

# ESTUDIO DE CASOS DE MODELOS DE NEGOCIO INNOVADORES Y EXITOSOS QUE PERMITAN A CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE ADOPTAR TECNOLOGÍAS EFICIENTES EN ALUMBRADO PÚBLICO

FUNDACIÓN BARILOCHE

Manual de Usuario – Herramienta EVAP

16 de Mayo 2018



**ECONOLER**

## ABREVIATURAS

|                    |  |
|--------------------|--|
| AP                 | Alumbrado público                            |
| BID                | Banco Interamericano de Desarrollo           |
| CLTC               | <i>California Lighting Technology Center</i> |
| CO <sub>2</sub> e  | Dióxido de carbono equivalente               |
| EE                 | Eficiencia Energética                        |
| EVAP               | Evaluación Alumbrado Público                 |
| KW                 | Kilo Watt                                    |
| KWh                | Kilo Watt hora                               |
| LED                | <i>Light-Emitting Diode</i>                  |
| Lm                 | Lumen  |
| MWh                | Mega Watt hora                               |
| O&M                | Operación y Mantenimiento                    |
| PRI                | Periodo de Retorno de la Inversión           |
| tCO <sub>2</sub> e | Periodo de Retorno de la Inversión           |
| TIR                | Tasa Interna de Retorno                      |
| USD                | Dólares Americanos                           |
| VPN                | Valor Presente Neto                          |

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                  | <b>4</b>  |
| <b>1 MÓDULOS DE ENTRADA DE DATOS</b> ..... | <b>6</b>  |
| <b>1.1 Información básica</b> .....        | <b>6</b>  |
| <b>1.2 Inventario</b> .....                | <b>6</b>  |
| 1.2.1 Glosario .....                       | 6         |
| <b>1.3 Parámetros y suposiciones</b> ..... | <b>7</b>  |
| 1.3.1 Glosario .....                       | 7         |
| <b>1.4 Diseño del proyecto</b> .....       | <b>8</b>  |
| 1.4.1 Glosario .....                       | 9         |
| <b>2 MÓDULOS DE RESULTADOS</b> .....       | <b>11</b> |
| <b>2.1 Ahorro de electricidad</b> .....    | <b>11</b> |
| 2.1.1 Glosario .....                       | 11        |
| <b>2.2 Operación y mantenimiento</b> ..... | <b>11</b> |
| 2.2.1 Glosario .....                       | 12        |
| <b>2.3 Análisis financiero</b> .....       | <b>12</b> |
| 2.3.1 Glosario .....                       | 12        |
| <b>3 RESUMEN</b> .....                     | <b>14</b> |

## INTRODUCCIÓN

La herramienta digital (EVAP) desarrollada en el marco del proyecto “Mecanismos y Redes de Transferencia de Tecnologías Relacionadas con el Cambio Climático en América Latina y el Caribe”, tiene como objetivo realizar una evaluación financiera simplificada de proyectos de mejoramiento de eficiencia energética (EE) en Alumbrado público (AP), desde el punto de vista de un municipio. Para ello, el usuario define los parámetros del caso base así como los parámetros (tecnologías, horas de uso, etc.) para el caso alternativo (caso con proyecto de EE).

La herramienta permite así visualizar resultados técnicos (energía eléctrica ahorrada, emisiones de CO<sub>2</sub>eq evitadas, reducción de la demanda, etc.) y financieros (inversión total, ahorros anuales, Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Retorno de la Inversión (PRI), etc.) del proyecto de EE en AP según definido por el usuario. Esta herramienta fue desarrollada con base en el software Microsoft Excel, por ser de fácil acceso y simple en su manejo.

La herramienta permitirá al usuario:

- › Realizar un inventario detallado del alumbrado público existente.
- › Modificar parámetros técnicos (funcionamiento de horas por día, vida útil media, eficacia luminosa media, factor de emisión de red, etc.) y parámetros financieros (Precio de venta de electricidad para alumbrado público, aumento anual de la tarifa de electricidad, precio de luminarias, costos de diseño de ingeniería, costo de mantenimiento e instalación, etc.)
- › Definir variables de técnicas (número de años para implementar el proyecto, porcentaje de luminarias reemplazadas, etc.) y financieras (porcentaje de financiación, tasa de interés de la deuda, periodo de análisis financiero, etc.) para el diseño del proyecto.
- › Obtener las cifras de ahorro de energía eléctrica anual, reducción de emisiones, costos de reemplazo de las luminarias, costos y ahorros en O & M.
- › Visualizar la inversión del proyecto, depreciación, O & M, servicio de deuda, ingresos, flujos de caja e indicadores de rentabilidad, entre otros.

