Documento del Banco Interamericano de Desarrollo

**Bolivia**

**PROGRAMA DE FORTALECIMIENTO DEL SECTOR ELÉCTRICO**

**(BO-L1189)**

**Plan de Seguimiento y Evaluación**

1. **Introducción**
   1. El presente documento describe las tareas de monitoreo y evaluación necesarias respecto a las actividades, compromisos de política y resultados del Programa de Fortalecimiento del Sector Eléctrico (BO-L1189).
   2. El programa tiene como objetivo general del programa es contribuir a mejorar la sostenibilidad del sector eléctrico del país a través de una serie de reformas de políticas orientadas a fortalecer y complementar el marco normativo. Los objetivos específicos son: (i) asegurar un contexto macroeconómico congruente con los objetivos del programa según lo establecido en la Matriz de Políticas; (ii) fortalecer la institucionalidad del sector para su óptima planificación y gestión en los subsectores de generación, transmisión y distribución; (iii) facilitar la diversificación de la matriz eléctrica de forma sostenible, a partir del desarrollo de las ER y ERNC, incluyendo la generación distribuida; (iv) incrementar el nivel de acceso a la energía eléctrica de manera confiable y sostenible en las zonas rurales del país; y (v) apoyar el incremento de eficiencia energética.
   3. El método adecuado de evaluación para un Préstamo Programático de Apoyo a Reformas de Política (PBP) con objetivos y metas específicas es el de evaluación reflexiva. El equipo evaluará la consecución de los objetivos del programa tomando como referencia las metas e indicadores establecidos en las matrices de política y de resultados de las operaciones del programa.
2. **Monitoreo**
   1. El objetivo del monitoreo es: (i) verificar el cumplimiento de los compromisos de política del Gobierno de Panamá establecidos en la matriz de políticas (Anexo II del POD); y (ii) verificar su alcance e impacto de acuerdo a las metas e indicadores establecidos en la matriz de políticas y en la de resultados.
   2. El monitoreo de las metas incluidas en la Matriz de Política / Medios de Verificación será realizada por el equipo de proyecto y con los insumos provistos por el equipo del Ministerio de energías (MEN) y de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE). Los medios de verificación serán la fuente de información que determinará el cumplimiento de las metas de política. El monitoreo del equipo de proyecto tendrá inicio después de la aprobación de la operación en el Directorio del Banco, con el objetivo de elaborar los informes de cumplimiento para los desembolsos. Por otro lado, el monitoreo de las metas e indicadores de los resultados tendrá inicio una vez desembolsados los recursos de la segunda operación.
3. **Indicadores de producto.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indicador de Producto** | **Unidad** | **Línea de base**  **2016** | **Meta**  **Año 1** | **Meta Año 2** | **Medios de verificación** |
| **Componente II. Consolidación de la institucionalidad y planificación del sector.** | | | | | |
| (i) Elaboración de una Propuesta de Iniciativa Legislativa[[1]](#footnote-1) para el Sector Eléctrico, que fomente el desarrollo sostenible de ER, ERNC, EE, y generación distribuida, así como de los subsectores de generación, transmisión y distribución eléctrica, acorde a los avances recientes de estos nivel nacional e internacional. | Propuesta | 0 | 1 | - | Carta del MEN al Banco, adjuntando el Propuesta de Iniciativa Legislativa para el sector eléctrico. |
| (ii) Creación del MEN como el ente responsable de la formulación, gestión y evaluación de las políticas, normas y planes para el desarrollo integral del sector eléctrico. | Ente | 0 | 1 | - | Carta del VMEEA al Banco, indicando el detalle de la Publicación en la Gaceta Oficial No 0929 del 24 de enero de 2017, del Decreto Supremo No 3058/2017, por medio del cual se crea el MEN. |
| (iii) Aprobación del Plan Estratégico Institucional (PEI) 2017 – 2020 del MEN, que establezca los objetivos y acciones estratégicas para el desarrollo del sector eléctrico a mediano plazo, con el objeto de contribuir a los resultados, metas y pilares de la Agenda Patriótica 2025 y del Plan de Desarrollo Económico y Social 2016-2020. | Plan | 0 | 1 | - | Carta del VMEEA al Banco, adjuntando la Resolución Ministerial 122-2017 del 24 de julio de 2017, que aprueba el PEI. |
| (iv) Aprobación por el Directorio de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), de la actualización del Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2016-2020, de acuerdo a lo establecido en el PEI 2017-2020 del MEN. | Plan | 0 | 1 | - | Carta de ENDE al Banco, adjuntando la Resolución del Directorio No 017/2017 del 1 de noviembre de 2017, que aprueba la actualización del Plan Estratégico Corporativo (PEC). |
| (v) Elaboración de un Plan de Acción de ENDE Matriz, que promueva la equidad de género dentro de las actividades de la empresa. El Plan incluirá acciones concretas para el corto, mediano y largo plazo. | Plan | 0 | 1 | - | Carta de ENDE al Banco, adjuntando el diagnóstico y la propuesta del Plan de Acción de ENDE Matriz. |
| (i) Propuesta de Iniciativa Legislativa para el Sector Eléctrico presentada por el MEN para consideración de la Asamblea Legislativa Plurinacional. | Propuesta | 0 | - | 1 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |
| (ii) Presentación por parte del MEN y la ENDE de sus informes de rendición pública de cuentas, en los que se muestren los avances en el cumplimiento de los objetivos y metas establecidos en sus respectivos PEI y PEC. | Informe | 0 | - | 2 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |
| (iii) Aprobación del Plan de Acción de equidad de género e implementación por parte de ENDE de las acciones de costo plazo contempladas en el mismo. | Plan | 0 | - | 1 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |
| **Componente III. Aprovechamiento de recursos renovables para la generación eléctrica.** | | | | | |
| (i) Preparación y aprobación por parte del MEN, de los estudios técnicos sobre: (i) condiciones técnicas para la integración de ERNC en el Sistema interconectado Nacional (SIN); y (ii) los costos de O&M de proyectos de ERNC, que serán insumos para la preparación de la normativa técnica y económica que regule y garantice la sostenibilidad de los proyectos de ERNC. | Estudio | 0 | 2 | - | Carta del VMEEA al Banco, adjuntando: (i) el estudio sobre las condiciones técnicas para la integración de adición de potencia de ERNC en el Sistema Interconectado Nacional (SIN); y (ii) el estudio que determine los costos de O&M de proyectos de ERNC.  Carta del VMEEA al Banco, adjuntando el estudio sobre costos fijos de O&M.  Carta del VMEEA al Banco, adjuntando el estudio sobre costos variables de O&M. |
| (i) Aprobación de la normativa técnica y económica que regule y garantice la sostenibilidad de: (i) proyectos de ERNC; y (ii) la generación distribuida. | Normativa | 0 | - | 1 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |
| **Componente IV. Provisión confiable y Eficiente de Energía Eléctrica** | | | | | |
| (i) Elaboración y entrada en vigencia de un convenio subsidiario entre el MDP, MEF y MEN, en el cual se otorga al MEN, el mandato para la elaboración de un plan maestro de electrificación, que optimice las intervenciones en el desarrollo de programas de acceso y expansión de la electrificación rural a nivel nacional. | Convenio | 0 | 1 | - | Carta del VMEEA al Banco, adjuntando la copia del convenio subsidiario correspondiente. |
| (ii) Elaboración de una propuesta metodológica que fije los costos máximos de inversión reconocidos para nuevos consumidores conectados a las redes de electrificación rural, la cual será la base para la preparación de la reglamentación de estos dichos costos. | Propuesta | 0 | 1 | - | Carta del VMEEA al Banco, adjuntando la metodología. |
| (iii) Elaboración de una propuesta de Política Nacional de EE, que establezca entre otros temas: (a) institucionalidad; (b) marco normativo; y (c) sectores prioritarios. | Propuesta | 0 | 1 | - | Carta del MEN al Banco, adjuntando la Política Nacional de EE. |
| (i) Aprobación por parte del MEN del Plan Nacional de Electrificación Rural. | Plan | 0 | - | 1 | Carta del MEN al Banco, adjuntando la Política Nacional de EE. |
| (ii) Aprobación del MEN al reglamento para la determinación de costos máximos de inversión para nuevos usuarios conectados a la red de electrificación rural. | Reglamento | 0 | - | 1 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |
| (iii) Aprobación y publicación por parte del MEN, de la Política Nacional de EE, que establezca entre otros temas: (i) institucionalidad; (ii) marco normativo; y (iii) sectores prioritarios. | Política | 0 | - | 1 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |
| (iv) Aprobación y publicación mediante Decreto Supremo de la Estrategia Nacional de Eficiencia Energética como instrumento de implementación de la Política Nacional de Eficiencia EE, a través del establecimiento de estándares de calidad mínimos para el uso eficiente de la electricidad en los sectores residencial, público y transporte, entre otros. | Estrategia | 0 | - | 1 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |
| (v) Creación de una unidad dentro del MEN de apoyo a la eficiencia energética. | Unidad | 0 | - | 1 | Por definir durante la preparación de la segunda operación de préstamo. |

