

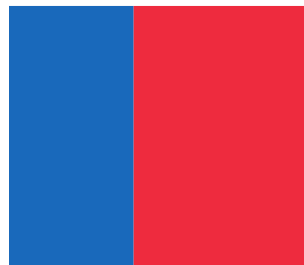
SNI

Sistema Nacional de Inversiones

METODOLOGÍA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

Documento elaborado por la **División de Evaluación Social de Inversiones**

Octubre 2022





Contenido

Ficha Resumen	3
1. Introducción.....	4
1.1 Descripción General del Sector Electrificación Rural	4
1.2 Conceptualización de la Metodología	5
1.3 Etapas del Ciclo de Vida un Proyecto de Electrificación Rural	6
2. Formulación del Proyecto	7
2.1 Diagnóstico de la situación actual	7
2.2 Identificación de Alternativas.....	12
3. Evaluación del Proyecto	16
3.1 Evaluación Social	16
3.2 Evaluación Privada.....	21
4. Conclusiones y Recomendaciones	24
ANEXO 1 Consumos de Energía Residencial.....	25



Ficha Resumen

Nombre Metodología	Formulación y Evaluación de Proyectos de Electrificación Rural		
Sector	Energía		
Subsector	Distribución y Conexión Final a Usuarios / Autogeneración.		
Resumen	<p>La metodología de Electrificación Rural está compuesta de tres capítulos. El primero corresponde a los antecedentes generales del sector; el segundo, a la formulación del proyecto que describe aspectos como: el diagnóstico y optimización de la situación actual y estimación de la demanda y estudio de alternativas; y el tercero presenta, por una parte la evaluación social del proyecto, que consta de la identificación de beneficios y costos; configuración de flujos netos; cálculo de indicadores y criterios de decisión; y por otra, la evaluación privada con el objeto de estimar el subsidio a la empresa proveedora del servicio.</p>		
Proyectos a los que aplica	<ul style="list-style-type: none"> • Extensión de una red eléctrica existente en la zona rural • Instalación de un sistema de autogeneración nuevo. • Reemplazo de un sistema de autogeneración existente de funcionamiento parcial por otro que permita alcanzar el estándar mínimo de consumo. 		
Marco Regulatorio	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto con Fuerza de Ley Nº 4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2007, que regula Servicios Eléctricos. • Reglamento de Alumbrado Público en Vías de Tránsito Vehicular, Ministerio de Energía. • Glosa Presupuestaria del FNDR que permite llevar adelante un subsidio a las iniciativas de extensión de redes eléctricas en el sector rural, determinándose por medio de una evaluación privada a 30 años, calculando el VAN privado. 		
Fuentes de los Principales Datos	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas de Distribución Eléctrica • INE • Municipios 		
Principales Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor consumo de energía eléctrica • Liberación de recursos de fuentes abastecimiento de energías alternativas 		
Método Valorización Beneficios	No aplica	Horizonte de Evaluación (años)	30
Enfoque Evaluación	Costo Eficiencia		
Indicador 1	<i>Nombre Indicador</i>	Valor Actual de Costos (VAC)	
	<i>Criterio de Decisión</i>	Alternativa de Menor VAC	
Indicador 2	<i>Nombre Indicador</i>	Costo Anual Equivalente (CAE)	
	<i>Criterio de Decisión</i>	Alternativa de Menor CAE	



1. Introducción

1.1 Descripción General del Sector Electrificación Rural

El abastecimiento de electricidad en las zonas rurales se puede efectuar mediante la conexión a la red convencional de distribución eléctrica, la instalación de sistemas de autogeneración con energías renovables no convencionales (ERN: energía fotovoltaica, eólica o energía hidráulica), mediante grupos electrógenos o sistemas híbridos¹. En la mayoría de los casos es necesario disponer de un sistema de distribución que permita transportar la energía eléctrica desde el sistema de generación hasta los usuarios. Esto no es generalizable en casos que se utilice sistemas de autogeneración individuales, donde el proyecto consiste en abastecer de electricidad a una determinada zona geográfica con soluciones particulares en cada vivienda.

Las empresas distribuidoras de electricidad solicitan un área de concesión específica dentro del cual tienen la obligación de conectar a la red a las viviendas que lo requieran. Al respecto, la metodología para la fijación de precios de la energía y la potencia eléctrica² estipula que si una empresa o cooperativa de distribución de energía eléctrica tiene concesión sobre el área que se realiza el proyecto, tiene la obligación de dar servicio aún en el caso que éste presente rentabilidad privada negativa³. Los consumos que se abastecen de sistemas eléctricos interconectados (SIC o SING) o mediante sistemas medianos, tienen tarifa regulada, es decir, los clientes finales tienen una tarifa total igual a la suma de los precios de nudo de energía y potencia y del valor agregado de distribución.