La herramienta está compuesta de 8 módulos diferentes. Los módulos 1.1 a 1.4 contienen diferentes parámetros de entrada, mientras los módulos 2.1 a 3.1 contienen los parámetros de salida.

Este manual explica cómo usar la herramienta y provee la definición de los términos usados en la aplicación.



*A lo largo del documento, Usted verá este símbolo. Al hacer click sobre él, EVAP le dará información adicional sobre esta casilla/ítem.*

### Consideraciones adicionales

- Esta herramienta genera estimaciones del costo y el retorno de la inversión para proyectos EE en sistemas de AP.
- Los resultados de esta herramienta deben usarse sólo como una indicación inicial del análisis financiero del proyecto; los resultados no deben utilizarse para otorgar la aprobación final a un proyecto sin una revisión intensiva de todas las suposiciones.
- Esta herramienta no está diseñada para ser usada como elemento de dimensionamiento técnico de programas de recambio.
- Esta herramienta está diseñada con datos y suposiciones de una variedad de fuentes que se consideran una representación razonable de los costos en el momento de la publicación.
- Todas las variables y los resultados son calculados antes de los impuestos y sin inflación.
- El período de análisis del proyecto no puede superar el período de vida útil de la luminaria LED. El usuario no podrá elegir un período de análisis superior a 20 años, período que corresponde aproximadamente a la vida útil de la luminaria LED.
- Esta herramienta incluye solamente un análisis financiero simplificado y no incluye un análisis económico.
- Esta herramienta permite definir en el inventario las tecnologías existentes más usadas en el mercado. Las tecnologías menos usadas (como fluorescente e inducción) no son incluidas.
- Esta herramienta no considera beneficios monetarios adicionales que podrían derivarse del ahorro en demanda asociada a la reducción de potencia de proyecto de EE en AP. En caso de que la legislación/condiciones contractuales/pliego tarifario incluya un cargo por demanda (KW), el nivel total de ahorros monetarios debe ser recalculado.
- De la misma manera, esta herramienta no considera ahorros adicionales asociados a mejoras en el factor de potencia. En caso de que la legislación/condiciones contractuales/pliego tarifario incluya un cargo por factor de potencia, el nivel total de ahorros monetarios debe ser recalculado.
- Esta herramienta no considera beneficios monetarios que podrían derivarse de la mejora en los niveles de iluminación. La línea base, presupone que los niveles de iluminación existentes cumplen los mínimos requeridos por la legislación o las buenas prácticas internacionales. Esta suposición debe ser validada por el usuario para determinar adecuadamente la potencia de reemplazo requerida.
- Por último, se deja constancia que ni Fundación Bariloche ni Econoler son responsables por el mal uso de esta herramienta.

# 1 MÓDULOS DE ENTRADA DE DATOS

## 1.1 Información básica

En este módulo el usuario debe ingresar el nombre de la ciudad y el país donde se desarrollará el proyecto.

En este módulo, igualmente se define la moneda utilizada por la herramienta. Por defecto la moneda establecida es el dólar estadounidense (USD) con el fin de simplificar los cálculos, ya que la herramienta será usada en diferentes países.

## 1.2 Inventario

Este módulo fue diseñado con el fin de definir en forma detallada la composición del alumbrado público existente (caso base).

Para ingresar los datos de este módulo el usuario debe disponer de:

- › Tipo de tecnología de la luminaria (vapor de sodio de alta presión, vapor de sodio de baja presión, vapor de mercurio o halogenuro metálico).
- › Potencia nominal de la luminaria.
- › Potencia nominal de la luminaria incluida la del balasto.
- › Numero de luminarias que corresponden a cada potencia nominal.

Los valores que se encuentran en la tabla izquierda de la columna, son los valores de potencia nominal más usados en el mercado, sin embargo el usuario puede modificarlos en la tabla de la derecha según su conveniencia.

Nota: Los valores restantes serán calculados por defecto.

### 1.2.1 Glosario

**Balasto:** Es un dispositivo usado con una lámpara de descarga para obtener el voltaje, la corriente o la forma de onda necesaria para encender y operar la lámpara.

