la "Estrategia de Eficiencia de Iluminación Regional" (Regional Lighting Efficiency Strategy en inglés) aprobada por los Ministros de Energía de Mesoamérica el 6 de diciembre de 2013 en Panamá, los reglamentos técnicos y las actividades de recolección y reciclaje han sido implementadas para eliminar gradualmente las lámparas incandescentes y halógenas ineficientes a finales de 2016.

De acuerdo a evaluaciones del programa en.lighten, el cambio hacia una iluminación eficiente en América Central traerá beneficios ambientales, sociales y económicos. Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) se reducirían anualmente en unas 942.000 toneladas y el sistema de recolección y reciclaje de las lámparas eficientes con pequeño contenido de mercurio impedirían que vayan al ambiente 16.9 Kg de mercurio.

Además, a nivel regional, se disminuirá en 4,8% el consumo eléctrico y en 34,6% el consumo para iluminación. Estos porcentajes representan un ahorro energético de 2.575,8 millones de KWh/año en la generación de electricidad. La demanda de electricidad en hora punta se reduciría en 360 MW, evitando inversiones en nuevas capacidades de generación de unos 450 MW. Todo lo anterior se traduce en ahorros por el orden de los 406,5 millones de dólares.

¹ <http://www.enlighten-initiative.org>

² *Latin America Energy-Efficient Lamps Market and Ballasts Market, Transparency Market Research*



4. Descripción de la tecnología

Las estadísticas indican que el consumo de energía por la iluminación es de aproximadamente entre un 20 y un 45% del consumo total de energía de un edificio comercial (como por ejemplo grandes superficies), y aproximadamente entre un 3 y un 10% del consumo total de energía de una planta industrial. La mayoría de los usuarios de energía industrial y comercial son conscientes del potencial de ahorro de energía en sistemas de iluminación que se puede alcanzar con una inversión razonable.¹

Los proyectos de sustitución de luminarias de mercurio, o incandescentes de halógenos metálicos, o de sodio de alta presión, generan ahorros

en costos de energía además de incrementar los niveles de iluminación de los espacios y reducir los costos de mantenimiento. La instalación de sensores y automatización de sistemas, tales como fotoceldas, relojes y sistemas de gestión de energía, también pueden lograr ahorros adicionales. En algunos casos es necesario tener en cuenta las modificaciones de diseño de iluminación con el fin de lograr el ahorro de energía deseado, es importante entender que las lámparas eficientes por sí solas no aseguran que los sistemas de iluminación sean eficientes, por lo tanto, mejorar la eficiencia de un sistema de iluminación incluye como mínimo:



Identificar la situación actual de la instalación.

- > Tecnologías existentes.
- > Nivel de la iluminación actual.
- > Necesidades de iluminación de los espacios de acuerdo con las actividades que se desarrollan en ellos.



Analizar posibilidades de mejora.

- > Nueva tecnología aplicable.
- > Potencial de ahorro energético.
- > Posibilidad de ahorros en mantenimiento.
- > Incremento de los niveles de iluminación.



Proponer soluciones de renovación.

- > Cambio de lámparas.
- > Cambio de lámparas y auxiliares.
- > Cambio de lámparas, auxiliares y sistemas de control.

¹ Phillips 2011.



4.1. Tecnologías disponibles en el mercado.

Actualmente, en el alumbrado artificial, se emplean casi con exclusividad las lámparas eléctricas. Existen distintos tipos de temperatura de luz, que van desde la luz cálida (2700 k) hasta luz fría (6500 k)², la elección de un tipo u otro depende de las necesidades concretas de cada lugar de aplicación. A continuación se describen las distintas tecnologías de iluminación existentes en el mercado.

Tabla 3. Resumen de tecnologías de iluminación.

Tecnología: lámparas incandescentes.

Las lámparas incandescentes poseen un filamento de diferentes materiales metálicos, por el cual se hace pasar corriente que calienta este material hasta que llega a su punto de ebullición y comienza a emitir luz. Al estar en el vacío sin presencia de oxígeno, el filamento no alcanza a consumirse por completo, lo que hace que pueda estar encendido durante mucho tiempo.

Lámparas incandescentes no halógenas.

Son las más utilizadas principalmente en el sector doméstico debido a su bajo costo, su versatilidad y su simplicidad de uso. Su funcionamiento se basa en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento de wolframio hasta que alcanza una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles por el ojo humano.



Lámparas incandescentes halógenas.

La incandescencia halógena mejora la vida y la eficacia de las lámparas incandescentes, aunque su costo es mayor y su uso más delicado. Incorporan un gas halógeno para evitar que se evapore el wolframio del filamento y disminuya el nivel de iluminación con el tiempo.



² La temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. La temperatura de medida son grados Kelvin.

Tecnología: lámparas de descarga.

Constituyen una forma de producir luz más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balasto) para su funcionamiento. Según el tipo de gas y la presión a la que se le somete, existen distintos tipos de lámparas de descarga.

Lámparas fluorescentes tubulares.

Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Las cualidades de color y su baja luminancia las hacen idóneas para interiores de altura reducida. Son las menos eficientes después de las incandescentes. Se encuentran principalmente en oficinas, comercios, locales públicos, industrias, etc. Las lámparas fluorescentes más usadas hoy en día son las T8 (26 mm de diámetro); sin embargo, se han desarrollado las T5 (16 mm de diámetro) que sólo funcionan con equipo auxiliar electrónico. Esto, junto a su menor diámetro, les proporciona una alta eficiencia luminosa, que puede alcanzar hasta 104 lm/W.



Lámparas fluorescentes compactas.

Tienen el mismo principio de funcionamiento que las lámparas fluorescentes tubulares y están formadas por uno o varios tubos fluorescentes. Son una alternativa de mayor eficacia y mayor vida útil a las lámparas incandescentes. Algunas de estas lámparas compactas llevan el equipo auxiliar incorporado (lámparas integradas) y pueden sustituir directamente a las lámparas incandescentes en su plafón.



Lámparas fluorescentes sin electrodos de Inducción.

Las lámparas sin electrodos de inducción emiten la luz mediante la transmisión de energía en presencia de un campo magnético, junto con una descarga de gas. Su principal característica es la larga vida útil (60.000 h) limitada sólo por los componentes electrónicos.



Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.

Por su mayor potencia emiten mayor flujo luminoso que las fluorescentes compactas, aunque su eficiencia es menor. Por su forma se suelen emplear en iluminación de grandes áreas (calles, bodegas industriales, etc.).



Tecnología: lámparas de descarga.

Constituyen una forma de producir luz más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balasto) para su funcionamiento. Según el tipo de gas y la presión a la que se le somete, existen distintos tipos de lámparas de descarga.

Lámparas de halogenuros metálicos (metal halide).

Este tipo de lámpara posee halogenuros metálicos además del relleno de mercurio por lo que mejoran considerablemente la capacidad de reproducir el color, además de mejorar la eficiencia. Su uso está muy extendido y es muy variado. Por ejemplo, en alumbrado público, alumbrado comercial, de fachadas, monumentos, etc.



Lámparas de halogenuros metálicos cerámicos.

Esta familia de lámparas combina la tecnología de las lámparas de halogenuros metálicos con la tecnología de las lámparas de sodio de alta presión, aumenta la vida útil (hasta 15.000 h), la eficacia luminosa y mejora la estabilidad del color a lo largo de la vida de las lámparas. En definitiva, combinan la luz blanca propia de los halogenuros metálicos, y la estabilidad y la eficacia del sodio. Por sus características, son lámparas muy adecuadas para su uso en comercios, oficinas, iluminación arquitectónica, vitrinas, hoteles, etc.



Lámparas de vapor de sodio a baja presión.

En estas lámparas se origina la descarga eléctrica en un tubo de vapor de sodio a baja presión produciéndose una radiación prácticamente monocromática. Actualmente son las lámparas más eficientes del mercado, sin embargo, su uso está limitado a aplicaciones en las que el color de la luz (amarillo en este caso) no sea relevante como en autopistas, túneles, áreas industriales, etc. Además, su elevado tamaño para grandes potencias implica utilizar luminarias excesivamente grandes.



Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Mejoran la reproducción cromática de las de baja presión y aunque la eficiencia disminuye, su valor sigue siendo alto comparado con otros tipos de lámparas. Además, su tamaño hace que el conjunto óptica-lámpara sea muy eficiente. Actualmente está creciendo su uso al sustituir a las lámparas de vapor de mercurio, ya que presentan una mayor vida útil con una mayor eficiencia. Este tipo de lámparas se emplean en instalaciones exteriores de tráfico e industriales, e instalaciones interiores industriales y comercio.



Tecnología: LED.

Diodos

Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Las cualidades de color y su baja luminancia las hacen idóneas para interiores de altura reducida. Son las menos eficientes después de las incandescentes. Se encuentran principalmente en oficinas, comercios, locales públicos, industrias, etc. Las lámparas fluorescentes más usadas hoy en día son las T8 (26 mm de diámetro); sin embargo, se han desarrollado las T5 (16 mm de diámetro) que sólo funcionan con equipo auxiliar electrónico. Esto, junto a su menor diámetro, les proporciona una alta eficiencia luminosa, que puede alcanzar hasta 104 lm/W.



Debido a las prestaciones de calidad de luz y los requerimientos de los espacios, los usos de cada tipo de luminaria varían. En la tabla 4 se muestran los tipos de luminarias más usados según el espacio que se requiere iluminar. Esta tabla debe tomarse como referencia y en ningún caso como un criterio de diseño.

Tabla 4. Tipos de luminarias por uso.³

	Incandescente estándar	Halógena	Fluorescente tubular	Fluorescente compacta	Mercurio alta presión	Halogenuro	Sodio alta presión	Sodio baja presión	Halogenuro metálico	Inducción	LED
Oficinas			✓	✓		✓			✓	✓	✓
Tiendas (general)	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓
Tiendas exposición	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓
Deportes (interiores)			✓			✓			✓		✓
Industrial			✓		✓	✓	✓		✓		✓
Doméstico	✓			✓							✓
Industrial (Pymes)			✓				✓				✓
Deportes						✓	✓		✓		✓
Grandes áreas					✓	✓	✓		✓		✓
Alumbrado público					✓	✓		✓	✓	✓	✓

³Fuente: IDAE 2016.