1. **Recolección de la información**
   1. El Gobierno de Bolivia y el Banco han acordado efectuar reuniones de seguimiento en fechas a definir de común acuerdo. Dada la modalidad de la operación, la recolección de la información se llevará a cabo una sola vez antes del desembolso de cada tramo, y con el objetivo de preparar el informe de cumplimiento que garantice la consecución de todos los compromisos establecidos en la Matriz de Política y los indicadores de impacto y de resultados contenidos en la Matriz de Resultados, así como que se hayan proporcionado todos los documentos establecidos como Medios de Verificación.
   2. El BID seguirá apoyando al Gobierno de Bolivia en el cumplimiento de los compromisos de política mediante recursos de Cooperación Técnica (CT) no reembolsable (ATN/OC-16595-BO) de apoyo a la preparación de la operación Programa de Fortalecimiento del Sector Eléctrico (BO-L1189),
   3. El presupuesto designado para el seguimiento de los medios de verificación se describe a continuación:

|  |  |
| --- | --- |
| **Actividad** | **Responsable y Costo** |
| Reuniones de revisión del cumplimiento de los compromisos | US$5,000 IDB |
| Talleres de presentación de presentación del avance y contenido de los medios de verificación | US$5,000 IDB |
| Total | US$10,000 IDB\* |

\*Presupuesto transaccional.

1. Evaluación
   1. En esta sección se presenta la metodología de evaluación del programa, partiendo de las preguntas de evaluación, describiendo el alcance y los mecanismos de recolección de información, y presentando los indicadores de resultado e impacto definidos.
2. **Principales preguntas de evaluación.**
3. ¿Se ha logrado fortalecer el marco normativo e institucional del sector eléctrico?
4. ¿Se ha mejorado la seguridad energética del país por medio de la diversificación de la matriz energética?
5. ¿Se ha promovido un usa más eficiente de la energía a través de medidas de Eficiencia Energética?
6. ¿Se ha mejorado las capacidades de planificación y gestión para incrementa el acceso a la energía?
7. Se han generado capacidades que faciliten la inclusión de temas de equidad de género en la ENDE?
8. **Conocimiento existente.**
   1. Durante la preparación del Programa se realizó un análisis de los beneficios derivados de las medidas de políticas del programa. Con la implementación del programa se espera que se generen beneficios[[2]](#footnote-2) por la diversificación la matriz energética con ER y ERNC que permite la reducción de emisiones de GEI de hasta 3,3 millones de tCO2, y de hasta 1,4 millones de tCO2 por la implementación de medidas de EE en alumbrado público y el sector residencial. También se esperan beneficios por exportación de excedentes del GN desplazado por las ER y ERNC, y por menores costos de generación eléctrica que resultan de algunas de las tecnologías de ER y ERNC en comparación con la generación eléctrica a partir de GN, generando ahorros que podrían alcanzar los US$100millones anuales en 2023. Adicionalmente, las medidas de EE permitirán un menor gasto de electricidad para las entidades locales por concepto de AP, lo cual permite la liberación de recursos para inversión o gasto en otros sectores, y un mayor excedente de los consumidores residenciales por un menor gasto eléctrico y menores recursos destinados a subsidios por parte del GdB. El ahorro energético anual total asociado con las medidas de EE podrían alcanzar los 1.358 GWh/Año en 2023.
9. **Indicadores principales para la evaluación.**
   1. Los indicadores principales considerados para la evaluación del programa son:

**IMPACTOS ESPERADOS**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Impacto** | **Indicador** | **Unidad de medida** | **Línea de base (2016)** | **Meta Final (2022)** | **Medios de verificación/**  **Observaciones** |
| **Reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI)** | | | | | |
| Reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) | Emisiones acumuladas de Gases Efecto Invernadero (GEI)[[3]](#footnote-3) evitadas por el Programa en la generación eléctrica (tCO2 (millones) | tCO2 (millones) | 0 | 3,3 | Energía generada multiplicada por el factor de emisiones de CO2 que corresponda para el año de medición según la composición de la matriz eléctrica del país. La información se extraerá de los informes anuales de la AE. |
| Emisiones acumuladas de Gases Efecto Invernadero (GEI) evitadas por el Programa por la implementación de medidas de EE (tCO2 (millones) | tCO2 (millones) | 0 | 1,4 | Energía ahorrada por la implementación de medidas de EE en el sector residencial y de alumbrado público multiplicada por el factor de emisiones de CO2 que corresponda para el año de medición según la composición de la matriz eléctrica del país. |

