



Centro de Estudios para la Preparación y
Evaluación Socioeconómica de Proyectos

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CAMBIO DE LUMINARIAS

D.R.© Banco Nacional de Obras y
Servicios Públicos, S.N.C
*Centro de Estudios para la Preparación y
Evaluación Socioeconómica de Proyectos.*

Registro en Trámite

Se prohíbe la reproducción total o parcial
de esta obra sin autorización por escrito de
su editor.

México

Documento elaborado por:

MDI. Javier Meixueiro Garmendia
MF. Marco Antonio Pérez Cruz
Dra. Anne Laure Mascle Allemand
Dinorah Vargas López

JUNIO 2012

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CAMBIO DE LUMINARIAS	2
1.1 Situación actual	2
1.1.1 Análisis de la oferta actual	3
1.1.2 Análisis de la demanda actual	4
1.1.3 Interacción oferta-demanda en la situación actual y descripción de la problemática	4
1.2 Situación sin el PPI	6
1.2.1 Optimizaciones	6
1.2.2 Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI	7
1.2.3 Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI	7
1.2.4 Interacción oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI	7
1.2.5 Alternativas de solución	8
1.3 Situación con el PPI	9
1.3.1 Descripción general del PPI	10
1.3.2 Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI	12
1.3.3 Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI	12
1.3.4 Interacción oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI	13
1.4 Evaluación del PPI	13
1.4.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI	13
1.4.2 Cálculo de los indicadores de rentabilidad	14
1.4.3 Análisis de sensibilidad y riesgos	15
1.5 Conclusiones y recomendaciones	15
1.6 Otros puntos importantes a considerar	16
CAPÍTULO II EVALUACIÓN DE UN PROYECTO DE CAMBIO DE LUMINARIAS	18
2.1 Situación actual	18
2.1.1 Análisis de la oferta actual	18
2.1.2 Análisis de la demanda actual	20
2.1.3 Interacción oferta-demanda en la situación actual y descripción de la problemática	21
2.2 Situación sin el PPI	22
2.2.1 Optimizaciones	22
2.2.2 Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI	23
2.2.3 Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI	23

2.2.4	Interacción oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI _____	23
2.2.5	Alternativas de solución _____	24
2.3	Situación con el PPI _____	25
2.3.1	Descripción general del PPI _____	25
2.3.2	Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI _____	27
2.3.3	Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI _____	28
2.3.4	Interacción oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI _____	28
2.4	Evaluación del PPI _____	28
2.4.1	Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI _____	29
2.4.2	Cálculo de los indicadores de rentabilidad _____	29
2.4.3	Análisis de sensibilidad y riesgos _____	30
2.5	Conclusiones y recomendaciones _____	30
	BIBLIOGRAFÍA _____	31
	ANEXO I _____	32

INTRODUCCIÓN

La industria de las luminarias tiende a ser un sector de constante desarrollo e innovación tecnológica que con el paso de los años introduce nuevas tecnologías para la iluminación de hogares, oficinas, zonas industriales, calles, etc. A su vez, estas tecnologías provocan cambios principalmente en el precio, la intensidad de iluminación, la eficiencia (consumo energético), la diversidad y la durabilidad (vida útil) de las luminarias. Ante esto, el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) ha visto la necesidad de elaborar una guía metodológica que permita al usuario contar con una herramienta económica para comparar las alternativas tecnológicas y, a partir de ella, seleccionar la más conveniente desde el punto de vista social.

Esta guía está enfocada a mejorar los análisis de evaluación de los proyectos o programas de inversión (PPI), que sean elaborados por entidades o instituciones del sector público, sin embargo, podrá ser utilizada por el sector privado, ya que los criterios de evaluación son semejantes.

El tipo de análisis que se utilizará en esta guía es el de costo-eficiencia, debido a que presenta características convenientes para el análisis de este tipo de PPI.

El desarrollo de esta guía está comprendido por dos capítulos. En el primero, se describen los conceptos básicos necesarios para el análisis de los PPI de cambio de luminarias, mientras que en el segundo, se presenta un caso práctico de cómo se propone evaluar este tipo de PPI. Es importante mencionar, que éste último sólo es ilustrativo, y no obvia el trabajo de campo que se debe realizar para cada PPI, ya que cada uno tiene características particulares.

CAPÍTULO I

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CAMBIO DE LUMINARIAS

En el presente capítulo, se desarrolla la guía metodológica para la evaluación de PPI de cambio de luminarias, la cual se encuentra basada en la Metodología General para la Evaluación de Proyectos, publicada por el CEPEP¹. En este sentido, el desarrollo de la metodología considera la descripción y presentación conforme a los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión” (SHCP, 2012), de los siguientes cinco puntos:

- Situación actual
- Situación sin PPI
- Situación con PPI
- Evaluación del PPI
- Conclusiones y recomendaciones

En cada uno de los anteriores puntos, se precisarán los principales conceptos que deberán ser considerados para elaborar un estudio de evaluación sobre PPI de cambio de luminarias. Cabe señalar, que cada PPI puede tener características específicas que provoquen la necesidad de aplicar otros métodos en la realización de los estudios de evaluación, por lo que se recomienda considerar a este documento sólo como una guía.

1.1 Situación actual

De manera general, la descripción de la situación actual consiste en determinar la oferta y la demanda por luminosidad del área en estudio, la cual deberá presentarse en lúmenes (lm). Una vez identificadas y desarrolladas, se debe realizar su interacción, con el objetivo de definir la problemática u oportunidad de negocio presente en la situación actual.

¹ www.cepep.gob.mx

A continuación, se desarrolla de manera más precisa la información que deberá presentar cada sección antes mencionada.

1.1.1 Análisis de la oferta actual

El primer elemento a incluir en la oferta actual es la localización de la zona en donde se desarrollará el estudio de evaluación, lo cual tiene el objetivo de facilitar al lector la comprensión de la información futura a presentar.

El siguiente paso es determinar la oferta actual de luminosidad, para ello se requiere presentar el número y capacidad luminosa de las luminarias que se encuentren instaladas en la zona bajo estudio. Cabe señalar, que se debe especificar el número de luminarias que se encuentran operando y aquellas que no lo hacen.

Asimismo, de manera específica se deberán describir los siguientes datos:

- Servicio para el cual se utilizan las luminarias, por ejemplo, si iluminan espacios de oficinas, calles, o bien, lugares especializados como un laboratorio
- Tipo y número de luminarias instaladas
- Consumo energético de cada tipo de luminaria, medido en watts
- Luminosidad disponible (medida en lúmenes)
- Promedio de la vida útil de diseño y restante para cada tipo de luminaria

Por otro lado, es conveniente incluir algunas de las características físicas de la zona bajo estudio o del sistema actual de iluminación que incidan en la intensidad con que se iluminan los espacios; por ejemplo, en proyectos de alumbrado público se deberá especificar si la zona es arbolada, la altura en la que se encuentran instaladas las luminarias, etc. o bien en un edificio, el color con que se encuentran pintadas las áreas interiores, si se utilizan pantallas reflejantes para potenciar la iluminación, etc.