4.2. Equipos auxiliares.

Mientras que las lámparas incandescentes funcionan de forma estable al conectarlas directamente, la mayoría de las fuentes de luz requieren un equipo auxiliar para iniciar su funcionamiento o evitar crecimientos continuos de intensidad. En algunas lámparas como las halógenas de baja tensión, la tensión de funcionamiento es distinta a la suministrada por la red por lo que requieren también de transformadores de voltaje.

Los equipos auxiliares determinan en gran medida las prestaciones de la lámpara, en lo que a calidad y a economía en la producción de luz se refiere. Estos equipos tienen su propio consumo eléctrico que debe tenerse en cuenta al evaluar el sistema de iluminación en su conjunto. Los equipos auxiliares más comunes son los balastos, arrancadores y condensadores, así como transformadores para las lámparas halógenas de baja tensión. En caso de trabajar con equipo electrónico, los tres componentes son necesarios para el adecuado funcionamiento de la lámpara (balasto, arrancadores y condensador) y se incorporan en un solo elemento.

Balasto: es el componente que limita (estabiliza) el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos. Proporciona energía a la lámpara, por lo que las características de tensión, frecuencia e intensidad que suministre, determinan el correcto funcionamiento del conjunto.

Arrancador: el arrancador es el componente que proporciona la tensión necesaria en el momento del encendido, bien por sí mismo o en combinación con el balasto. El arrancador puede ser eléctrico, electrónico o electromecánico. Las características eléctricas del arrancador tienen una importancia fundamental en la vida de la lámpara. Desde el punto de vista de la eficiencia energética, los arrancadores suponen un aumento entre el 0,8% y el 1,5% de la potencia de la lámpara.

Condensador: es el componente que corrige el factor de potencia a los valores definidos en normas y reglamentos en vigor. El resultado final es una reducción en el consumo de energía reactiva que se traduce en un menor gasto energético y por lo tanto, en una mayor eficiencia de la instalación. Las pérdidas en los condensadores suponen entre el 0,5% y el 1% de la potencia de la lámpara.

³ Fuente: IDAE 2016.

En los equipos auxiliares se emplean diferentes tecnologías:

- > **Resistiva:** emplea una resistencia como balasto. Es una tecnología de muy baja eficiencia. En la actualidad está prácticamente en desuso.
- > **Inductiva:** emplea equipos electromagnéticos. Es la tecnología más empleada aunque tiende a sustituirse por la electrónica.
- > **Electrónica:** un equipo electrónico realiza las funciones de balasto y arrancador. Además, en muchos casos, elimina la necesidad de condensador. De esta manera, usando un equipo electrónico en lugar de uno convencional se pueden conseguir ahorros del consumo de energía entre el 25 y 30 %. En el caso de usar equipos electrónicos con posibilidad de regulación de luz en lugares donde se puede aprovechar la luz natural, los ahorros pueden alcanzar el 70 % el consumo.

Desde el punto de vista energético, en función del tipo de equipo auxiliar que se emplee, las pérdidas en la potencia de la lámpara se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Rangos de pérdidas en equipos auxiliares.⁴

Tipo de lámpara	Tipo de equipo auxiliar		
	Electromagnético estándar (resistivo)	Electromagnético bajas pérdidas (inductivo)	Electrónico
Fluorescencia	20 - 25 %	14 - 16 %	8 - 11 %
Descarga	14 - 20 %	8 - 12 %	6 - 8 %
Halógenas baja tensión	15 - 20 %	10-12 %	5 - 7 %



4.3. Control y automatización de espacios

Sensores de presencia: esta estrategia de control usa sensores los cuales detectan, por medio de ultrasonido, la presencia de personas. Los sensores solo encienden las luces cuando alguien entra en el espacio y las apagan automáticamente cuando no hay nadie.

Adaptación a la tarea: esta estrategia consiste en disminuir el flujo luminoso hasta la intensidad adecuada para la tarea que se realice en ese espacio, esto se realiza por medio de un regulador de voltaje (dimmer por su nombre en inglés). Con esto se evita el despilfarro de energía mientras se ajusten los niveles de iluminación al estándar en función de la tarea o aplicaciones concretas.

Control en función de la luz natural: esta estrategia de control busca utilizar la mayor parte del tiempo la iluminación natural de los espacios, este tipo de control usa un dimmer para controlar el flujo luminoso, este es retroalimentado por un sensor de luz natural que mide la cantidad de lúmenes que se pueden aprovechar de la luz natural, y regula la luminaria para entregar los lúmenes faltantes.

Regulador de tiempo inteligente: esta estrategia de control usa un temporizador programable, el cual permite definir las horas de encendido y apagado de la iluminación que se ajusta automáticamente a los programas previamente establecidos. Un ejemplo simple es el encendido y apagado de las luces al principio y al final de la jornada laboral.

Integración con otras tecnologías: los sistemas de control de iluminación se pueden integrar fácilmente a otras tecnologías (sistemas de gestión de edificios, sistemas de alarma, etc.) esto permite por ejemplo, controlar el aire acondicionado y alarmas por medio de los sensores de movimiento del sistema de iluminación.