**RESULTADOS ESPERADOS**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Resultado** | **Indicador** | **Unidad de medida** | **Línea de base (2016)** | **Meta (2022)** | **Medios de verificación/**  **Observaciones** |
| **Componente II. Consolidación de la institucionalidad y planificación del sector.** | | | | | |
| Mejora de la estructura institucional del sector de energía mediante la separación de roles en cuanto a hidrocarburos y energía eléctrica. | Ministerios encargados del sector de energía | Ministerio | 1 | 2 | Decreto supremo mediante el cual se ordena la separación de roles. |
| Mejora en la institucionalidad y planificación del desarrollo del sector de manera coordinada entre sus actores más relevantes. | Plan sectorial de desarrollo integral aprobado (Plan) | Plan | 0 | 1 | Los planes de desarrollo sectoriales e institucionales preparados en línea con el PDES 2016-2020 reviran como la base de un Plan sectorial de desarrollo integral. El medio de verificación será dicho plan presentado por el MEN al BID. |
| Incremento en la participación de mujeres en puestos técnicos y de liderazgo en ENDE. | Porcentaje de participación de mujeres en puestos técnicos y de liderazgo en ENDE. | % | 13 | 20 | Informe de la ENDE presentado al Banco con información de la composición del personal contratado especificando las responsabilidades y el género. |
| **Componente III. Aprovechamiento de recursos renovables para la generación eléctrica.** | | | | | |
| Incremento en la participación de las ER y ERNC en la matriz de generación eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN). | Porcentaje de participación de las ER y ERNC en la matriz eléctrica (%) | % | 25,76% | 48%[[4]](#footnote-4) | Informes anuales de la AE sobre la capacidad instalada de generación. |
| **Componente IV. Provisión confiable y Eficiente de Energía Eléctrica** | | | | | |
| Generación de ahorro energético por un uso más eficiente de la energía. | Ahorro energético anual por la implementación de medidas de eficiencia energética (GWh/año) | GWh/año | 0 | 1.244[[5]](#footnote-5) | Es la energía ahorrada por menor consumo producto de la medida de EE en el sector de implementación (escenario con medidas Vs. escenario sin medidas). Se discrimina entre el ahorro de energía en el SIN y en Sistemas Aislados (SA) -ver informe de evaluación económica ex ante.  Fuente: Informes del VMEEA sobre la implementación de medidas de EE. |
| Aumento de la cobertura eléctrica a nivel nacional | Cobertura eléctrica a nivel nacional (%) | % | 90 | 98[[6]](#footnote-6) | Informes de cobertura eléctrica preparados por el VMEEA y enviados al Banco. |

1. **Metodología de Evaluación.** 
   1. Las metodologías propuestas consisten en un análisis antes – después para medir el alcance de los resultados y una evaluación de impacto.
   2. **Método antes – después.** Para definir si los resultados se han alcanzado, se realizará una medición antes – después siguiendo los lineamientos establecidos por el Banco para la preparación de los Informes de Terminación de Proyecto (PCR), en función a los indicadores de impacto y resultado establecidos en la matriz, descritos en la sección anterior.
2. **Informe de Terminación del Proyecto (PCR)**
   1. El Informe de Terminación de Proyecto o PCR, por sus siglas en inglés, es el principal instrumento de rendición de cuentas que utiliza el Banco para mostrar tanto a partes involucradas internos y externos al Banco, el desempeño de sus operaciones con garantía soberana y la efectividad en el Desarrollo de las mismas. Asimismo, presenta los principales hallazgos y recomendaciones a fin de fortalecer el diseño y ejecución de futuros proyectos.
   2. El PCR será aplicado según las [nuevas guías para la elaboración de PCR](https://idbg.sharepoint.com/teams/ez-SPD/SDV/PD/15%20Project%20Closing%20Report/015.%20Technical%20Documents/PCR%20Principles%20and%20Guidelines%202018.pdf)  aprobadas en 2018. Como parte de la metodología del PCR, se llevará a cabo una evaluación de los beneficios siguiendo la metodología descrita en el anexo II.
   3. La evaluación será conducida a partir del análisis de los criterios centrales y criterios no centrales. Los criterios centrales del PCR, básicamente evalúan el desempeño del proyecto y se determinan en forma objetiva con base en los resultados y productos del mismo, y se califica a través de cuatro criterios: (i) Efectividad, (ii) Eficiencia, (iii) Relevancia y (iv) Sostenibilidad.
   4. Los criterios no centrales del PCR son aquellos evaluables, pero que no califican la efectividad de la intervención. En su defecto evalúan la contribución de la operación a los objetivos de desarrollo del Banco; la contribución a los objetivos de desarrollo del país; el cumplimiento del plan de monitoreo y evaluación; el uso de sistemas país y la implementación y mitigación de salvaguardas ambientales y sociales.
   5. Será realizado hasta 6 meses después de haber desembolsado la segunda operación programática.

**Plan de Trabajo de Evaluación**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Actividad** | **2019** | **2020** | **2021** | **2022** | **Responsable y Costo** |
| **Informe de Terminación de Proyecto (PCR)** |  |  |  |  |  |
| Contratación de consultor para la preparación del PCR |  |  |  |  | US$25,000 IDB |
| Preparación y entrega de los medios de verificación de la primera operación |  |  |  |  | US$5,000 MEN/ENDE |
| Preparación y entrega de los medios de verificación de la segunda operación |  |  |  |  | US$5,000 MEN/ENDE |
| Total | US$ 35,000 | | | | | |

# Anexo I

# Estimación de los ahorros energéticos por la implementación de medidas de EE en los sectores público y residencial.

La matriz de políticas considera reducir el consumo de energía mediante la implementación de medidas de EE en el sector público y privado, cambio de tecnología y manejo eficiente de la demanda. Lo anterior se espera lograr mediante la definición de nuevas normativas, estándares y lineamientos nacionales.

A la fecha no se cuenta con un plan estructurado alrededor de acciones y proyectos concretos, como tampoco existe una normativa en EE que los soporte. Sin embargo, en los compromisos de política sí se espera que en el mediano plazo se defina una Estrategia Nacional de Eficiencia Energética y que se establezcan estándares de calidad mínimos para el uso eficiente de la electricidad en los sectores residencial, público y de transporte. Con base en este compromiso de mediano plazo, se considera que es posible evaluar el impacto de las siguientes medidas en el sector residencial y de alumbrado público:

* **Alumbrado público:** se ha identificado que el alumbrado público puede ser de gran interés debido al impacto que tiene en el monto de la factura que pagan las entidades locales (alrededor del 80% corresponde a alumbrado público). Actualmente se adelantan proyectos pilotos en los municipios de Oruro y Cobija, por lo cual la información económica de dichos proyectos es de relevancia para el presente análisis y con miras a la aplicación de medidas de EE en alumbrado público a nivel nacional.
* **Sector residencial:** representa el sector de mayor consumo eléctrico tal como se muestra en la 1. Se estima que la gran mayoría de bombillos para iluminación residencial son de tipo incandescente, en consecuencia, si se llegase a establecer un estándar mínimo de calidad para luminarias en este sector (ej. medidas de etiquetado y restricciones a su importación), el recambio de bombillos existentes en la medida que estos cumplan su vida útil se daría gradualmente hacia tecnologías eficientes. Si bien no existe una caracterización detallada del perfil de consumo en el sector residencial (ej. proporción del consumo destinado a iluminación, refrigeración, calefacción, etc.), se pueden realizar estimativos partiendo de la caracterización del consumo residencial en otros países de la región.

No se consideran estimaciones de EE en sectores diferentes al residencial y de alumbrado público pues no existe base alguna razonable sobre la situación de la demanda de energía y el tipo de tecnología utilizada (por ejemplo, calefacción, fuerza motriz en la industria, iluminación en el sector público, etc.).

**Gráfica 1 – Participación en consumo final de energía eléctrica por sectores (Sistema Interconectado y Zonas Aisladas) 2016**



Fuente: Elaboración del consultor con base en información del Anuario Estadístico 2016 (AE)

Nota: Excluye Autoproductores y consumidores no regulados

**Beneficios**

Las medidas tendientes a la eficiencia energética en los sectores de consumo eléctrico descritos se traducen en los siguientes beneficios: i) en cuanto al alumbrado público, menor gasto de electricidad para las entidades locales, lo cual permite la liberación de recursos para inversión o gasto en otros sectores; ii) en cuanto al sector residencial, mayor excedente del consumidor por un menor gasto eléctrico y menores recursos destinados a subsidios por parte del GdB. En ambos casos se dan los beneficios por menores emisiones resultado una menor generación eléctrica y costos evitados asociados con la capacidad de generación eléctrica futura que no se requerirá instalar (generación eléctrica evitada).