1.1.2 Análisis de la demanda actual

La demanda es la cantidad de luminosidad que se necesita en la zona bajo estudio para la correcta funcionalidad del servicio ofrecido, por ejemplo, en las calles se necesita que el alumbrado público cumpla con cierta intensidad que permita un tránsito peatonal y vehicular continuo y seguro, o bien, en una oficina se puede demandar un cierto nivel de luminosidad para que los empleados puedan realizar sus actividades de manera adecuada. En este sentido, la determinación de la demanda consistirá en la cantidad de lúmenes necesarios para el correcto funcionamiento de la zona o área bajo estudio.

De manera complementaria, es conveniente incluir los horarios en que se utiliza el sistema de iluminación, ya que esto permitirá calcular indicadores relevantes para el análisis, tales como, la vida útil promedio, los costos de operación, mantenimiento, reemplazo, etc.

1.1.3 Interacción oferta-demanda en la situación actual y descripción de la problemática

Una vez que se han descrito la oferta y la demanda, el siguiente paso es realizar su interacción, con el objetivo de determinar la problemática que origina el presente estudio. En este sentido, lo que se busca determinar es la existencia de problemas tales como:

- “Altos” consumos de energía eléctrica y/o costos de mantenimiento
- La tecnología de iluminación ha llegado al final de su vida útil
- Descubrimiento de tecnologías más eficientes
- Existencia de déficit de luminosidad, para lo cual se requiera ampliar el sistema de iluminación²

² En general, la evaluación de un proyecto que busca satisfacer la demanda ampliando el sistema de iluminación, se hace mediante la comparación de diferentes tecnologías para seleccionar la que resulte más rentable. Por ejemplo, en el caso de un proyecto de ampliación de la red de alumbrado público, una posible alternativa es la instalación de luminarias con tecnología LED y celdas solares.

Cabe señalar, que las anteriores problemáticas no son limitativas, y que podrían existir otras que estén acorde a la situación actual planteada.

Por lo tanto, al identificarse la problemática u oportunidad de negocio presente en la situación actual, ésta se debe corroborar mediante la inclusión de información relevante que así permita sustentarlo. A continuación, se enlistan los principales conceptos que deberán considerarse:

- Consumo energético del sistema actual
- Vida útil restante y costo de reemplazo de la tecnología actualmente utilizada
- Costo de operación y mantenimiento del sistema de iluminación
- Número y porcentaje de luminarias que actualmente no operan, incluyendo el déficit en iluminación provocado por esta cuestión
- Costo social de la energía eléctrica

Este último punto enlistado es muy importante para el análisis que se esté realizando, ya que en México ciertos sectores reciben subsidios o impuestos que distorsionan el precio social de la energía eléctrica. Por lo anterior, será necesario eliminar ambas distorsiones, según sea el caso.

De acuerdo al documento “Estrategia Nacional de Energía” publicado por la Secretaría de Energía (SENER, Febrero 2010), los subsidios a los sectores doméstico y agrícola, ascienden al 58% y 71%, respectivamente sobre la tarifa cobrada. En promedio, si se consideran todos los sectores el monto del subsidio asciende al 29%.

Finalmente, en esta sección se deberá incluir toda aquella información adicional que se considere importante para el análisis.

1.2 Situación sin el PPI

La situación sin PPI es la situación actual con optimizaciones proyectada a lo largo del horizonte de evaluación, por ello, en las siguientes secciones de este apartado deberán desarrollarse los cambios que se provoquen por la implementación de las mismas.

1.2.1 Optimizaciones

El objetivo de este apartado es presentar las medidas administrativas o inversiones de bajo costo (optimizaciones), que permitan aminorar o resolver la problemática antes planteada. A continuación se enlistan las optimizaciones propuestas con mayor frecuencia:

- Uso de colores claros en interiores
- Reparación de fallas eléctricas que provoquen un mayor consumo de energía eléctrica
- Mejorar la distribución de las luminarias
- Establecer horarios en el uso del sistema de iluminación
- Instalar elementos que potencialicen la iluminación
- Limpieza de las luminarias
- Podar los árboles que impidan el paso de la luz de las luminarias
- Hacer más eficiente la tarificación

Es importante precisar que cualquier optimización propuesta debe guardar los siguientes dos criterios: que sea de bajo costo³ y que sea factible llevarla a cabo.

³ Se considera que una acción de bajo costo asciende aproximadamente a no más del 10% del costo de inversión de la mejor alternativa que resuelve o aminorar la problemática presente en la situación actual.

1.2.2 Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI

La oferta en la situación sin PPI debe reflejar la oferta descrita en la situación actual y los posibles cambios inducidos por las optimizaciones planteadas, por ejemplo, si se optó por el uso de colores claros en interiores e instalar elementos que potencialicen la iluminación, la oferta en la situación sin PPI deberá estar calculada con el incremento en luminosidad que esta medida provoca. Por ejemplo, si con las condiciones actuales el nivel de luminosidad es de 200 lúmenes, entonces con las optimizaciones se podría alcanzar un nivel de 220 lúmenes.

1.2.3 Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI

Al igual que en la oferta sin PPI, la demanda deberá modificarse siempre y cuando las optimizaciones así lo provoquen, por ejemplo, el establecimiento de horarios que minimicen el uso del sistema de iluminación provoca que la cantidad demandada por luminosidad disminuya, lo cual deberá reflejarse en este apartado.

1.2.4 Interacción oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI

En esta sección se debe establecer la problemática u oportunidad de negocio presente en la situación sin PPI. Al igual que en el apartado 1.1.3, lo que se busca es identificar problemáticas tales como:

- Altos” consumos de energía eléctrica y/o costos de mantenimiento
- La tecnología de iluminación ha llegado al final de su vida útil
- Descubrimiento de tecnologías más eficientes
- Existencia de déficit de luminosidad, para lo cual se requiera ampliar el sistema de iluminación

Una vez que se ha determinado la problemática persistente en la situación sin PPI, deberá realizarse su proyección a lo largo del horizonte de evaluación. Para este tipo de proyectos, no existe necesariamente un crecimiento en la demanda por luminosidad, ya que todo se enfoca a una zona en particular, es decir, se analiza cierto sector del alumbrado público, o bien, el sistema de iluminación de un edificio.