4.4. Necesidades de iluminación en los espacios.

Una vez definidas las características fundamentales de un sistema de iluminación, tales como tipo de luminaria a utilizar, área del espacio a iluminar y el uso del espacio, es necesario especificar los requisitos mínimos de iluminación que satisfagan las necesidades de confort y prestaciones visuales. Los requisitos visuales deben ser estudiados en función de las tareas que se vayan a realizar, ya que pueden variar significativamente. Esto debe estar apoyado por las normas o las guías de cada país, tales como:



Colombia:

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público –RETILAP.



Panamá:

RESOLUCIÓN AN N° 417-Elec.



Ecuador:

RTE INEN 069 o NTE INEN 2 506:2009.

Estas normas establecen los estándares de iluminación de espacios a partir del uso o tipo de trabajo, ayudan a optimizar las instalaciones en términos de cantidad y calidad del alumbrado. Además, rigen las normas de diseño de sistemas de iluminación para que cumplan las condiciones de calidad y confort visual. El objetivo es conseguir una iluminación que cumpla con los requerimientos técnicos en las instalaciones reduciendo los consumos de energía.



5. Descripción del proyecto

Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo de energía, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación. En la eficiencia de la iluminación influyen:

- > Eficiencia energética de los componentes (lámparas, luminarias, equipos auxiliares).
- > Uso de la instalación (régimen de utilización, utilización de sistemas de regulación y control, aprovechamiento de la luz natural).
- > Mantenimiento de la instalación (limpieza, reposición de lámparas).

5.1. Medición inicial de prestaciones y confort de los espacios.

Para realizar un proyecto de iluminación y poder calcular la reducción de consumos, se deben realizar mediciones de Luxes en cada uno de los lugares en los que se desea realizar el proyecto; esto con el fin de determinar si se cumple con la norma de cada país. Para realizar las mediciones se puede usar un Luxómetro teniendo como referencia mediciones realizadas en los espacios planos que se usan como lugar de trabajo tales como mesas, escritorios, mesón de la cocina, etc.

5.2. Línea de base energética e información del nuevo proyecto.

La línea de base energética se determina teniendo en cuenta la potencia de la luminaria actual y las horas de operación, calculando el consumo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) = \left(\text{Potencia (kW)} * \left(\frac{\text{hora operación}}{\text{año}} \right) \right)$$

La condición que se debe determinar en los equipos existentes y en los equipos nuevos es su potencia nominal, que se encuentra en ficha técnica de las luminarias.

La siguiente tabla se puede utilizar para la recolección de información necesaria para el proyecto. Se toman los datos por lámpara para facilitar el conteo, por ejemplo, una luminaria T8 2x32 tiene 2 tubos de 32W cada uno, por lo que se contaría como 2 lámparas T8 de 32W cada una.



Tabla 6. Formato para la recolección de información para un proyecto de iluminación de alta eficiencia.

Ubicación	Potencia de la lámpara (w)	Cantidad de lámparas (und)	Potencia total (kW)	Tipo de lámpara	Operación (horas/día)	Operación (horas/año)	Consumo estimado
Ubicación de la lámpara.	Potencia unitaria de cada lámpara.	Contar las lámparas de cada tipo.	Cantidad de lámparas, multiplicado por la potencia unitaria.	Tipo de tecnología.	Horas de operación aproximada por día.	Horas de operación aproximada por año.	Horas de operación multiplicado por la potencia total.

5.3. Potencial de ahorro energético y reducción de emisiones GEI.

El potencial de ahorro de energía y de reducción de emisiones de GEI de un proyecto de cambio de iluminación se calcula teniendo en cuenta el consumo de energía actual menos el consumo de energía una vez el proyecto se ha ejecutado.

El potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de GEI depende de, además de la potencia de la luminaria y del número de horas de operación, de la instalación de auxiliares más eficientes. En general, el potencial de ahorro puede ser entre el 50 y 70% del consumo de energía actual, dependiendo de las condiciones de operación y del tipo de luminaria.

Para la evaluación energética, económica y ambiental de un proyecto de sustitución de iluminación, se requiere la información que se resume en la tabla 7.

Tabla7. Información mínima requerida para evaluar un proyecto de EE en iluminación.

Proyecto	Unidad	Fuente/Formula
A. Potencia nominal del sistema de Iluminación actual.	kW	Datos de placa de la lámpara.
B. Horas de operación promedio por año.	h/año	Información del usuario.
C. Consumo de energía del sistema actual.	kWh/año	A*B
D. Potencia nominal del nuevo sistema de iluminación.	kW	Datos del proveedor.
E. Consumo de energía del nuevo sistema.	kWh/año	D*B
F. Inversión en el nuevo sistema.	USD	Proveedor.
G. Precio de la energía eléctrica.	USD/kWh	Factura eléctrica de la instalación.
H. Ahorro de energía anual.	kWh/año	C – E
I. Ahorro económico.	USD/año	G * H
J. Período de retorno simple.	Años	F/I
K. Factor de emisión.	Kg CO ₂ /kWh	Dato Agencia Internacional de Energía o UPME.
L. Reducción de emisiones de GEI.	Ton CO ₂ /año	K * H/1000

La reducción de emisiones de GEI se calcula teniendo en cuenta al factor de emisión de la energía eléctrica que se usa en las luminarias, en caso que se use energía de la red eléctrica el factor de emisión se puede obtener de la base de datos de Agencia Internacional de Energía (<http://www.iea.org/statistics/topics/co2emissions/>) y de la Unidad de Planeamiento Minero Energético UPME para el caso de Colombia. Si la energía que consumen las luminarias es autogenerada o cogenerada, el factor de emisión deberá calcularse para el caso específico.