### Metodología

La introducción de medidas regulatorias y de mercado que promuevan el uso de equipos de menor consumo eléctrico, por ejemplo, limitaciones a la entrada de bombillos ineficientes, implementación de etiquetados que indiquen la eficiencia de los equipos y la adopción de normas con niveles mínimos de eficiencia requeridos, permiten, con cierta gradualidad en el tiempo, que los nuevos equipos que se instalen consuman menos energía que los equipos de consumo existentes. Considerando que Bolivia aún no cuenta con una normativa específica de uso racional de la energía (URE) con acciones puntuales que conduzcan a un menor consumo eléctrico, se realiza el siguiente procedimiento para el análisis económico del presente trabajo:

* Alumbrado público:
  + Se asume que la configuración tecnológica del alumbrado público en el resto del país guarda semejanza al de estos municipios (iluminación principalmente con tecnología de vapor de sodio).
  + Con base en el consumo eléctrico de alumbrado público reportado por la AE, y con base en las características típicas de las lamparas de vapor de sodio, se estima el número actual de lámparas a ser cambiadas.
  + El cambio de las luminarias del alumbrado público actual se hace de manera gradual iniciando en 2021 y durante un lapso de 2 años (vida útil promedio de las lamparas de vapor de sodio).
  + El crecimiento anual del número de luminarias de alumbrado público se calcula con base en la demanda histórica de energía eléctrica para dicho sector con base en información reportada por la AE.
  + Las nuevas instalaciones de alumbrado público, en la medida que exista un programa de EE, se realizará con iluminación LED.
* Sector Residencial:
  + Se asume un número típico de bombillos por usuario residencial[[7]](#footnote-7) y un número de horas diarias promedio de uso.
  + Se considera que con excepción de los bombillos ya cambiados durante la campaña de distribución de focos ahorradores adelantada por el GdB en 2012 (aproximadamente 6 millones de bombillos[[8]](#footnote-8)), los bombillos utilizados por los usuarios del sector residencial son de tecnología incandescente.
  + El cambio de bombillas incandescentes, en la medida que cumplen su vida útil, se realiza por parte del usuario hacia bombillos de tecnología LFC.[[9]](#footnote-9)
  + El cambio de bombillas LFC existentes, en la medida que cumplen su vida útil, se realiza por parte del usuario hacia bombillos de tecnología LED.
  + El crecimiento anual del número de usuarios residenciales se asume igual al crecimiento histórico en los últimos años reportado por la AE (aproximadamente 5% anual).
  + Los nuevos usuarios, en la medida que exista un programa de EE, utilizarán bombillos CLF.

En cuanto a los escenarios con y sin proyectos se considera que:

* **Escenario con proyecto:** es el escenario en el cual se implementan las medidas de EE anteriormente descritas para los sectores de alumbrado público y residencial.
* **Escenario sin proyecto:** es el escenario en el cual no se implementa ninguna medida de EE, por lo cual el consumo proyectado de alumbrado público y la iluminación en el sector residencial se realizará con la tecnología actual (predominantemente vapor de sodio en el caso del alumbrado público y bombillos incandescentes en el caso del sector residencial).

La valoración de los beneficios netos corresponde a la aplicación del ACB expresada en forma general de la siguiente manera:

Donde:

Son los beneficios económicos netos totales por las medidas de eficiencia energética. Se compone de los beneficios por la implementación de medidas de EE en el SIN ( y la implementación de medidas de EE en sistemas aislados (

Pe Es el precio de la energía a tarifa plena pagada por un usuario final en el sector objeto de las medidas de EE, y medido en $/kWh. Se discrimina entre el precio promedio pagado en el SIN y en Sistemas Aislados (SA)[[10]](#footnote-10)

Es la energía ahorrada por menor consumo producto de la medida de EE en el sector de implementación (escenario con medidas Vs. escenario sin medidas). Se discrimina entre el ahorro de energía en el SIN y en Sistemas Aislados (SA)

INV y AOM Corresponde a la inversión y administración, operación y mantenimiento requeridos para implementar la medida de eficiencia energética

Es el beneficio ambiental medido cuantificado como

CRE Valor la tonelada de CO2 a precios de certificados de reducción de emisiones[[11]](#footnote-11)

Son las emisiones de CO2 evitadas producto de la menor generación eléctrica en cada periodo. Para el SIN se considerará un factor de emisiones por MWh generado, mientras que para sistemas aislados, se asume que toda la generación se realiza con combustible diésel, por lo que las emisiones de este combustible serán tenidas en cuenta.

Es el beneficio asociado con el costo evitado de capacidad de generación que en el mediano y largo plazo se requeriría para atender la demanda de no existir medidas de eficiencia energética. Se discrimina entre la planta de generación eléctrica evitada en el SIN suponiendo que esta sería con tecnología de ciclo combinado de gas, y la planta de generación eléctrica evitada en Sistemas Aislados suponiendo que esta sería de tecnología diésel.

Los términos de la expresión matemática se refieren al valor presente de los flujos utilizando la tasa de descuento propuesta por el Banco del 12% para un horizonte propuesto de 20 años.

El precio de la energía (Pe) considerado es el precio de la energía a tarifa plena; que representa el costo real de la energía y captura tanto el valor percibido por el usuario como el porcentaje subsidiado. Para el caso del alumbrado público se utilizará como referencia la tarifa promedio al consumidor final por categoría reportada por la AE en su Anuario Estadístico. Para el sector residencial, el valor de la tarifa plena se estima con base en la tarifa promedio al consumidor final, el número de usuarios beneficiarios de la Tarifa Dignidad (aproximadamente 48.7% de los usuarios residenciales a 2016) y los importes descontados aplicados anualmente por la aplicación de la Tarifa Dignidad reportados por la AE (subsidio).

Como supuesto final, no se consideran nuevas interconexiones al SIN de los Sistemas Aislados actuales, por ende, la proyección de demanda energética y de nuevos usuarios en estos sistemas se realiza con un crecimiento constante.

### Beneficios de las medidas de eficiencia energética

A continuación se cuantifican y describen los beneficios originados en las medidas descritas en la sección anterior para el sector residencial, de alumbrado público, y vistos de manera integral para ambos sectores.

#### Sector Residencial

Puesto que Bolivia actualmente no cuenta con una caracterización detallada del consumo eléctrico final al interior de cada uno de los sectores, con el fin de estimar los potenciales beneficios económicos de introducir medidas tendientes a generar eficiencia energética en el consumo por iluminación en el sector residencial, se procedió en primer lugar a estimar el porcentaje de consumo eléctrico por iluminación en dicho sector.