1.2.5 Alternativas de solución

Debido a que la presente metodología se basa en un análisis costo-eficiencia, esta sección se ha destinado para la descripción de las alternativas de solución que se tengan. Es muy importante que estas alternativas tengan las siguientes características:

- Que su ejecución sea factible en todos los términos (legal, ambiental, económica, etc.); y
- Que todas tengan los mismos beneficios. En caso de no tenerlos, se deberán agregar los costos necesarios para así hacerlo. Se hace hincapié en este punto, debido a que es la base fundamental del análisis costo-eficiencia (para poder comparar entre alternativas, éstas deberán ofrecer los mismos beneficios).

Por lo tanto, se deberán describir de manera general las dos mejores alternativas que se tengan para solucionar la problemática planteada. Es importante mencionar que, a efecto de no duplicar la descripción de la mejor alternativa, en esta sección se puede hacer referencia a que dicha descripción se hará propiamente en la sección 1.3.1 donde se realiza la descripción general del PPI, para así, no tener que repetir la misma información en ambas secciones.

Mientras tanto, para la identificación de la mejor alternativa, los datos relevantes a incluir son: costos de inversión, costos de operación y

mantenimiento, vida útil, así como el valor de rescate que podría tener cada alternativa al final del horizonte de evaluación.

Con la anterior información, se busca seleccionar la alternativa de menor costo. Para ello, el indicador relevante a utilizar es el Costo Anual Equivalente (CAE), cuya fórmula se presenta a continuación:

$$CAE = \frac{(VPC - VPR)}{\frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n}}$$

Donde “VPC” representa el valor presente de todos los costos, “VPR” es el valor presente del valor de rescate, “n” son los años de vida útil de la alternativa evaluada y “r” es la tasa social de descuento. Para calcular el horizonte de evaluación, se recomienda utilizar el cociente entre el número de horas de vida útil que tiene un determinado tipo de luminaria, entre el número de horas promedio de utilización en la zona bajo estudio; posteriormente, se deberán hacer los ajustes necesarios para convertir dicho resultado en las unidades que se deseen emplear (días, meses, años, etc.).

Al realizar la estimación del CAE de cada alternativa, la regla de decisión recae en seleccionar aquella que tenga el menor CAE.

1.3 Situación con el PPI

Una vez que se han desarrollado la situación actual y sin PPI, el siguiente paso es describir la situación con PPI, lo cual se realiza simulando que el proyecto entra en operación en un determinado momento del horizonte de evaluación considerado. Para ello, a continuación se han incluido sub-secciones que tienen el objetivo de facilitar la comprensión de lo que sería el PPI, en el caso de que éste se llevara a cabo.

Como ya se mencionó en la sección 1.2.5, es en este apartado en donde se describirá la alternativa de menor costo, seleccionada anteriormente.

1.3.1 Descripción general del PPI

- *Descripción general*

Se debe definir en qué consiste el PPI y determinar sus principales componentes.

- *Alineación estratégica*

Se debe dar una descripción de cómo el PPI contribuye a la consecución de los objetivos y estrategias establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo y los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales, así como al mecanismo de planeación al que hace referencia el artículo 34, fracción I de la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria.

- *Localización geográfica*

Se requiere de un mapa o croquis señalando la ubicación en donde se pretende llevar a cabo el PPI.

- *Calendario de actividades*

Se debe precisar el tiempo que durará la ejecución de cada uno de los componentes que integran la inversión, así como el tiempo previsto para que el PPI entre en operación.

- *Monto total de inversión del PPI*

En este punto se debe presentar el costo total de inversión del PPI. Además de esta cifra, se recomienda presentar el monto de la inversión pero sin IVA, y mencionar que ésta sería la cifra que se utilizará para la evaluación del PPI dado que el enfoque manejado en esta guía es del tipo evaluación social.

Asimismo, se recuerda que se deberán incluir todos los costos relativos a la puesta en operación del PPI, es decir, si existen ajustes por adaptación tecnológica o por otras cuestiones.

- *Fuentes de financiamiento de los recursos*

Aquí se deberá especificar la procedencia de los recursos, es decir, si serán federales, estatales, municipales, o bien, de la iniciativa privada.

- *Capacidad instalada que se tendría y su evolución en el horizonte de evaluación del PPI.*

Mencionar la cantidad y distribución del total de luminarias a instalar, es decir, la oferta con proyecto, así como su evolución en el horizonte de evaluación.

- *Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación.*

Se debe precisar el número de luminarias a instalar, su potencia eléctrica y el total de lúmenes a proveer a lo largo del horizonte de evaluación.

- *Vida útil*

La vida útil es el tiempo estimado de uso que tendrían cada uno de los componentes del proyecto. Generalmente, esta información la proporciona el fabricante de las luminarias.

- *Descripción de los aspectos técnicos, legales, ambientales, de mercado, entre otros, que tengan un impacto significativo en el resultado del proyecto*

Se deberá incluir una descripción de los aspectos más relevantes de los estudios técnicos, legales, ambientales y de mercado, la cual deberá contener los elementos que corroboren la factibilidad del PPI en cada aspecto.

Para el estudio ambiental, será conveniente estimar el costo de confinamiento y/o reciclaje que se tendrá por utilizar cierto tipo de tecnologías, ya que algunas de las tecnologías pueden contener materiales considerados peligrosos para el medio ambiente.

Otro factor importante a considerar en el estudio ambiental, es la posible reducción de emisiones contaminantes (ejemplos: Gases de Efecto Invernadero (GEI), SO_x, NO_x y partículas suspendidas) por el uso de energías eficientes. En dicho estudio se deberá comprobar de manera objetiva la cantidad de emisiones que se podrán eliminar, en caso de que el proyecto se llevara a cabo.

1.3.2 Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI

La oferta con PPI es la capacidad de luminosidad que se tendría si se llevara a cabo el PPI. Lo anterior incluye los nuevos componentes y aquellos que se seguirán utilizando aún con la entrada en operación del PPI.

Se recomienda incluir una tabla con la siguiente información:

- Tipo y número de luminarias instaladas.
- Consumo energético de cada tipo de luminaria, medido en watts
- Luminosidad disponible
- Promedio de la vida útil de diseño y restante para cada tipo de luminaria

1.3.3 Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI

Se deberá presentar la demanda por luminosidad que se tendrá en la situación con PPI. Generalmente, no se observan cambios en este rubro y se considera la misma que se describió en la situación sin PPI, sin embargo, en el caso de

que sí existieran cambios, entonces se deberán presentar los argumentos que así lo sustenten.