En las zonas rurales fuera del área de concesión, el Estado cumple un rol subsidiario para atender las viviendas que no están conectadas a la red e incentivar a las empresas distribuidoras a proveer este servicio, pues dados los altos costos de inversión, no les es rentable atender a zonas con baja concentración de viviendas. En estas zonas, el servicio eléctrico puede proveerse a través de una empresa de distribución tradicional, o a través de sistemas eléctricos aislados con capacidad instalada de generación inferior o igual a 1,5 MW, en los cuales se definen tarifas finales las que deberán ser acordadas entre el Municipio y la empresa que va a entregar el servicio. En este acuerdo se deberá estipular el precio del suministro, cláusulas de reajustabilidad del mismo, calidad del servicio, número de horas diarias de funcionamiento y toda otra condición que sea pertinente. Los acuerdos tendrán una duración mínima de cuatro años (de acuerdo con el DFL-1 del Ministerio de Minería del año 1982).

Por otra parte, la provisión de electricidad mediante energías renovables no convencionales, sobre todo las de tipo individual y que no cuentan con una empresa que administre, opere y mantenga el sistema eléctrico, son una alternativa que presenta dificultades para su gestión, pues no existe una institucionalidad que la

¹ Sistemas compuestos por dos o más tipos de energía.

² Esta metodología está definida por la legislación eléctrica vigente establecida en Decreto con Fuerza de Ley N° 4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2007, que fija texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley N° 1, de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de energía eléctrica, modificado por las leyes N° 20.220 y 20.257.

³ No obstante, de acuerdo con el artículo 125 DFL N°4/20.018 de 2006, puede exigir a los usuarios aportes de financiamiento reembolsables para la ampliación de capacidad del sistema o bien, es posible realizar aportes subsidiarios del Estado.



regule. Por esta razón, las y los formuladores de este tipo de proyectos deben poner especial atención al modelo de gestión que se implementará para la operación, mantenimiento y administración de estos sistemas.

La presente Metodología de Formulación y Evaluación de Proyectos de Electrificación Rural es aplicable a todos aquellos proyectos que contemplen el abastecimiento de energía eléctrica, tanto al sector residencial y público, como a sistemas productivos; ya sea mediante conexión a un sistema convencional de red eléctrica, por sistemas que utilicen ERNC, grupos electrógenos o sistemas híbridos. Esta metodología se entrega como una herramienta de trabajo para consultores o profesionales de los Gobiernos Regionales que deban presentar proyectos de electrificación rural al Sistema Nacional de Inversiones.

1.2 Conceptualización de la Metodología

El objetivo de la evaluación de un proyecto de abastecimiento eléctrico en zonas rurales, es decidir con criterios técnicos - económicos entre distintas opciones tecnológicas, aquella que permita satisfacer el requerimiento energético de una localidad determinada. Ello supone la existencia de criterios de evaluación destinados a juzgar la adecuación de las distintas alternativas en la provisión de energía eléctrica de la manera más eficiente.

La mayor parte de los proyectos de electrificación tiene por objetivo proveer de electricidad a viviendas que en la actualidad no cuentan con este servicio, o que son provistas por un sistema distinto a la red eléctrica que funciona parcialmente. En estos casos, el enfoque metodológico adoptado para la toma de decisión sobre la inversión es el siguiente: se evaluará la factibilidad técnica y económica de abastecer a la localidad que presenta el requerimiento mediante la extensión de la red eléctrica existente en la zona (en caso de existir). Si el costo de inversión por vivienda es menor al de referencia por región, la decisión es la ejecución del proyecto de extensión de la red. En cambio, si el costo de inversión por vivienda (se incluye costo de instalaciones interiores, empalme e impuestos) es superior al costo de referencia por región⁴, se deberá plantear alternativas de solución adicionales, tanto del tipo colectivas como individuales. Sobre este conjunto de alternativas, la selección de realizará aplicando un enfoque costo-eficiencia, incluyendo en esta comparación a la extensión de red.

Cabe señalar que si en el área de influencia existe disponibilidad suficiente de recurso hídrico, se deberá evaluar la alternativa de microcentral hidroeléctrica, aún cuando el costo por vivienda de la red eléctrica sea menor que el costo de referencia.

La metodología también entrega las indicaciones para realizar la evaluación privada del proyecto, esto es, la rentabilidad que obtendría la empresa a cargo de proveer y administrar el servicio eléctrico (distribuidora de electricidad en el caso de extensión de red). La evaluación privada tiene por objetivo analizar la necesidad de entregar un subsidio máximo a la inversión y determinar su monto.