Con base en el programa de distribución de focos ahorradores adelantado por el GdB en 2012, se estima que un usuario residencial en promedio tiene 5 bombillos. Adicionalmente, puesto que a mayo de 2012 el GdR había distribuido cerca de 6 millones de bombillos ahorradores (tecnología LFC) de un total de 10 millones de bombillos en ese año, se asume que la proporción entre bombillos LFC y bombillos incandescentes se ha mantenido relativamente constante hasta hoy en día en 65% en bombillos LFC y un 35% en bombillos incandescentes[[12]](#footnote-12). Considerando una potencia promedio de 75 W para bombillos incandescentes y 15 W para bombillos LFC, junto con una utilización promedio de 3 horas diarias, se encuentra que el consumo promedio por iluminación puede representar cerca del 14% del consumo eléctrico total del sector residencial, tal como se muestra en la **Tabla 2**. El resultado anterior es consistente con lo observado en otros países en donde el consumo de iluminación en el sector residencial se encuentra entre el 10% y el 20% del consumo eléctrico total del sector[[13]](#footnote-13).

**Tabla 2 – Caracterización del consumo eléctrico residencial por iluminación**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Incandescente** | **LFC** | **LED** |
| Distribución en número de bombillos (Año 2017) | 35% | 65% |  |
| Número de bombillos por vivienda | 5 | 5 | **5** |
| Número de bombillos (2017) | 4.114.466 | 7.641.151 | 0 |
| Uso diario (horas) | 3 | 3 | 3 |
| Vatiaje (W) | 75 | 15 | 13 |
| Consumo de bombillo en un año (Wh/Año) | 82.125 | 16.425 | 14.235 |
| Consumo de bombillo en un año (GWh/Año) | 0,0000821 | 0,0000164 | 0,0000142 |
| Consumo de iluminación residencial (GWh/año) | 338 | 126 | - |
| % part. Iluminacion en consumo residencial 2017 | 10,2% | 3,8% | 0,0% |
| Vida útil promedio bombillo (horas) | 2.000 | 8.000 | 40.000 |
| Vida útil promedio bombillo (años) | 1,8 | 7,3 | 36,5 |
|  |  |  |  |
| Participación de la iluminación en el consumo final de electricidad del sector residencial | **14,0%** |  |  |

Nota: Elaborado con base en cálculos del consultor

Información de la vida útil de los bombillos según referentes de https://www.cec.coop/making-the-digital-switch-upgrade-your-lights-from-analog-to-digital-with-led-bulbs/ basada en el US Department of Energy

Utilizando la información anterior, y aplicando los supuestos, se obtiene que para el escenario sin proyecto se deben reponer anualmente cerca de 2,0 millones de bombillos incandescentes[[14]](#footnote-14) de la base actual de bombillos. Adicionalmente, y considerando el crecimiento del sector, en la medida que ingresan nuevos usuarios residenciales al sistema, pueden estar ingresando cerca de 600.000 nuevos bombillos incandescentes al año si no se cuenta con una política clara que promueva la adquisición de bombillos ahorradores. En un mediano a largo plazo, y una vez los bombillos ahorradores actuales cumplan su vida útil, estos desaparecerán y serán reemplazados por bombillos incandescentes que son más asequibles a la población (USD$ 0,4 por bombillo).

**Gráfica 2 – Composición de bombillos por tecnología en el sector residencial – Escenario Sin Proyecto**



Fuente: Elaboración del consultor con base en escenarios del análisis económico

Por el contrario, y bajo los supuestos del escenario con proyecto, la totalidad de bombillos incandescentes que existen actualmente deben tender a desaparecer en un lapso de dos años una vez cumplida su vida útil, y serán sustituidos en el mismo tiempo por bombillos ahorradores de tecnología LFC, los cuales, si bien tienen un costo más elevado en el mercado (USD$ 10 por bombillo), tienen una vida útil mayor y pueden generar ahorros en el consumo de un 80%. Los nuevos usuarios residenciales estarían representando cerca de 600.000 nuevos bombillos LFC durante los primeros años y los LFC actuales tenderían a sustituirse gradualmente en un lapso de 7 años por tecnología LED. Con lo anterior, se tendría una composición de bombillos en el sector residencial predominantemente LFC y LED en menos de una década.

La **Tabla 3** resume los resultados del análisis económico de las medidas tendientes a la sustitución de bombillos en el sector residencial considerando tanto SIN como Sistemas Aislados para los primeros 6 años de proyección.

**Gráfica 3 – Composición de bombillos por tecnología en el sector residencial – Escenario Con Proyecto**



Fuente: Elaboración del consultor con base en escenarios del análisis económico

**Tabla 3 – Análisis económico de la introducción de medidas tendientes al cambio de bombillos en el sector residencial (SIN + Sistemas Aislados)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **$USD** |  | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Consumo de iluminación - Sin Proyecto (GWh/Año) |  | 463 | 583 | 706 | 831 | 958 | 1.089 |
| Consumo de iluminación - Con Proyecto (GWh/Año) |  | 463 | 336 | 208 | 216 | 225 | 234 |
| **Beneficios** |  |  |  |  |  |  |  |
| Ahorro GWh/año |  | 0,00 | 247,89 | 497,70 | 614,39 | 733,20 | 854,25 |
| Emisiones de CO2 evitadas (TonCo2) |  | 0 | 96.559 | 193.870 | 239.321 | 285.602 | 332.754 |
| Ahorro por costo final de energía evitado ($USD Millones) |  | 0,00 | 24,06 | 48,30 | 59,62 | 71,15 | 82,90 |
| Ahorro por menores emisiones de CO2 ($USD Millones) |  | 0,00 | 3,44 | 6,90 | 8,51 | 10,16 | 11,84 |
| Ahorro por planta de generación evitada ($USD Millones) |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total Beneficios ($USD Millones) |  | 0,00 | 27,49 | 55,20 | 68,14 | 81,31 | 94,74 |
| **Inversión y Costos** |  |  |  |  |  |  |  |
| **Escenario Sin proyecto** |  |  |  |  |  |  |  |
| Nuevos bombillos incandescentes adquiridos en el año |  | 0 | 2.645.014 | 2.674.403 | 3.293.042 | 3.354.832 | 4.007.493 |
| Nuevos bombillos LFC adquiridos en el año |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nuevos bombillos LED adquiridos en el año |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inversión en bombillos ($USD Millones) |  | 0,0 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 1,6 |
| **Escenario Con proyecto** |  |  |  |  |  |  |  |
| Nuevos bombillos incandescentes adquiridos en el año |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nuevos bombillos LFC adquiridos en el año |  | 0 | 2.645.014 | 2.674.403 | 1.235.809 | 1.268.211 | 1.302.232 |
| Nuevos bombillos LED adquiridos en el año |  | 0 | 1.091.593 | 1.091.593 | 1.091.593 | 1.091.593 | 1.091.593 |
| Inversión en bombillos ($USD Millones) |  | 0,0 | 42,8 | 43,1 | 28,7 | 29,1 | 29,4 |
| Diferencial en Inversión ($USD Millones) |  | 0,0 | 41,8 | 42,0 | 27,4 | 27,7 | 27,8 |
| **Flujo Neto** |  | 0,0 | -14,3 | 13,1 | 40,7 | 53,6 | 66,9 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ahorro energético de iluminación |  | 0% | 42% | 71% | 74% | 77% | 78% |
| Participación de la iluminación en el consumo residencial |  | 14,0% | 9,6% | 5,7% | 5,6% | 5,6% | 5,5% |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Beneficios | Costos | Neto |
| VPN dic 2017 ($USD Millones) | $1.079 | $217 | $863 |
| TIR |  |  | 202% |

Nota: Elaborado con base en cálculos del consultor

Valores presentes consideran flujos descontados del horizonte completo

Se observa que luego del quinto año, los niveles de ahorro energético en iluminación serían del orden de 78% con respecto al escenario sin proyecto, lo cual representa un gran beneficio económico medido en valor presente, que justifica el cambio de iluminación aun cuando el costo de los bombillos ahorradores y LED sea muy superior al de un bombillo incandescente. Alumbrado Público

De manera similar al ejercicio realizado para el sector residencial, se procedió a estimar el número de lamparas de alumbrado público que pueden existir en la actualidad en Bolivia, con base en el consumo energético de este sector y asumiendo la misma configuración tecnológica de lamparas de Oruro (composición fundamentalmente de lamparas de vapor de sodio (VS) y vapor de mercurio (VM)). Los resultados del cálculo para el SIN y Sistemas Aislados se resume en la **Tabla 1**4.