1.3.4 Interacción oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI

El objetivo de interactuar la oferta y la demanda con PPI es corroborar el avance que se tendría en la solución total o parcial de la problemática mostrada en la situación sin PPI. Para ello, será necesario presentar indicadores referentes al costo de operación y mantenimiento del PPI, impactos al medio ambiente que podría generar su uso y demás costos relevantes. Lo más común y recomendable es que dichos datos se presenten de manera anual.

Una vez que se tengan estos resultados, se deberán proyectar a lo largo del horizonte de evaluación, tal cual se realizó en la sección 1.2.3.

1.4 Evaluación del PPI

Para la evaluación de este tipo de PPI, a diferencia del análisis costo-beneficio utilizado en otras metodologías, sólo se identificarán, cuantificarán y valorarán los costos de la situación con PPI y sin PPI, debido al supuesto inherente al análisis costo-eficiencia, en donde se considera que ambas situaciones son rentables y generan los mismos beneficios.

1.4.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

Al tratarse de una evaluación del tipo costo-eficiencia, el objetivo de esta sección es presentar todos los costos propios de la ejecución y operación del PPI propuesto. Cabe mencionar, que pueden existir otros costos inherentes al proyecto y que no se han estimado en secciones anteriores, como pueden ser los siguientes:

- Costos de molestia: en algunos casos la ejecución u operación del PPI provoca costos de molestia a terceros, los cuales deben ser considerados como parte de la inversión.
- Costos por confinamiento o reciclaje: otros costos que pueden ser relevantes son los referentes a la disposición final de luminarias que contienen sustancias contaminantes al medio ambiente, por lo que se deberán incluir los costos relativos a este rubro.

Los costos anteriores deberán presentarse de manera anual, proyectándoles a lo largo del horizonte de evaluación.

Asimismo, se deben considerar ciertos conceptos importantes que inciden de manera contraria a los costos, como por ejemplo:

- Valor de rescate: generalmente al final del horizonte de evaluación existen componentes del proyecto que conservan cierto valor económico, por lo que deberá ser considerado para realizar el análisis correctamente.
- Ingresos por bonos de carbono relativos al monto del GEI evitados por el uso de una tecnología más eficiente: se podrían obtener ingresos por el registro del PPI en programas que involucren los bonos de carbono; sin embargo, estos ingresos sólo podrán considerarse si se sustenta que se realizarán los trámites necesarios para ello, y la probabilidad de éxito esperada.

1.4.2 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

El indicador de rentabilidad relevante para este análisis será el CAE, cuya fórmula ya fue presentada en el apartado 1.2.4.

El propósito es utilizar los costos estimados anteriormente en la situación sin PPI y aquellos de la mejor alternativa de solución que se observarían en la situación con PPI proyectados a lo largo del horizonte de evaluación, considerando sus diferentes vidas útiles, para con ello calcular el CAE. Con el CAE de cada una de ellas, simplemente se realiza un comparativo, seleccionando el de menor magnitud.

Se recuerda que la tasa social de descuento autorizada por la SHCP es del 12%.

1.4.3 Análisis de sensibilidad y riesgos

El objetivo del análisis de sensibilidad, es estimar cómo varía el indicador de rentabilidad definido anteriormente, ante el cambio de alguna variable clave. En particular, se recomienda realizar el análisis con incrementos en el monto de inversión del PPI. Para cada escenario se deberá re-calcular el CAE y presentar su comparativo con el CAE de la situación sin PPI.

Por su parte, el análisis de riesgos permite identificar y cuantificar el impacto de los principales riesgos que podrían influir sobre la rentabilidad de este tipo de PPI, así como las posibles medidas de mitigación de dichos riesgos. En particular, se deberán considerar riesgos por incompatibilidad tecnológica entre el equipo nuevo y las instalaciones existentes.

1.5 Conclusiones y recomendaciones

Finalmente, en este rubro, de acuerdo a los resultados encontrados en las secciones anteriores, se concluye si el PPI propuesto es la alternativa de menor costo que permite resolver la problemática existente en la situación sin PPI. Asimismo, se pueden emitir recomendaciones que estén relacionadas con lo visto a lo largo del estudio, es decir, se puede mencionar que sería necesario realizar un análisis más profundo para tomar una decisión, o bien, comentar algunas cuestiones que se consideren importantes ante la ejecución del PPI.

1.6 Otros puntos importantes a considerar

El contenido teórico de esta guía metodológica se encuentra comprendido hasta el punto 1.5, sin embargo, existen preguntas que este Centro considera importantes a tratar, tales como:

- *¿Cómo inciden los subsidios a la energía eléctrica en la decisión de cambiar una tecnología de alto consumo de energía eléctrica, por una que no lo es?*

Debido a que en México existen subsidios a las tarifas eléctricas que pagan ciertos sectores (agrícola y residencial), se provoca una distorsión negativa en el comparativo entre tecnologías eficientes en el uso de energía eléctrica y las que no lo son. En este sentido, los actuales subsidios provocan que los usuarios de tecnologías como lámparas incandescentes tengan menos incentivos a cambiarse al uso de lámparas fluorescentes. Sin embargo, es importante aclarar que la evaluación de este tipo de PPI debe hacerse con base en la valoración del costo marginal social de la producción de energía eléctrica porque con el PPI se requiere producir menos energía para proveer la misma cantidad de lúmenes.

- *¿Es correcto cuantificar y valorar el beneficio por disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, por medio del precio internacional de los bonos de carbono?*

Generalmente, en proyectos que reducen las emisiones de GEI se considera como beneficio la supuesta entrada de divisas por el hecho de vender bonos de carbono en el mercado internacional, sin embargo, esto no puede ser considerado si no se fundamenta que existe una metodología aprobada para la inscripción del PPI en este programa, si no se incluyen los costos que implica dicha inscripción, así como la probabilidad de éxito del proceso. Adicionalmente, se debe considerar que el programa tiene cierta vigencia, por

lo que no sería correcto considerar que dicho beneficio se recibirá a lo largo del horizonte de evaluación del PPI.