6. Requerimiento de inversión

La inversión específica en un sistema de cambio de iluminación depende del tipo de iluminación actual y las especificaciones que se requieren en los espacios. En las tablas 8 y 9 se muestran los costos aproximados de inversión en la sustitución de las luminarias tradicionales más comunes por una luminaria LED equivalente.

Tabla 8. Costos de inversión en lámparas LED equivalente para la sustitución de lámparas convencionales para interiores.⁵

	Lámpara convencional	Equivalente LED	Ahorro	Inversión Promedio (USD/Und.)
	E27 incandescente 60W	E27 LED 8W	80%	\$11
	E27 incandescente 75W	E27 LED 10W	80%	\$18
	E27 incandescente 100W	E27 LED 15W	80%	\$21
	E27 FCL Ahorrador 11W	E27 LED 6W	50%	\$ 9
	E27 FCL Ahorrador 26W	E27 LED 10W	50%	\$18
	E14 incandescente 40W	E14 LED 4W	80%	\$12
	E14 bajo consumo 9W	E14 LED 4W	50%	\$12
	GX5,3 Halógenas 12DC (35W)	GX5,3 LED 6W	80%	\$28
	GX5,3 Halógenas 12DC (50W)	GX5,3 LED 9W	80%	\$31
	GU10 halógeno dicroica 220V AC 35W	GU10 LED 6W	80%	\$12
	GU10 halógeno dicroica 220V AC 50W	GU10 LED 9W	80%	\$22

⁵ Fuente: elaboración propia a partir de precios del mercado.

Continuación Tabla 8. Costos de inversión en lámparas LED para la sustitución de lámparas convencionales para interiores.

	Lámpara convencional	Equivalente LED	Ahorro	Inversión Promedio (USD/Und.)
	G4 Halógenas mini bombillas 20W	G4 LED 2,4W	60%	\$37
	G4 Halógenas mini bombillas 30W	G4 LED 3,5W	60%	\$37
	G9 bombillas halógenas bi-pin 40	G9 LED 3W	90%	\$30
	PL incandescente 70W	PL LED 10W	80%	\$40,50
	PL Bajo consumo 22W	PL LED 8W	50%	\$40,50
	PL Bajo consumo 30W	PL LED 13W	50%	\$40,50
	Tubo fluorescente 60cm (18W)	Tubo LED 60cm 8W	50%	\$22,50
	Tubo fluorescente 90cm (30W)	Tubo LED 90cm 10W	50%	\$22,50
	Halógeno R7S 78mm 100W	LED R7S 8W	50%	\$79,44
	Halógeno R7S 118mm 150W	LED R7S 14W	50%	\$79,44
	Halógeno R7S 138mm 200W	LED R7S 18W	50%	\$79,44
	Halógeno R7S 190mm 300W	LED R7S 22W	50%	\$79,44
	Downlight halógeno 20W	Downlight LED 10W	50%	\$33,70
	Downlight halógeno 40W	Downlight LED 18W	50%	\$53,20
	Downlight halógeno 60W	Downlight LED 32W	50%	\$53,20