**Tabla 14 – Estimación del número de lamparas de alumbrado público a 2017**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **SIN** |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| **Características de lamparas de alumbrado público actual** | Participación en No. de lamparas | Potencia de una lampara  (W) | Consumo energético anual de 1 lampara (GWh) | Número estimado de lámparas | Consumo energético anual total (GWh) |
| Vapor de Sodio | 81,8% | 165 | 0,00072 | 429.450 | 311,0 |
| Vapor de Mercurio | 13,4% | 156 | 0,00068 | 70.193 | 48,1 |
| Otros | 4,8% | 427 | 0,00187 | 25.358 | 47,5 |
| Total |  |  | 0,00077 | 525.000 | 406,6 |
| Consumo de AP nacional 2017 (GWh) – SIN\* | |  |  |  | 406,7 |
|  |  |  |  |  |  |
| **Sistemas Aislados** |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| **Características de lamparas de alumbrado público actual** | Participación en No. de lamparas | Potencia de una lampara  (W) | Consumo energético anual de 1 lampara (GWh) | Número estimado de lámparas | Consumo energético anual total (GWh) |
| Vapor de Sodio | 81,8% | 165 | 0,00072 | 22.986 | 16,6 |
| Vapor de Mercurio | 13,4% | 156 | 0,00068 | 3.757 | 2,6 |
| Otros | 4,8% | 427 | 0,00187 | 1.357 | 2,5 |
| Total |  |  | 0,00077 | 28.100 | 21,8 |
| Consumo de AP nacional 2017 (GWh) - Sistemas Aislados\* | | |  |  | 21,8 |

Nota: Elaborado con base en cálculos del consultor con base en información del Anuario Estadístico y análisis económico del proyecto de AP en el municipio de Oruro

\*Información del Anuario Estadístico 2016 proyectado a 2017 por el consultor

Utilizando la información anterior, y aplicando los supuestos, se obtiene que para el escenario sin proyecto se deben reponer anualmente cerca de 275 mil lamparas de vapor de sodio y vapor de mercurio[[15]](#footnote-15) de la base actual de lamparas en el sistema de alumbrado público. Adicionalmente, y considerando el crecimiento del sector, en la medida que la demanda del sistema aumenta, pueden estar ingresando cerca de 25 mil nuevas lamparas de vapor de sodio al año si no se cuenta con una política clara de reposición con tecnologías eficientes. En el largo plazo, se considera que toda la tecnología es vapor de sodio. El costo de reemplazo con esta tecnología, considerando lampara y balasto, se asume en USD$ 24,4 por unidad.

**Gráfica 4 – Composición de lamparas por tecnología en alumbrado público – Escenario Sin Proyecto**



Fuente: Elaboración del consultor con base en escenarios del análisis económico

Por el contrario, y bajo los supuestos del escenario con proyecto, la totalidad de lamparas de vapor de sodio y vapor de mercurio que existen actualmente (y las que entrarán hasta 2020) deben tender a desaparecer en un lapso de dos años una vez iniciado el proyecto y una vez cumplida su vida útil; las lamparas serán sustituidas en el mismo tiempo por lamparas de tecnología LED, las cuales, si bien tienen un costo más elevado (USD$ 344 por unidad[[16]](#footnote-16)), tienen una vida útil mayor y pueden generar ahorros en el consumo de un 77% considerando una potencia de 40 W para estas nuevas luminarias. Con lo anterior, el sistema debería ser de predominancia LED en un par de años.

**Gráfica 5 – Composición de lamparas por tecnología en alumbrado público – Escenario Con Proyecto**



Fuente: Elaboración del consultor con base en escenarios del análisis económico

La **Tabla** 15 resume los resultados del análisis de las medidas tendientes a la sustitución de lamparas de alumbrado público considerando tanto SIN como Sistemas Aislados para los primeros 7 años de proyección.

**Tabla 16 – Análisis de la introducción de medidas tendientes al cambio de lamparas de alumbrado público (SIN + Sistemas Aislados)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **$USD** |  | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Consumo de iluminación - Escenario Sin Proyecto (GWh/Año) |  | 398 | 418 | 438 | 458 | 479 | 501 | 525 |
| Consumo de iluminación - Escenario Con Proyecto (GWh/Año) |  | 396 | 415 | 435 | 275 | 116 | 121 | 127 |
| **Beneficios** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ahorro GWh/año |  | 1,46 | 2,93 | 2,93 | 182,77 | 363,28 | 380,10 | 397,64 |
| Emisiones de CO2 evitadas (TonCo2) |  | 570 | 1.140 | 1.140 | 71.194 | 141.506 | 148.059 | 154.893 |
| Ahorro por costo final de energía evitado ($USD Millones) |  | 0,17 | 0,33 | 0,33 | 20,73 | 41,20 | 43,10 | 45,09 |
| Ahorro por menores emisiones de CO2 ($USD Millones) |  | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 2,49 | 4,94 | 5,17 | 5,41 |
| Ahorro por planta de generación evitada ($USD Millones) |  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 193,09 | 0,00 |
| Total Beneficios ($USD Millones) |  | 0,19 | 0,37 | 0,37 | 23,21 | 46,14 | 241,37 | 50,51 |
| **Inversión y Costos** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Escenario Sin proyecto** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nuevas lamparas VS instaladas en el año |  | 251.038 | 252.106 | 278.039 | 280.268 | 307.412 | 310.904 | 339.366 |
| Nuevas lamparas VM instaladas en el año |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nuevas lamparas LED instaladas en el año |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inversión en lamparas ($USD Millones) |  | 6,1 | 6,2 | 6,8 | 6,8 | 7,5 | 7,6 | 8,3 |
| **Escenario Con proyecto** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nuevas lamparas VS instaladas en el año |  | 251.038 | 264.516 | 278.573 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nuevas lamparas VM instaladas en el año |  | 36.975 | 36.975 | 36.975 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nuevas lamparas LED instaladas en el año |  | 0 | 0 | 0 | 330.209 | 331.420 | 30.636 | 31.953 |
| Inversión en lamparas ($USD Millones) |  | 7,0 | 7,4 | 7,7 | 113,6 | 114,0 | 10,5 | 11,0 |
| Diferencial en Inversión ($USD Millones) |  | 0,9 | 1,2 | 0,9 | 106,8 | 106,5 | 3,0 | 2,7 |
| **Flujo Neto** |  | -0,7 | -0,8 | -0,5 | -83,5 | -60,4 | 238,4 | 47,8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ahorro energético de iluminación en AP |  | 0% | 1% | 1% | 40% | 76% | 76% | 76% |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Beneficios | Costos | Neto |
| VPN dic 2017 ($USD Millones) | $376 | $143 | $234 |
| TIR |  |  | 60% |

Nota: Elaborado con base en cálculos del consultor

Valores presentes consideran flujos descontados del horizonte completo

Se observa que luego de iniciar el proyecto, los niveles de ahorro energético en iluminación serían del orden de 76% con respecto al escenario sin proyecto, lo cual representa un gran beneficio económico medido en valor presente, que justifica el cambio de iluminación aun cuando el costo de lamparas LED sea muy superior al de vapor de sodio. Resumen de resultados de medidas de EE analizadas

La **Tabla** 18 y la **Tabla** 19 resumen los efectos energéticos y ambientales por la implementación de las medidas en el sector residencial y de alumbrado público.