- *¿Cuándo es el momento óptimo para llevar a cabo un proyecto de este tipo? Es decir, ¿conviene esperar al fin de la vida útil de la tecnología actual para hacer el cambio de luminarias o conviene más hacer el cambio de forma inmediata?*

En este tipo de proyectos es importante identificar el momento óptimo de inversión en relación a la conveniencia de postergar dicha erogación hasta el final de la vida útil de la tecnología actual. Lo anterior, debido a que es probable que resulte más rentable invertir en años posteriores si el costo de oportunidad de la inversión es mayor que el ahorro anual en costos de operación y mantenimiento que se observaría entre la situación sin y con proyecto.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE UN PROYECTO DE CAMBIO DE LUMINARIAS

El objetivo de este capítulo es evaluar un proyecto de cambio de luminarias de un edificio del sector público, con el fin de presentar un ejemplo práctico que sirva para la elaboración de proyectos relacionados; cabe señalar, que debe tenerse cuidado con el uso de la información incluida en este documento, ya que ésta debe ser considerada como una guía en la evaluación de proyectos de este tipo, y no se recomienda replicarla para todos los casos que se pudieran presentar, ya que cada proyecto tiene características particulares que deberán ser atendidas como tal.

El análisis que se utilizará para evaluar este proyecto será del tipo costo-eficiencia, siguiendo el proceso del documento “Metodología General para la Evaluación de Proyectos” publicado por el CEPEP en el año 2008, aplicando la parte metodológica descrita en el capítulo anterior. En términos generales, se desarrollarán las situaciones actual, sin PPI y con PPI, con lo cual se podrá realizar una evaluación que determinará la rentabilidad del proyecto propuesto y posteriormente, concluir si es conveniente o no llevarlo a cabo.

2.1 Situación actual

Como ya se mencionó en la parte metodológica de este documento, el propósito de esta situación es describir las condiciones actuales de la zona que se desea analizar. Para realizarlo se desarrollarán la oferta y la demanda actuales, con las que se podrá determinar cuál es la problemática a resolver, o bien, si existe alguna oportunidad de negocio por aprovechar (a partir de la interacción entre la oferta y la demanda).

2.1.1 Análisis de la oferta actual

El primer punto en esta sección es la localización de la zona bajo estudio, de modo que en el presente ejemplo se supondrá que su delimitación está comprendida por el terreno y área de construcción de un edificio de cierta

Secretaría del Gobierno Federal. Para completar lo antes mencionado, se recomienda añadir un mapa con la ubicación específica del inmueble.

Continuando con la descripción de la oferta, se verificó que para la iluminación de este edificio se utiliza una tecnología de lámparas incandescentes de 60 watts y 820 lúmenes (lm), las cuales se distribuyen de tal manera que se maximiza el área iluminada. En el cuadro 2.1, se establecen las características principales de este tipo de lámparas, mientras que en el cuadro 2.2 se detalla el número de lámparas, su capacidad luminosa, así como el área en donde se localizan.

Cuadro 2.1 Características de las lámparas incandescentes

Características	Por lámpara incandescente
Luminosidad (lm)	820
Consumo de energía (watts/hora)	60
Vida útil (horas)	1,000
Precio (\$ SIN IVA)	4.20
Costo de reciclaje (\$) ^{1/}	0

^{1/} Se considera un costo de reciclaje de cero pesos, debido a que no se encontró que sus materiales ocasionaran un daño a la salud al desecharlos.

Fuente: Elaboración propia con base en: "Catálogo General de Lámparas (2010-2011), PHILIPS México", y "<http://www.tecnologialed.com.mx>".

Cuadro 2.2 Oferta de luminosidad en la situación actual, 2012

Área	Número de lámparas	Capacidad en lúmenes (lm)
Oficinas	59	48,380
Otras zonas interiores	24	19,680
Zonas exteriores	112	91,840
Total	195	159,900

Fuente: La elaboración de este cuadro deberá estar basado en un levantamiento realizado en trabajo de campo, o bien, con la información de los inventarios más recientes elaborados por la dependencia.

Para calcular la capacidad de luminosidad medida en lúmenes, se estimó que una lámpara incandescente de 60 watts irradia 820 lúmenes⁴, por ejemplo, si el

⁴ Catálogo General de Lámparas, PHILIPS, 2010

área de oficinas cuenta con 59 focos, entonces la capacidad de luminosidad disponible es de 48,380 lm (59 lámparas x 820 lúmenes = 48,380 lúmenes).

De acuerdo con el productor de estas lámparas, la vida útil promedio de fabricación es de 1,000 horas, y según el área de recursos materiales, las actuales lámparas se han utilizado aproximadamente la mitad de su vida útil.

Adicionalmente, en trabajo de campo se detectó que el 25% de las lámparas de las áreas de oficinas (excluyendo zonas interiores y exteriores) son utilizadas de manera ineficiente, ya que alumbran zonas que no requieren iluminación todo el día, sin embargo, se encuentran encendidas más tiempo del necesario debido a que están interconectadas mediante un solo interruptor a otras lámparas que se utilizan todo el día.

2.1.2 Análisis de la demanda actual

Para este caso, la demanda por luminosidad será aquella ejercida por los funcionarios públicos que laboran en el edificio analizado. En este sentido, se observó que las instalaciones cuentan con suficiente luminosidad para atender la demanda en los espacios en cuestión. Por lo tanto, en el presente caso se determinó que en la situación actual no existe déficit y la demanda es igual a la oferta, es decir, se demandan un total 159,900 lúmenes⁵.

Además, se consideraron las siguientes especificidades de la demanda:

- Con base en trabajo de campo se observó que las áreas de oficinas se iluminan sólo de lunes a viernes durante 10 horas diariamente, esto quiere decir, que a la semana el sistema de iluminación en esta zona se utiliza 50 horas.
- En cuanto a las zonas interiores y exteriores se observó lo siguiente: Las zonas interiores se utilizan 14 horas diarias de lunes a viernes, mientras

⁵ De manera general, se considera que para el caso de las áreas de oficinas, por cada 5 m² se necesita una lámpara que proporcione 820 lm.

que los sábados y domingos, sólo el 12.50% de las lámparas instaladas para esta área son utilizadas durante 10 horas. Por su parte, las zonas exteriores tienen un uso de 10 horas durante toda la semana, sólo que sábados y domingos el 50% de los focos permanece apagado.

2.1.3 Interacción oferta-demanda en la situación actual y descripción de la problemática

De acuerdo al objetivo de esta sección, el cual consiste en determinar alguna problemática u oportunidad de negocio presente en la situación actual, a continuación se detallarán variables como el consumo energético del actual sistema de iluminación (ver cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 Consumo y costo energético del sistema de iluminación, situación actual 2012

Área	Número de lámparas	Promedio de horas utilizadas a la semana	Consumo energético al año (Kwh)	Costo energético al año (\$)
Oficinas	59	50	9,204	27,124
Otras zonas interiores	24	72.50	5,429	15,999
Zonas exteriores	112	60	20,966	61,788
Total	195		35,599	104,911

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados en trabajo de campo.