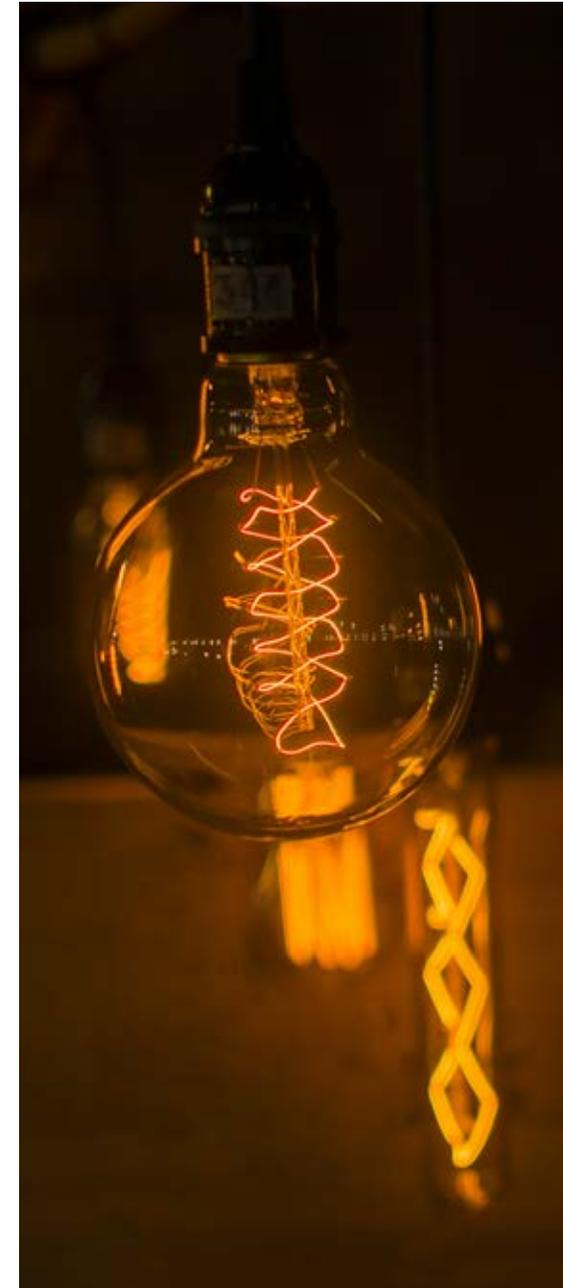


Tabla 9. Costos de inversión en lámparas LED equivalente para la sustitución de lámparas convencionales para interiores.⁶

	Lámpara convencional	Equivalente LED	Ahorro	Inversión Promedio (USD/Und.)
	Proyector halógeno para comercios 130W	Proyector LED 38W	70%	\$50
	Lámpara AR111 halógena 75W	Lámpara AR111 LED	70%	\$38
	Lámparas incandescentes PAR38 75W	Lámpara LED PAR38 15W	80%	\$478
	Lámparas halógena PAR38 23W	Lámpara LED PAR38 12W	50%	\$43
	Proyector halógeno exterior 80W	Proyector MICROLED 10W	80%	\$75
	Proyector halógeno exterior 200W	Proyector MICROLED 30W	80%	\$75
	Proyector halógeno exterior 320W	Proyector MICROLED 50W	80%	\$48
	Proyector halógeno exterior 800W	Proyector MICROLED 100W	80%	\$154
	Proyector sodio / halogenuro 70W	Proyector MICROLED 30W	50%	\$75
	Proyector sodio / halogenuro 140W	Proyector MICROLED 50W	50%	\$48
		Campana industrial de sodio 250W	Campana industrial LED 120W	50%
	Campana industrial de sodio 400W	Campana industrial LED 200W	50%	\$346
	Proyector halógeno para comercios 130W	Proyector LED 38W	70%	\$50
	Lámpara AR111 halógena 75W	Lámpara AR111 LED	70%	\$38
	Lámparas incandescentes PAR38 75W	Lámpara LED PAR38 15W	80%	\$48
	Lámparas halógena PAR38 23W	Lámpara LED PAR38 12W	50%	\$43

⁶ Fuente: elaboración propia a partir de precios del mercado.

Continuación Tabla 9. Costos de inversión en lámparas LED para la sustitución de lámparas convencionales para exteriores.

	Lámpara convencional	Equivalente LED	Ahorro	Inversión Promedio (USD/Und.)
	Proyector halógeno exterior 80W	Proyector MICROLED 10W	80%	\$75
	Proyector halógeno exterior 200W	Proyector MICROLED 30W	80%	\$75
	Proyector halógeno exterior 320W	Proyector MICROLED 50W	80%	\$48
	Proyector halógeno exterior 800W	Proyector MICROLED 100W	80%	\$154
	Proyector sodio / halogenuro 70W	Proyector MICROLED 30W	50%	\$75
	Proyector sodio / halogenuro 140W	Proyector MICROLED 50W	50%	\$48
	Campana industrial de sodio 250W	Campana industrial LED 120W	50%	\$316
	Campana industrial de sodio 400W	Campana industrial LED 200W	50%	\$346
	Bombillas industriales 120W	Bombillas industriales LED 60W	50%	\$93
	Bombillas industriales 200W	Bombillas industriales LED 100W	50%	\$79
	Proyector túnel vapor de sodio 380W	Proyector para túnel LED 80W	60%	\$110
	Proyector túnel vapor de sodio 600W	Proyector para túnel LED 120W	60%	\$127
	Proyector túnel vapor de sodio 750W	Proyector para túnel LED 160W	60%	\$133
	Farola de vapor de sodio 300W	Farola LED street urban 50W	60%	\$253
	Farola de vapor de sodio 600W	Farola LED street urban 100W	60%	\$453
	Farola de vapor de sodio 750W	Farola LED street urban 150W	60%	\$684

Inversión en Auxiliares

No todas las lámparas necesitan sistemas auxiliares como se describe en esta guía. Para las lámparas que necesitan de estos, las inversiones pueden variar según el tipo de auxiliar que se requiera; generalmente los costos de los equipos auxiliares pueden estar alrededor del 50% del costo unitario de la lámpara.

Inversión en sistemas de control

Las inversiones en sistemas de control son muy variables y cambian según el tipo de sistema que se quiera implementar. Las inversiones pueden estar entre el 10% del valor de la luminaria en sensores de presencia, hasta 100% de la luminaria en un sistema BMS (Sistema de Gestión de Edificios).



7. Análisis de riesgos técnicos, ambientales y sociales

En la siguiente matriz se resumen los potenciales riesgos técnicos, ambientales y sociales de un proyecto de iluminación de alta eficiencia.