**Tabla 18 – Potencial ahorro energético por la implementación de medidas de eficiencia energética (GWh)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| **Sector Residencial** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cambio de bombillos |  | 248 | 498 | 614 | 733 | 854 | 978 | 1.103 |
| Total ahorro anual Sector Residencial (GWh) |  | 248 | 498 | 614 | 733 | 854 | 978 | 1.103 |
| Ahorro energético acumulado S. Residencial (GWh) |  | 248 | 746 | 1.360 | 2.093 | 2.947 | 3.925 | 5.029 |
| **Alumbrado Público** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cambio de lamparas |  | 1 | 3 | 3 | 183 | 363 | 380 | 398 |
| Total ahorro anual Alumbrado Público (GWh) |  | 1 | 3 | 3 | 183 | 363 | 380 | 398 |
| Ahorro energético acumulado A. Público (GWh) |  | 1 | 4 | 7 | 190 | 553 | 933 | 1.331 |
| **Total ahorro anual (GWh)** |  | **249** | **501** | **617** | **916** | **1.218** | **1.358** | **1.501** |
| **Ahorro energético acumulado (GWh)** |  | **249** | **750** | **1.367** | **2.283** | **3.501** | **4.859** | **6.360** |

Nota: la proyección completa de flujos fue realizada a 2037, para efecto de presentación de resultados en el informe escrito solo se muestran resultados a 2024

El ahorro energético anual total asociado con las medidas de eficiencia energética valoradas asciende a cerca de 2.066 GWh/Año en 2037.

**Tabla 19 – Potencial de emisiones de CO2 evitadas por implementación de medidas de eficiencia energética (TonCO2)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| **Sector Residencial** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cambio de bombillos |  | 96.559 | 193.870 | 239.321 | 285.602 | 332.754 | 380.820 | 429.845 |
| Total emisiones evitadas Sector Residencial (TonCO2) |  | 96.559 | 193.870 | 239.321 | 285.602 | 332.754 | 380.820 | 429.845 |
| Emisiones evitadas acumuladas S. Residencial (TonCO2) |  | 96.559 | 290.428 | 529.750 | 815.352 | 1.148.106 | 1.528.925 | 1.958.771 |
| **Alumbrado Público** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Cambio de lamparas |  | 570 | 1.140 | 1.140 | 71.194 | 141.506 | 148.059 | 154.893 |
| Total emisiones evitadas Alumbrado Público (TonCO2) |  | 570 | 1.140 | 1.140 | 71.194 | 141.506 | 148.059 | 154.893 |
| Emisiones evitadas acumuladas S. Público (TonCO2) |  | 570 | 1.711 | 2.851 | 74.045 | 215.551 | 363.610 | 518.503 |
| **Total emisiones evitadas anuales (TonCO2)** |  | **97.129** | **195.010** | **240.462** | **356.796** | **474.260** | **528.878** | **584.738** |
| **Emisiones evitadas acumuladas (TonCO2)** |  | **97.129** | **292.139** | **532.601** | **889.397** | **1.363.657** | **1.892.535** | **2.477.273** |

Nota: la proyección completa de flujos fue realizada a 2037, para efecto de presentación de resultados en el informe escrito solo se muestran resultados a 2024

Las emisiones anuales de CO2 evitadas por la implementación de ambas medidas se estiman en 1.080.435 TonCO2/Año en 2037.

Los beneficios cuantificados corresponden al ahorro percibido por los usuarios en cada sector, por el menor valor de la energía pagada, toneladas de CO2 evitadas y valoradas al precio de los Certificado de Reducción de Emisiones (CRE), y al costo evitado de la capacidad instalada que se requeriría para atender la demanda energética de no ser ahorrada (CAPEX de una planta de generación para atender la energía no ahorrada a partir de 2023).

**Tabla 20 – Resumen de beneficios y costos por la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector eléctrico ($USD Millones)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| **Sector Residencial** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beneficios |  | 27 | 55 | 68 | 81 | 95 | 655 | 122 |
| Costos |  | 42 | 42 | 27 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| Flujo Neto Sector Residencial ($USD Millones) |  | -14 | 13 | 41 | 54 | 67 | 627 | 94 |
| **Alumbrado Público** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beneficios |  | 0 | 0 | 0 | 23 | 46 | 241 | 51 |
| Costos |  | 1 | 1 | 1 | 107 | 107 | 3 | 3 |
| Flujo Neto Alumbrado Público ($USD Millones) |  | -1 | -1 | -1 | -84 | -60 | 238 | 48 |
| **Total Beneficios** |  | **28** | **56** | **69** | **105** | **141** | **896** | **173** |
| **Total Costos** |  | **43** | **43** | **28** | **134** | **134** | **31** | **31** |
| **Flujo Neto Agregado ($USD Millones)** |  | **-15** | **12** | **40** | **-30** | **7** | **865** | **142** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Beneficios | Costos | Neto |
| VPN dic 2017 ($USD Millones) | $1.456 | $359 | $1.096 |
| TIR |  |  | 172% |

Nota: la proyección completa de flujos fue realizada a 2037, para efecto de presentación de resultados en el informe escrito solo se muestran resultados a 2024

De las tablas anteriores se evidencia una relación costo-beneficio positiva en casi todo el horizonte de proyección, indicando la conveniencia de adelantar las medidas de eficiencia energética.

**ANEXO III**

**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROGRAMA.**

La evaluación de beneficios del programa que hará parte del PCR, pretende conocer si las metas propuestas se alcanzaron en la calidad y oportunidad con que fueron proyectadas. Con base en lo anterior, y para efecto de la evaluación, también se proponen una serie de indicadores para cada uno de los componentes del programa, los cuales deberán ser medidos un año después de ser ejecutada la segunda operación de préstamo de la serie programática, lo cual correspondería al año 2021.

A continuación se describen los lineamientos de la metodología a ser implementada para la evaluación del programa, diferenciando para cada uno de los componentes del programa sujetos de evaluación económica desarrollados en el presente documento.

**Componente III Aprovechamiento de recursos renovables para la generación eléctrica**

En línea con los objetivos establecidos en el Plan de Desarrollo Económico y Social 2016 – 2020 y en el Plan Estratégico Institucional Reformulado (PEI) 2017 – 2020, para el año 2020 la matriz de generación eléctrica debe haber atravesado por una transformación, pasando de una composición predominantemente térmica en 2016 (72% de capacidad instalada con tecnologías térmicas), a una configuración en donde las ER y las ERNC cuentan con una mayor participación (12% energías alternativas y 33% capacidad hidroeléctrica).