La tarifa que se utilizó para calcular el costo energético es la tarifa número 2 para servicios en baja tensión, publicada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2012). Dicha tarifa, a junio de 2012, asciende a 2.947 \$/Kwh⁶ y se corroboró que no tuviera subsidios o impuestos.

A continuación se considerará el caso del área de oficinas para ejemplificar los cálculos realizados en el cuadro 2.3. Se multiplicó el número de lámparas por su consumo energético por hora en watts, por el número de horas utilizadas a la semana, por el número de semanas al año (52) y se divide entre 1,000 (conversión a Kwh). Con lo anterior, y la tarifa promedio antes presentada, se estimó el costo energético al año, que para el caso de las oficinas es de

⁶ www.cfe.gob.mx

\$27,124 ((59 lámparas x 60 w/h x 50 hrs/semana x 52 semanas/año x 2.947 pesos/kwh)/1000 = 27,124 pesos). Las cifras presentadas del costo energético fueron redondeadas, por lo que algunos cálculos no coincidirán exactamente.

Respecto a los costos de mantenimiento se considera que no son relevantes para el análisis, ya que su monto es relativamente bajo pues en la práctica se acostumbra instalar las lámparas y reemplazarlas hasta que dejan de funcionar, sin necesidad de darles algún tipo de mantenimiento mientras tanto.

Con lo anterior, y con los datos presentados en las secciones de oferta y demanda, se pueden detectar dos cuestiones:

- Por un lado, existe la problemática de que el 25% de las lámparas en las áreas de oficina no minimizan el costo de iluminación, debido a que están encendidas más horas de las necesarias, ya que se encuentran interconectadas mediante un solo interruptor a otras lámparas que sí se utilizan todo el día, provocando un gasto innecesario de energía al iluminar áreas que no lo requieren.
- Por otro lado, se considera que el consumo de energía eléctrica es “alto”, y se sabe que existen otras tecnologías que permitirían mejorar esta situación, por ello, se observa que existe una oportunidad de obtener ahorros en el uso de energía eléctrica. En este sentido, el proyecto se cataloga como de eficiencia energética ya que con un menor consumo de energía se estarán satisfaciendo los requerimientos o la demanda de iluminación.

2.2 Situación sin el PPI

2.2.1 Optimizaciones

De acuerdo a la situación actual presentada, la optimización que se propone es la creación de diversos circuitos de alumbrado, cada uno controlado con su respectivo interruptor; esta optimización tiene el objetivo de inducir un ahorro

en el consumo de energía eléctrica, ya que de esta manera se dejarán de iluminar zonas que no lo requieren. Con lo anterior, se estima que el consumo de energía del 25% de las lámparas en las áreas de oficina se reducirá en un 40%, es decir, dichas lámparas se utilizarían únicamente 30 horas y ya no 50 como sucede en la situación actual. A partir de este cambio, se observará entonces que, en promedio, el consumo total de energía de las áreas de oficina, se reduciría en un 10% en la situación sin PPI respecto de la situación actual.

2.2.2 Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI

De acuerdo con la optimización propuesta, la oferta de luminosidad no tiene modificación alguna, por lo que se considera igual que en la situación actual.

2.2.3 Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI

También la demanda permanecerá igual que en la situación actual, el único cambio que se presentará será en el número de horas que se utilizan las lámparas, cuyo impacto se presentará en la sección de interacción oferta-demanda.

2.2.4 Interacción oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación sin el PPI

A continuación, en el cuadro 2.4 se presentan los resultados del costo anual energético, incluyendo la optimización planteada.

Cuadro 2.4 Consumo y costo energético del sistema de iluminación, situación sin PPI

Área	Número de lámparas	Promedio de horas utilizadas a la semana	Consumo energético al año (Kwh)	Costo energético al año (\$)
Oficinas	59	45	8,284	24,412
Otras zonas interiores	24	72.50	5,429	15,999
Zonas exteriores	112	60	20,966	61,788
Total	195		34,679	102,199

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados en trabajo de campo.

Los cálculos del cuadro 2.4 se realizaron de la misma manera que los presentados en el cuadro 2.3, excepto por el ahorro del 10% en el costo energético de las áreas de oficinas. A partir de esto, también se puede calcular la utilización promedio diaria del total de las lámparas, la cuál es de 8.14 horas⁷ y con la vida útil de diseño, se calculó que las lámparas fluorescentes tienen un horizonte de evaluación de 0.34 años (1,000 horas / 8.14 horas/día / 365 días/año = 0.34 años).

Para realizar la proyección a lo largo del horizonte de evaluación se considerará que los costos permanecen constantes a través del tiempo, ya que no se espera que se abran nuevas áreas y que por consiguiente, que existan ampliaciones en el inmueble. Por lo tanto, se considerará que el costo anual energético asciende a 102,199 pesos.

En resumen, la problemática que persiste en la situación actual y sin PPI es el “alto” consumo de energía eléctrica, por lo que se considera que es factible encontrar otras tecnologías de luminosidad que tengan mayor eficiencia y reduzcan costos.

2.2.5 Alternativas de solución

Dentro del análisis que se realizó para dar solución a la problemática planteada, se encontraron dos alternativas tecnológicas: LED y Fluorescente. Para determinar cuál de las dos era la más conveniente, se estimaron sus respectivos Costos Anuales Equivalentes (CAE), y se concluyó que la tecnología fluorescente era la opción de menor costo. Los cálculos de dichos indicadores se encuentran en la sección 2.4 Evaluación del PPI, para el caso de las lámparas fluorescentes, y en el Anexo I para el caso de las lámparas LED, al igual que la comparación entre ambas.

⁷ Para calcular la utilización promedio diaria se sumó el producto total del número de horas que se utiliza cada tipo de lámpara a la semana, por su respectivo número de lámparas, y se dividió por el total de lámparas utilizadas y a su vez, por los 7 días de la semana (11,115 horas/semana / 195 lámparas / 7 días/semana = 8.14 horas/día).

2.3 Situación con el PPI

2.3.1 Descripción general del PPI

- *Descripción general*

En términos generales, el proyecto consiste en el reemplazo de las actuales lámparas incandescentes de 60 w, 820 lm y 1,000 horas de vida útil, por lámparas del tipo fluorescente con capacidad de iluminación semejante (900 lm), pero con un consumo energético por hora de 15 w y 10,000 horas de vida útil.

- *Alineación estratégica*

El presente proyecto pretende contribuir al logro del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, particularmente a través del Eje 2. “Economía competitiva y generadora de empleos”, Rubro “Infraestructura para el desarrollo”, Tema 2.11 “Energía: electricidad e Hidrocarburos”, Objetivo 15 “Asegurar un suministro confiable, de calidad y a precios competitivos de los insumos energéticos que demandan los consumidores”, Subtema “Energías Renovables y Eficiencia Energética” Estrategia 15.13 “Promover el uso eficiente de la energía para que el país se desarrolle de manera sustentable, a través de la adopción de tecnologías que ofrezcan mayor eficiencia energética y ahorros a los consumidores”.