Tabla 10. Matriz de riesgos técnicos, financieros, ambientales y sociales.

Riesgo	Tipo	Estrategia de mitigación	Riesgo	Tipo	Estrategia de mitigación
 Vida útil y eficiencia de las lámparas.	Técnico	Seleccionar equipos de marcas reconocidas, que den garantías de vida útil superiores a 50.000 horas y que cuenten con certificaciones de calidad locales o internacionales.	 Disposición final de residuos.	Ambiental	Almacenamiento de luminarias en lugares techados y en depósitos que garanticen que no serán expuestas a rotura y liberación de sustancias contaminantes. La destrucción debe hacerla una empresa especializada que cuente con las licencias para la disposición final de este tipo de residuos.
 Cumplimiento de niveles de iluminación de acuerdo con la aplicación.	Técnico	Realizar el diseño del proyecto cumpliendo con las normas técnicas locales e internacionales sobre aplicaciones de iluminación de alta eficiencia.	 Donación de lámparas antiguas.	Ambiental / Social	Las lámparas antiguas deben ser destruidas, donarlas traslada la ineficiencia y hace que el efecto de reducción de emisiones de GEI se pierda.
 Ahorros energéticos y económicos.	Técnico / Financiero	Seleccionar tecnologías de mejor eficiencia cumpliendo con los estándares que exigen las normas. Además, se deben escoger las lámparas que sean costo eficientes que compensen su precio y generen ahorro.			



8. Criterios de elegibilidad

La tecnología juega un papel fundamental para garantizar el éxito de los proyectos de iluminación de alta eficiencia, por tanto deben seleccionarse tecnologías con sellos de calidad internacionales o locales, con eficiencia y vida útil garantizada.

Los proyectos de iluminación de alta eficiencia tienen potenciales de reducción de consumo de energía entre el 30 y el 70% en condiciones normales de operación. Al ser sistemas que consumen energía eléctrica de la red en la mayoría de los casos, los potenciales de reducción de emisiones de GEI son equivalentes a los ahorros de energía generados.

Como criterio general de elegibilidad, se recomienda que la reducción de emisiones de GEI sea mayor al 30% con respecto a la línea de base establecida.

Para proyectos nuevos, la elegibilidad se puede establecer teniendo en cuenta que, si se hace una inversión en un proyecto nuevo con iluminación de alta eficiencia en lugar de iluminación de eficiencia estándar, el ahorro de energía puede ser del 30% en condiciones normales de operación.

En la estructuración financiera de estos proyectos se debe considerar la posibilidad de otorgar períodos de gracia en caso que los equipos sean importados; así mismo, el plazo del crédito debería ser mayor o igual al período de retorno simple de la inversión.

Criterios de elegibilidad de proyectos de iluminación de alta eficiencia:



Tecnologías con certificaciones internacionales o locales, con eficiencia y vida útil certificada.



Ahorros de energía superiores al **30%**



Reducciones de emisiones superiores al **30%**



Ahorros económicos superiores al **30%**



Tiempo de retorno inferior a **5 años**



9. Monitoreo, reporte y verificación del proyecto

El monitoreo de un proyecto de iluminación de alta eficiencia se puede hacer de varias maneras.

Monitoreo continuo. Instalación de medidores de energía en diferentes tableros eléctricos con la mayor cantidad de luminarias, donde sea posible monitorear el consumo y la operación de circuitos de iluminación de manera permanente.

Monitoreo puntual. En el caso de luminarias de baja potencia o tableros eléctricos donde no se conocen los equipos conectados, se acostumbra hacer una medición de voltaje y corriente en condiciones de operación normales y calcular el consumo de acuerdo con las horas de operación de las luminarias.

Los indicadores que se pueden utilizar para el monitoreo reporte se presentan en la tabla 11.

Tabla 11. Indicadores de monitoreo del proyecto.

Indicador	Unidad	Valor Exante	Valor Expost
Consumo de energía	kWh/año		
Reducción de emisiones de GEI	Ton CO ₂ /año		

El cálculo de reducción de emisiones se hace como se describe en la sección 4.3.

La verificación del proyecto se puede hacer considerando las reducciones de consumo de energía reportados por la empresa en su factura o mediante un monitoreo continuo o puntual del consumo de energía de los sistemas de iluminación incluidos en el proyecto como se explicó arriba.



10. Caso de estudio

Una empresa textil desea cambiar su sistema de iluminación actual, conformada por una mezcla de luminarias incandescentes y fluorescentes. La empresa busca además con este cambio, cumplir con los requisitos de iluminación para cada uno de sus espacios descritos en el RETILAP (norma que aplica para Colombia).

La empresa desea invertir en luminarias de tecnología LED de última generación, que presentan grandes ventajas en el consumo energético y vida útil. Además, reducir su impacto ambiental debido a las emisio-

nes de GEI evitadas y la disposición de luminarias con metales pesados como el mercurio.

El inventario recogido se muestra en la tabla 12. Para calcular la potencia total se multiplica la potencia individual de cada lámpara por la cantidad de lámparas, para calcular las horas de operación al año se multiplica las horas/día por la cantidad de días que funciona la empresa (en este caso 365 días). Por último, el consumo estimado se calcula multiplicando la potencia total por horas/año de operación.