**Driver:** Dispositivo que controla la corriente entregada al módulo o luminaria LED.

**Lámpara:** Dispositivo que produce luz.

**Lámpara de vapor de mercurio:** Esta constituida de una envoltura exterior y de una envoltura interior. La envoltura interior consiste de un tubo de descarga que contiene gases de argón y de mercurio. La envoltura exterior sirve de protección a la envoltura interior.

**Lámpara de vapor de sodio de alta presión:** Tiene un tubo de descarga de cerámica translúcida y dos electrodos en los extremos para suministrar la tensión eléctrica para encender el vapor de sodio.

**Lámpara de vapor de sodio de baja presión:** Tiene un tubo de descarga en el cual la luz se produce por la descarga directa del sodio.

**Lámpara halogenuro metálico:** Consiste en un tubo hecho de cuarzo o cerámica dentro de un sobre exterior o foco.

**Luminaria LED:** Luminaria a base de tecnología de diodos también conocido por la sigla LED del inglés *light-emitting diode*, que consiste en una superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz cuando circula por la corriente eléctrica.

**Luminaria:** Es una unidad compuesta por una lámpara, que es la fuente de emisión de radiación visible, con partes para difundir la luz, posicionar y proteger la lámpara así como conectar la lámpara al suministro de energía eléctrica.

**Potencia equivalente a LED:** Equivalencia relativa de la potencia nominal de la tecnología existente a la tecnología LED.

**Potencia incluida la del balasto:** Es la potencia nominal, más la potencia requerida para el funcionamiento del balasto.

**Potencia nominal:** Potencia máxima que demanda la lámpara en condiciones de uso normales. Ejemplo 70 watt, 200 watts.

## 1.3 Parámetros y suposiciones

En este módulo se establecen los parámetros técnicos de las luminarias.

Los valores que se encuentran en la casilla de color gris son parámetros de referencia propuestos, dichos parámetros son tomados de la literatura (U.S Department of Energy, 2016., California Lighting Technology Center (CLTC) et al, 2014, CityLEDtool, Ministerio de Finanzas del Gobierno Argentino). Estos parámetros pueden ser modificados por el usuario según sus necesidades o informaciones del fabricante. Sin embargo los valores de referencia permanecerán establecidos en la columna valores predeterminados, en caso de que el usuario quiera hacer nuevamente uso de estos.

Los valores de las casillas azules deben ser ingresados por el usuario, ya que estos valores difieren según la región, municipalidad o país.

### 1.3.1 Glosario

**Costo de diseño de ingeniería y proyecto:** Dinero invertido en la concepción, puesta en marcha y materialización del proyecto.

**Costo de instalación por luminaria:** Costo de mano de obra para la instalación de las lámparas LED nuevas.

**Costo de mantenimiento por reemplazo de lámpara:** Costo de mano de obra por el reemplazo de rutina de todas las tecnologías como parte del mantenimiento regular.

**Costo del sistema inteligente:** Costo del software y partes que será usado para el sistema inteligente.

**Eficacia luminosa media:** Promedio de la relación entre la cantidad de luz emitida y la potencia consumida por la luminaria. Medidos en lúmenes/watt (lm/W).

**Factor de emisión de red eléctrica:** Indica las emisiones de CO<sub>2e</sub> de la red eléctrica de la región o país donde se desarrolla el proyecto. Se mide en toneladas de CO<sub>2e</sub>/MWh. A continuación ejemplos de factores de emisión en países seleccionados de América Latina y el Caribe.

**Tabla 1 : Factores de emisión, países seleccionados.**

| País        | Factor Emisión |
|-------------|----------------|
| Argentina   | 0.518          |
| Brasil      | 0.298          |
| Chile       | 0.614          |
| Colombia    | 0.335          |
| El Salvador | 0.682          |
| México      | 0.528          |

Fuente: Institute for Global Environmental Strategies. <https://pub.iges.or.jp/pub/iges-list-grid-emission-factors>.

**Pérdidas de eficiencia por balasto:** Exceso de potencia requerido en comparación a una lámpara que no usa balasto.

**Precio promedio por luminaria:** Precio promedio de la luminaria, excluyendo el costo de instalación e infraestructura.