En este sentido, se deberá, en primer lugar, identificar aquellos proyectos de generación que efectivamente hayan entrado en operación a diciembre de 2020, discriminando por tipo de tecnología y agregando la capacidad instalada a la ya existente con corte diciembre de 2017. Para la medición, es posible utilizar la información periódica publicada por la AE en su Anuario Estadístico.

Con base en la capacidad instalada de generación agregada, se deberá determinar si la configuración de la matriz corresponde a la originalmente prevista en los planes de desarrollo: 12% energías alternativas (solar, eólica y biomasa), 33% hidroeléctrica y 55% térmica.

Para la evaluación económica, se propone aplicar la misma metodología y formulación de [evaluación de beneficios del programa](https://idbg.sharepoint.com/teams/EZ-BO-LON/BO-L1189/15%20LifeCycle%20Milestones/POD%20BO-L1189%20An%C3%A1lisis%20Economico.docx?d=w09cb3acd53744e50946603bd0f150449), con la diferencia que las variables definidas para el escenario *Con Proyecto*, corresponderán a valores reales con corte a diciembre de 2020. El grado de cumplimiento y efectividad del programa podrá medirse entonces como un porcentaje de la siguiente manera:

Donde:

Es el beneficio neto originalmente previsto asociado con la penetración recursos renovables (RR) en la matriz de generación eléctrica

Es el beneficio neto real asociado con la penetración de recursos renovables (RR) en la matriz de generación eléctrica

Si se desease obtener medidas independientes para cada uno de los distintos beneficios (ej. ambiental, menores costos), estas también pueden calcularse aplicando las respectivas fórmulas de cálculo indicadas en este documento y reemplazando el escenario *Con Proyecto* por información real.

**Componente IV relacionado con el fomento del uso eficiente de la energía eléctrica**

La evaluación económica expost de las medidas de EE puede realizarse siguiendo el mismo principio anteriormente descrito, en donde se aplica la misma metodología y formulación de evaluación económica desarrolladas en el capítulo 4.4 del presente documento, con la diferencia que las variables definidas para el escenario *Con Proyecto*, corresponderán a valores reales con corte a diciembre de 2020. El grado de cumplimiento y efectividad del programa podrá medirse entonces como un porcentaje de la siguiente manera:

Donde:

Es el beneficio neto asociado previsto asociado con la implementación de medidas tendientes a la eficiencia energética en alumbrado público e iluminación en el sector residencial

Es el beneficio neto asociado real asociado con la implementación de medidas tendientes a la eficiencia energética en alumbrado público e iluminación en el sector residencial

Sin embargo, a diferencia del componente anterior, la evaluación económica expost de las medidas de EE requerirán mediciones de campo para obtener una muestra estadísticamente representativa del número y tipo de luminarias utilizadas en el sector residencial y en el alumbrado público.

Se recomienda para efectos de una correcta evaluación, que se hagan dos mediciones de campo, la primera, durante el 2018 para establecer una adecuada línea base del número y tipo de luminarias que se están utilizando en el territorio Boliviano, y la segunda, durante el año 2021 con el mismo objetivo y alcance de la primera.

**Componente IV relacionado con el objetivo de incrementar el acceso a la energía en zonas rurales del país**

Considerando que actualmente no se cuenta un Plan Maestro de Electrificación Rural que permita identificar la mejor solución, acorde con las particularidades y las situaciones de cada localidad y/o solución individual, no resulta relevante proponer una metodología para evaluación económica expost en el año 2021.

Se considera que, en línea con los objetivos definidos en la matriz de política del programa, en 2021 se debe verificar que el GdB cuente con un Plan Maestro de Electrificación Rural aprobado. Es a partir de este documento que será posible diseñar una metodología de evaluación económica para el largo plazo en este campo, tomando como línea base el número de usuarios sin servicio que podrán ser atendidos con cada solución (extensión de redes, sistemas híbridos, soluciones individuales), y considerando su respectivo costo. En el largo plazo se podría evaluar si las soluciones efectivamente implementadas corresponde a aquellas diseñadas, y si se dio un cumplimiento en cuanto a tiempos y magnitud de las inversiones previstas.

1. De acuerdo a la constitución política de Bolivia, el proceso legislativo para la preparación de leyes se origina con la preparación de una iniciativa legislativa, la cual puede ser propuesta por la ciudadanía, los asambleístas, el Órgano Ejecutivo, el Tribunal Supremo y/o los gobiernos autónomos de las entidades territoriales. [↑](#footnote-ref-1)
2. Durante la preparación del programa se realizó un análisis de los potenciales beneficios del programa. [↑](#footnote-ref-2)
3. Emisiones de GEI calculadas en emisiones de CO2 equivalentes. [↑](#footnote-ref-3)
4. La línea de corresponde a la composición dela matriz de generación eléctrica reportada por la AE en el anuario estadístico de 2016. Para la meta se calculao sumiendo que todos los proyectos que se encuentran en construcción y los que están previstos en el Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES), se ejecutan satisfactoriamente. [↑](#footnote-ref-4)
5. La metodología para la estimación e la meta se presenta en el Anexo I. [↑](#footnote-ref-5)
6. La línea de base corresponde al valor proporcionado por el VMEEA para 2016. La meta es el valor de cobertura que el gobierno espera alcanzar en 2022 hacia la cobertura universal en 2025 de acuerdo a la Agenda Patriótica 2025. [↑](#footnote-ref-6)
7. Se toma como referente el número de bombillos por familia del programa de distribución de focos ahorradores adelantado por el GdB en 2012 (5 bombillos por familia). [↑](#footnote-ref-7)
8. Corresponde al número de bombillos LFC efectivamente transferidos a mayo de 2012. [↑](#footnote-ref-8)
9. Tecnología de lámpara fluorescente compacta. [↑](#footnote-ref-9)
10. Si bien la fórmula y modelo discriminan entre ambos sistemas eléctricos, el análisis que se muestra adelante considera el mismo precio de la energía tanto para el SIN como para Sistemas Aislados puesto que el análisis de tarifas se hizo para todos los usuarios residenciales de Bolivia como un conjunto. [↑](#footnote-ref-10)
11. Se utiliza el mismo precio de los CRE descrito en la sección de incorporación de ER a la matriz de generación eléctrica. [↑](#footnote-ref-11)
12. Esta proporción de bombillos fue acordada con los representantes del GdB durante la misión adelantada en mayo de 2018. [↑](#footnote-ref-12)
13. El consumo eléctrico destinado a iluminación residencial en Panamá es de aproximadamente un 16% con base en información del Plan Estratégico Nacional (PEN 2015 – 2050), mientras que en España se puede estar entre un 10% y un 20% con base en información de la Asociación de Empresas de Eficiencia Energética (http://jordimarrot.blogspot.com.co/2014/09/tipos-de-lamparas-y-su-relacion-con-la.html ) y (https://ephicere.wordpress.com/2012/01/31/el-consumo-energetico-en-el-sector-residencial/) [↑](#footnote-ref-13)
14. Considerando una vida útil de 2 años, en promedio cada año la mitad de los bombillos que se encuentran en operación en el mercado deben ser reemplazados. [↑](#footnote-ref-14)
15. Considerando una vida útil de 2 años, en promedio cada año la mitad de las lamparas que se encuentran en operación en el mercado deben ser reemplazados. [↑](#footnote-ref-15)
16. Corresponde al costo total de inversión para el proyecto de Oruro dividido por el número de lamparas a cambiar endicho municipio. [↑](#footnote-ref-16)