Tabla 12. Inventario de lámparas.

Ubicación	Potencia de la lámpara (W)	Cantidad de lámparas	Potencia total (kW)	Tipo de lámpara	Operación (horas/día)	Operación (horas/año)	Consumo estimado (kWh/año)
Zona de secado.	26	30	0,78	E27 FCL Ahorrador	24	8.760	6.833
Laboratorio.	30	29	0,87	Tubo fluorescente 90 cm	16	5.840	5.081
Oficinas administrativas.	18	163	2,93	Tubo fluorescente 60 cm	12	4.380	12.851
Zona de acabados.	18	68	1,22	Downlight Halógeno	24	8.760	10.722
Baños.	60	7	0,42	E27 Incandescente.	16	5.840	2.453
Baños.	50	6	0,30	GX5,3 Halógenas 12DC	16	5.840	1.752
Total		303	6,53			6.570	39.692



Después se realiza el cambio de las luminarias con su homólogo en tecnología LED como se establece en la siguiente tabla.

Tabla 13. Equipos LED a instalar en el proyecto.

Ubicación	Potencia de la lámpara (W)	Cantidad de lámparas	Potencia total (kW)	Tipo de lámpara	Operación (horas/día)	Operación (horas/año)	Consumo estimado (kWh/año)
Zona de secado.	10	30	0,30				
Laboratorio.	10	29	0,29	Tubo LED 90 cm	16	5.840	1.694
Oficinas administrativas.	8	163	1,30	Tubo LED 60 cm	12	4.380	5.712
Zona de acabados.	18	68	1,22	NO.	24	8.760	10.722
Baños.	8	7	0,06	E27 LED	16	5.840	327
Baños.	9	6	0,05	GX5,3 LED	16	5.840	315
Total		303	3,23			6.570	21.398

El proyecto genera ahorros anuales de 2.378 USD. El tiempo de retorno simple de la inversión es de 2,15 años y se pueden reducir las emisiones de GEI anuales de la empresa textil en 6,84 Ton CO₂/año, lo cual hace al proyecto viable desde el punto de vista financiero y ambiental.



Luego se llena la siguiente tabla para calcular los ahorros.

Tabla 14. Cálculo de ahorros del proyecto.

Parámetro	Unidad	Fuente/Formula	Valor
A. Potencia nominal del sistema de Iluminación actual.	kW	Cálculo potencial total tabla 12.	6,53
B. Consumo de energía del sistema actual.	kWh/año	Cálculo consumo estimado tabla 12.	39.692
C. Potencia nominal del nuevo sistema de iluminación.	kW	Cálculo potencia total tabla 13.	3,23
D. Consumo de energía del nuevo sistema.	kWh/año	Cálculo consumo estimado tabla 13.	21.398
E. Inversión en el nuevo sistema.	USD	Dato de inversión del proyecto.	5.123
F. Precio de la energía eléctrica.	USD/kWh	Factura de energía eléctrica.	0,13
G. Ahorro de energía anual.	kWh/año	B - D	18.294
H. Ahorro económico anual.	USD/año	G * F	2.378
I. Período de retorno de la inversión.	Años	E/H	2,15
J. Factor de emisión.	Kg CO ₂ /kWh	Dato Agencia Internacional de Energía o red nacional de energía.	0,37
K. Reducción de emisiones.	Ton CO ₂ /año	G * J/1.000	6,77

Beneficios del proyecto y elegibilidad para ser financiado por líneas verdes:

El proyecto genera ingresos de

4,64 USD

por cada dólar invertido en un período de 10 años.

Reducción del

54%

del consumo de energía eléctrica para el sistema de iluminación.

Reducción de emisiones de GEI del

54%

con respecto al sistema de iluminación de baja eficiencia.

Tiempo de retorno inferior a

5 años.



11. Referencias

- > IDAE, Guía Técnica de Iluminación Eficiente Sector Residencial e Industrial.
<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>
- > Philips, Jornada Eficiencia Energética en la Industria. Philips
<https://www.fenercom.com/pages/pdf/informacion/ponencias/Eficiencia-energetica-eniluminacion-industrial-PHILIPS-JornadaIndustria2011.pdf>
- > UPME, Diagnóstico energético en sistemas de Iluminación.
<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/iluminacion.pdf>
- > IIT Bombay, Dept. of Energy Science & Engineering, Energy Efficient Lighting.
<http://www.es.e.iitb.ac.in/~suryad/Lighting-cep-2010.pdf>

Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética

Editor: CAF

Dirección Corporativa de Ambiente y Cambio Climático (DACC)

Ligia Castro de Doens, directora corporativa

Dirección Sectores Productivo y Financiero Región Norte (VSPF)

Mauricio Salazar, director

Autor:

MGM International

Coordinación y edición general

Camilo Rojas (DACC)

Jaily Gómez (VSPF)

René Gómez García (DACC)

Diseño Gráfico y Diagramación:

Tundra Taller Creativo | tundra.pe

Fotos:

Pixabay.com

Shutterstock