- *Localización geográfica*

La localización del proyecto será en las instalaciones del inmueble analizado en este estudio.

- *Calendario de actividades*

En general, el tiempo de reemplazo de las lámparas se considera instantáneo, ya que en un mismo día se puede realizar el cambio de todas las luminarias.

- *Monto total de inversión del PPI*

El monto total de la inversión asciende a 7,703 pesos, ya que se estimó en trabajo de campo que el costo promedio de las lámparas fluorescentes es de 39.50 pesos (sin IVA) por unidad.

- *Fuentes de financiamiento de los recursos*

El monto total de inversión será financiado con recursos federales.

- *Capacidad instalada que se tendría y su evolución en el horizonte de evaluación del PPI.*

Se instalarían un total de 195 lámparas, distribuidas en las zonas de oficinas, otras zonas interiores y las zonas exteriores. La instalación de la totalidad de las lámparas se llevaría a cabo en un día.

- *Metas anuales y totales de producción de bienes y servicios cuantificadas en el horizonte de evaluación.*

Se instalarán 195 lámparas de 15 w de potencia eléctrica cada una, con las cuales se proveerán un total de 175,500 lúmenes a lo largo de todo el horizonte de evaluación.

- *Vida útil*

Para calcular del horizonte de evaluación se consideró que la utilización promedio diaria de cada lámpara es de 8.14 horas. A partir de esto, y con la vida útil de diseño, se calculó que las lámparas fluorescentes tienen un horizonte de evaluación de 3.36 años ($10,000 \text{ horas} / 8.14 \text{ horas/día} / 365 \text{ días/año} = 3.36 \text{ años}$). Por tanto, se estima que la vida útil del proyecto es de 3.36 años, lo cual considera 1 día de inversión (instalación) y el resto del tiempo son los años de operación.

- Descripción de los aspectos más relevantes de los estudios utilizados

Para este ejemplo en particular, se considera que el proyecto es factible desde el punto de vista legal y técnico. Por otro lado, el proyecto es factible ambientalmente, con la condición de que se tome en cuenta el confinamiento y reciclaje de los materiales peligrosos al final de su vida útil. Cabe aclarar que no se realizaría la tramitación de bonos de carbono.

2.3.2 Análisis de la oferta a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI

La oferta con PPI estaría comprendida por las 195 lámparas fluorescentes, que cumplen con las características establecidas en el cuadro 2.5, las cuales tienen la capacidad de luminosidad presentada en el cuadro 2.6⁸.

Cuadro 2.5 Características de las lámparas fluorescentes

Características	Por lámpara fluorescente
Luminosidad (lm)	900
Consumo de energía (watts/hora)	15
Vida útil (horas)	10,000
Precio (\$ SIN IVA)	39.50
Costo de confinamiento (\$)	7.63 ^{1/}

^{1/} www.iluminet.com.mx, ¿Qué hacer con los tubos fluorescentes de desperdicio?

Fuente: Elaboración propia con base en: "Catálogo General de Lámparas (2010-2011), PHILIPS México", y "http://www.tecnologialed.com.mx".

Cuadro 2.6 Oferta de luminosidad en la situación con PPI, 2012

Área	Número de lámparas	Capacidad en lúmenes (lm)
Director general	59	53,100
Zonas interiores	24	21,600
Zonas exteriores	112	100,800
Total	195	175,500

Fuente: La elaboración de este cuadro deberá estar basada en un levantamiento realizado en trabajo de campo.

⁸ Cabe señalar que aunque esta tecnología tiene una mayor capacidad de iluminación (900 lm vs 820 lm), se puede realizar el comparativo con las lámparas incandescentes, ya que las lámparas fluorescentes son de menor costo y presentan mayores beneficios.

2.3.3 Análisis de la demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI

La demanda en la situación con PPI no se modificaría, por lo que continuaría siendo igual que la presentada en la situación sin PPI.

2.3.4 Interacción oferta-demanda a lo largo del horizonte de evaluación con el PPI

Finalmente, en esta sección se presentarán los costos por consumo de energía eléctrica para la situación con PPI. En el cuadro 2.7, se muestra esta información.

Cuadro 2.7 Consumo y costo energético del sistema de iluminación, situación con PPI

Área	Número de lámparas	Promedio de horas utilizadas a la semana	Consumo energético al año (Kwh)	Costo energético al año (\$)
Oficinas	59	45	2,071	6,103
Otras zonas interiores	24	72.50	1,357	4,000
Zonas exteriores	112	60	5,242	15,447
Total	195		8,670	25,550

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados en trabajo de campo.

Como se observa, el costo anual energético tiene una reducción en relación al presentado en la situación sin PPI. Por lo anterior, el siguiente paso para verificar si esta reducción es suficiente para decidir el cambio de tecnología, es evaluar el PPI con sus costos de inversión y operación.

2.4 Evaluación del PPI

Una vez descritas la situación sin PPI y con PPI, el objetivo de esta sección es determinar si la alternativa propuesta es más conveniente que la tecnología actualmente utilizada, para ello, a continuación se calcula el CAE de las lámparas incandescentes y se compara con el CAE de las lámparas fluorescentes.

2.4.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

A continuación, en el cuadro 2.8, se establecen los principales costos tanto para las lámparas incandescentes (situación sin PPI) como para las fluorescentes (situación con PPI):

Cuadro 2.8 Costos sin y con PPI (\$ sin IVA).

Concepto	Fluorescentes (situación con PPI)	Incandescentes (situación sin PPI)
Costo de inversión (\$)	7,703	819
Costo energético al año (\$)	25,550	102,199
Costo de confinamiento (\$)	1,488	-

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados en trabajo de campo.

Con base en dichos costos, las características de cada tipo de lámpara (véase cuadros 2.1 y 2.5) y los niveles de consumo y costos energéticos sin y con PPI (véase cuadros 2.4 y 2.7), se podrá realizar el cálculo del indicador de rentabilidad relevante para la evaluación del presente proyecto.

2.4.2 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Como ya se mencionó anteriormente, el indicador relevante para la evaluación del presente proyecto es el CAE. Así pues, a continuación se muestran los cálculos efectuados para poder identificar si es conveniente o no llevar a cabo el PPI:

CAE Lámparas Incandescentes

$$VPC^9 = 4.2 \times 195 = 819$$

$$CAE_{\text{INCANDESCENTES}} = \frac{819}{\frac{1}{0.12} - \frac{1}{0.12 * 1.12^{0.34}}} + 102,199 = 104,826 \text{ pesos}^{10}$$

⁹ Valor presente de los costos.