**Promedio de horas de funcionamiento por día:** Cuantas horas por día son usadas las luminarias.

**Tasa de falla anual:** Porcentaje de luminarias que se espera que fallen anualmente.

**Precio de electricidad para alumbrado público:** Precio que paga la municipalidad por cada kWh usado en alumbrado público.

**Vida útil media:** Promedio de horas de funcionamiento de una luminaria de alumbrado público.

## 1.4 Diseño del proyecto

En este módulo se establecen las variables técnicas y financieras del proyecto.



Los valores de las casillas azules deben ser ingresados por el usuario, teniendo en cuenta las informaciones del ente que financia el proyecto, así como los plazos para desarrollar el mismo.

## **Sistema Inteligente**

El sistemas de control inteligente permite: El control individual de los puntos de iluminación, lo cual facilita el oscurecimiento (*dimming*), la detección inmediata de problemas, el monitoreo en tiempo real y la medición remota de todo el sistema de iluminación.

Los sistemas inteligentes pueden incrementar o disminuir la intensidad lumínica de las luminarias en horarios predefinidos por el usuario o de acuerdo al movimiento que aprecien en las distintas áreas a través del uso de atenuadores. En este último caso, al detectar la presencia de automóviles o personas aumentarán la potencia de la luz entregada, mientras que cuando adviertan que los espacios se encuentran en soledad tenderán a disminuir la entrega de luz.

El principio de funcionamiento de los atenuadores se basa en el control de potencia que alimenta la luminaria dando como resultado una disminución en la intensidad de la luminosidad.

Los sistemas inteligentes pueden afectar positivamente la vida útil esperada del equipo, ya que normalmente se utilizan para atenuar la potencia de las lámparas durante el amanecer y el atardecer durante las horas de funcionamiento. Lo que implica un aumento en la vida útil de las lámparas, ahorro de energético y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

Un estudio técnico indicó que un oscurecimiento del 30 por ciento durante cinco horas por día sería casi imperceptible para los ciudadanos y permitiría a la ciudad optimizar su uso de electricidad al usar las lámparas a plena potencia solo durante las horas más oscuras de la noche. (ENERGY-EFFICIENT PUBLIC STREET LIGHTING PROJECT IN RIO DE JANEIRO, 2014)

El porcentaje de disminución en la salida del lumen se refiere al porcentaje de luz que se atenúa (la luz es menos brillante) cuando se usa el sistema de control inteligente.

Nota: El periodo de análisis financiero máximo es de 20 años, período que corresponde aproximadamente a la vida útil de la LED.

### **1.4.1 Glosario**

**Año de inicio del proyecto:** Año en el que se inicia la instalación de las luminarias LED.

**Años para implementar el proyecto:** Número de años para adaptar e implementar el proyecto.

**Caso con proyecto ¿incluye sistema inteligente?:** ¿El proyecto incluye un sistema inteligente que ahorre energía y aumente la vida útil de las luminarias?

**Tasa de Descuento:** Es el coste de capital que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

**Tasa de interés:** Tasa de interés anual pagada al ente financiero por la obligación adquirida (préstamo).

**Luminarias reemplazadas totales:** Número de luminarias totales a ser reemplazadas durante el proyecto.

**Luminarias totales:** Número de luminarias totales existentes en el área de influencia del proyecto. .

**Porcentaje de luminarias reemplazadas:** Porcentaje de luminarias a ser reemplazadas durante el proyecto.

**Número de lámparas en funcionamiento, tecnologías pre-existentes:** Número de lámparas de tecnología ineficiente que quedan en funcionamiento, al final del período y que están contempladas que sean reemplazadas en el proyecto de EE.

**Si incluye sistema inteligente:**

- **Oscurecimiento de horas por día (*dimming*):** Cuantas horas por día es usada la función de *dimming*.
- **Porcentaje de disminución del flujo luminoso cuando hay un sistema inteligente:** Porcentaje de reducción asociada al flujo luminoso, cuando el sistema inteligente está en operación. Rango recomendado mayor que 0 y menor que 50%.
- **Porcentaje de las luminarias reemplazadas que serán conectadas al sistema inteligente:** La herramienta permite ingresar el porcentaje de luminarias que serán conectadas al sistema inteligente. Rango mayor que 0 y hasta 100%.

**Período de análisis financiero:** Número de años de costo e ingresos utilizados en el análisis financiero del proyecto.