¹⁰ Es conveniente señalar que los costos por energía eléctrica están sumados hasta el final debido a que ya son anuales, por lo que existe un ahorro en el número de cálculos a realizar.

CAE Lámparas fluorescentes

$$VPC = 39.5 \times 195 + \frac{7.63 \times 195}{1.12^{3.36}} = 8,719$$

$$CAE_{\text{FLUORESCENTES}} = \frac{8,719}{\frac{1}{0.12} - \frac{1}{0.12 \times 1.12^{3.36}}} + 25,550 = 28,850 \text{ pesos}$$

Como se observa, el $CAE_{\text{FLUORESCENTES}}$, asciende a 28,850, mientras que el $CAE_{\text{INCANDESCENTES}}$ es de 104,826, por lo que la mejor alternativa que permite maximizar los ahorros por costos de energía son las lámparas fluorescentes.

2.4.3 Análisis de sensibilidad y riesgos

Si bien es posible plantear el cambio en el indicador de rentabilidad por concepto de un aumento o disminución en la tarifa de la energía eléctrica, o por un cambio sustancial en los costos de inversión, en el caso del presente ejemplo se considera que no existen riesgos creíbles que pudieran afectar la rentabilidad del proyecto.

2.5 Conclusiones y recomendaciones

La conclusión de este estudio es que las lámparas fluorescentes son las más convenientes para sustituir las lámparas incandescentes, ya que presentan costos menores a través del tiempo. Cabe señalar, que dicha conclusión está fundamentada en el análisis de costos de cada alternativa analizada.

BIBLIOGRAFÍA

Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), 2008, “Metodología general para la evaluación de proyectos” [disponible en línea:] <<http://www.cepep.gob.mx/materiales.html>>

Iluminet, ¿Qué hacer con los tubos fluorescentes de desperdicio? 4 de diciembre de 2008.

Estrategia Nacional de Energía, SENER, Febrero 2010

Lámparas ahorradoras de energía, PROFECO, 2007.

Phillips Lighting México, Catálogo General de Lámparas, 2010-2011.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), 2012, “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión”, DOF, 27 de abril de 2012.

ANEXO I COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS: FLUORESCENTE VS LED

Como se mencionó en la sección 2.2.4, se identificaron dos alternativas tecnológicas a las luminarias incandescentes, que son las LED y las fluorescentes. La descripción de las características de las fluorescentes, así como sus costos e indicador de rentabilidad, se desarrollan a lo largo del capítulo II, particularmente en las secciones 2.3 y 2.4. Mientras tanto, a continuación se trata lo referente a la tecnología LED para posteriormente poder comparar ambas alternativas y seleccionar la más conveniente.

En el cuadro Al.1 se describen las características más importantes de las lámparas LED, mientras que en el cuadro Al.2 se establecen los costos anuales por consumo de energía eléctrica de las lámparas LED.

Cuadro Al.1 Características de las lámparas LED

Características	Por lámpara LED
Luminosidad (lm)	472
Consumo de energía (watts/hora)	5.80
Vida útil (horas)	50,000
Precio (\$) SIN IVA)	1,100
Horizonte de evaluación (años)	16.82 ^{1/}
Costo de reciclaje (\$)	7.63 ^{2/}

^{1/} Para calcular el horizonte de evaluación se consideró que la utilización promedio diaria de cada lámpara es de 8.14 horas. A partir de esto, y con la vida útil de diseño, se calculó que las lámparas LED tienen un horizonte de evaluación de 16.82 años (50,000 horas / 8.14 horas/día / 365 días/año).

^{2/} Dado que no se encontró información respecto del costo de reciclaje de las lámparas LED, se utilizó como dato indicativo el correspondiente al costo de confinamiento de las lámparas fluorescentes; www.iluminet.com.mx, ¿Qué hacer con los tubos fluorescentes de desperdicio?

Fuente: Elaboración propia con base en: “Catálogo General de Lámparas (2010-2011), PHILIPS México”, y “<http://www.tecnologialed.com.mx>”.

Cuadro AI.2 Consumo y costo energético del sistema de iluminación con tecnología de lámparas LED

Área	Número de lámparas	Promedio de horas utilizadas a la semana	Consumo energético al año (Kwh)	Costo energético al año (\$)
Oficinas	118	45	1,601	4,720
Otras zonas interiores	48	72.50	1,050	3,093
Zonas exteriores	224	60	4,054	11,946
Total	390		6,705	19,758

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados en trabajo de campo.

Ahora bien, para poder realizar un análisis comparativo entre las tecnologías LED y fluorescente, es necesario que se cumplan dos condiciones: la primera es que cada alternativa deberá proporcionar un beneficio igual o semejante a la otra, y la segunda es que se incluyan todos los costos relevantes de cada una de ellas.

Para este caso, los costos son los de inversión, de operación y el de confinamiento o reciclaje (dependiendo del tipo de material) ya que estas tecnologías contienen materiales que son nocivos para la salud, por lo que al final de su vida útil no pueden ser dispuestos como basura en general. Por otro lado, es conveniente señalar, que para poder hacer comparables las alternativas seleccionadas, se están considerando dos lámparas LED por cada lámpara fluorescente, ya que con ello se consigue una iluminación semejante (944 lm vs 900 lm). A continuación, en el cuadro AI.3 se establecen los principales costos de dicha tecnología.

Cuadro AI.3 Costos de la alternativa LED (\$ sin IVA)

Concepto	LED
Costo de inversión (\$)	429,000
Costo energético al año (\$)	19,758
Costo de confinamiento (\$)	442

Fuente: Elaboración propia con base en los datos recabados en trabajo de campo.

CAE Lámparas LED

$$VPC = 1,100 \times 390 + \frac{7.63 \times 390}{1.12^{16.82}} = 429,442$$

$$CAE_{LED} = \frac{429,442}{\frac{1}{0.12} - \frac{1}{0.12 * 1.12^{16.82}}} + 19,758 = 80,285 \text{ pesos}^{11}$$

Así pues, recordando el $CAE_{FLUORESCENTES}$, éste asciende a 28,850, mientras que el CAE_{LED} es de 80,285, por lo que la alternativa más conveniente desde el punto de vista de los costos son las lámparas fluorescentes.

¹¹ Es conveniente señalar que los costos por energía eléctrica están sumados hasta el final debido a que ya son anuales, por lo que existe un ahorro en el número de cálculos a realizar.