**Plazo de préstamo:** Número de años en los que se debe pagar el préstamo.

**Porcentaje de financiación por capital:** Porcentaje del proyecto que es pagado con recursos propios.

**Porcentaje de financiación por deuda:** Porcentaje del proyecto que es financiado por un ente externo (i.e. bancos, entes gubernamentales, etc.).

## 2 MÓDULOS DE RESULTADOS

Los módulos siguientes tienen como objetivo mostrar en forma detallada los resultados que se obtienen a partir de los datos de entrada y los supuestos realizados.

A continuación se describe de una forma breve la información que el usuario podrá encontrar en cada uno de los módulos de resultados.

### 2.1 Ahorro de electricidad

Este módulo es esencialmente informativo.

En este, el usuario puede apreciar los consumos de energía del escenario base y del escenario con proyecto de EE, así como, los ahorros de electricidad una vez implementado el proyecto. Igualmente el usuario podrá verificar las reducciones de emisiones y los ahorros de demanda eléctrica.

#### 2.1.1 Glosario

**Ahorros de demanda eléctrica:** Ahorro en potencia. Medidos en kW.

**Ahorros de electricidad:** Ahorro en el consumo de energía. Medidos en MWh.

**Ahorros monetarios en el consumo eléctrico:** Ahorro en dinero que se obtiene debido al ahorro en el consumo eléctrico.

**Escenario base:** Conjunto de elementos básicos que componen el sistema actual de alumbrado público.

**Escenario con proyecto:** Corresponde al escenario con las medidas de EE implementadas.

**Reducciones de emisiones:** Cantidad de gases efecto invernadero que no serán emitidos al medio ambiente. Se mide en toneladas de CO<sub>2e</sub>.

### 2.2 Operación y mantenimiento

Este módulo es esencialmente informativo.

En este módulo el usuario puede apreciar los costos de reemplazo de las luminarias, tanto en el escenario base como en el escenario con proyecto, así mismo que el ahorro neto en los costos de reemplazo de las luminarias.

De igual forma se pueden apreciar los costos de mano de obra de mantenimiento de ambos escenarios y el ahorro neto en costos de mano de obra de mantenimiento. Al final se reflejan los ahorros totales en O & M.

### 2.2.1 Glosario

**Ahorro de costos de mano de obra de mantenimiento:** Ahorro que se obtiene en los costos de mano de obra de mantenimiento.

**Ahorro de reemplazo de las luminarias:** Ahorro que se obtiene de la diferencia entre tasas de fallas.

**Ahorro total de O & M:** Ahorro total que se obtiene de la suma por los ahorros de costos de operación y mantenimiento.

## 2.3 Análisis financiero

Este módulo es esencialmente informativo.

En este módulo el usuario puede apreciar los costos de la inversión, los ingresos operativos del proyecto, el servicio de la deuda, los ingresos, los flujos de caja y los indicadores de rentabilidad.

### 2.3.1 Glosario

**Período de retorno de la inversión (*payback*):** Permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

**Ratio de cobertura del servicio de la deuda:** Mide la capacidad del proyecto de generar el flujo de caja suficiente para devolver la deuda de ese ejercicio. Se calcula como el cociente entre los ingresos operativos del proyecto y el servicio de la deuda (gastos financieros + amortización deuda) en el mismo período.

**Ratio mínimo de cobertura del servicio de la deuda:** El mínimo ratio de cobertura del servicio de la deuda durante el período de análisis.

**Retorno de la inversión:** El índice de retorno sobre la inversión (ROI por sus siglas en inglés) es un indicador financiero que mide la rentabilidad de una inversión, es decir, la relación que existe entre la utilidad neta o la ganancia obtenida, y la inversión.

**Tasa interna de retorno del proyecto:** La tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión.

**Valor presente neto del proyecto:** El valor equivalente al día de hoy de los flujos de caja de los años futuros.

**Tasa interna de retorno (TIR) del Municipio:** La tasa de interés o rentabilidad que percibe el Municipio, considerando los costos financieros existentes.

**Valor presente neto (VAN) del Municipio:** El valor equivalente al día de hoy de los flujos de caja de los años futuros, considerando los costos financieros.

### **3 RESUMEN**

Este módulo es esencialmente informativo.

En este módulo el usuario encuentra una síntesis de los resultados principales y de los supuestos principales realizados en los módulos anteriores. Presente además un resumen de los dos escenarios: el escenario base y el escenario con proyecto.