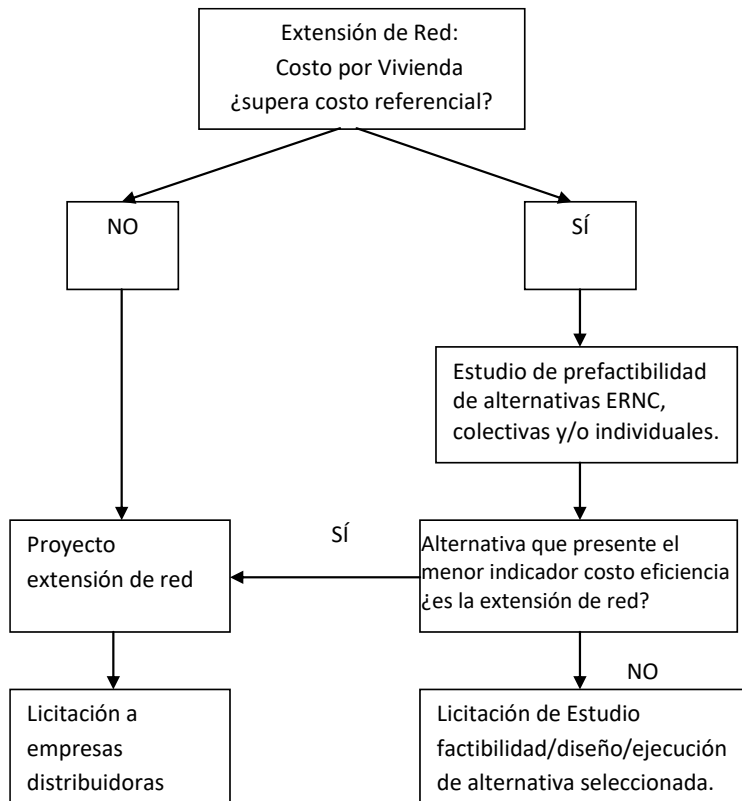
⁴ Los valores de referencia por región serán publicados en las Normas, Instrucciones y Procedimientos (NIP) del Sector Energía.



1.3 Etapas del Ciclo de Vida un Proyecto de Electrificación Rural

En el caso de los proyectos de extensión de red cuyo ámbito de estudio sea electrificar pequeñas comunidades o localidades, en muchos casos sólo bastará con su formulación y evaluación a nivel de perfil para que sean autorizados a avanzar a la etapa de ejecución del proyecto. Esto, producto de que existe poca incertidumbre ante las estimaciones de costos de inversión, cantidad de energía y potencia suministrada, nivel y confiabilidad del servicio, costos de operación, horizonte del proyecto, vida útil de las instalaciones, etc. puesto que la preparación del proyecto, ingeniería, presupuesto, etc. es preparado por una empresa eléctrica concesionaria de la zona con experiencia en esta tipología de proyecto.

Los proyectos de electrificación mediante sistemas de autogeneración tienen mayor incertidumbre en su fase de preinversión y requieren de estudios de prefactibilidad y/o factibilidad que incluya ingeniería de detalle, de tal forma de disminuir la incertidumbre respecto a costos de inversión, energía suministrada, costos de operación y sustentabilidad del proyecto. En casos justificados, sobre todo para tecnologías con poca presencia nacional y/o proyectos en zonas territorialmente complejas, se podrá licitar la iniciativa de inversión que puede incluir el estudio de factibilidad, diseño y ejecución a una única empresa.





2. Formulación del Proyecto

Las principales fuentes de información para elaborar los proyectos de electrificación rural corresponden al Ministerio de Energía, el Instituto Nacional de Estadísticas, el Municipio, los Gobiernos Regionales, las organizaciones comunitarias de la localidad, sus habitantes y la(s) empresa(s) distribuidora (s) eléctrica (s) de la zona.

Un proyecto de electrificación rural debe ser formulado de acuerdo con la siguiente pauta general, presentada en este capítulo. Dependiendo si se está formulando el perfil para postular a ejecución un proyecto de extensión de red; o si se está preparando un estudio de prefactibilidad para analizar alternativas de autogeneración, habrá instrucciones e información que aplicarán para uno u otro caso.

2.1 Diagnóstico de la situación actual

El objetivo del diagnóstico es, en base a un conocimiento técnico, identificar y establecer la magnitud del problema, la población afectada y su crecimiento esperado; describir el área de influencia; describir la forma de abastecimiento actual de energía eléctrica, identificando su capacidad (oferta) y la demanda esperada en el horizonte de evaluación.

a) Identificación del Problema

Se deberá describir la situación del abastecimiento de energía eléctrica que afecta a la población, tanto en calidad, cantidad y continuidad, indicando los efectos negativos que provoca en su bienestar y que fundamentan una intervención para subsanarlos. Es importante señalar que el problema no debe definirse en términos de la falta de conexión a la red eléctrica, pues de esta manera se predetermina la solución a adoptar, lo que limita el análisis de alternativas y optimizaciones posibles.

En la mayoría de los casos, el problema es el insuficiente abastecimiento energético que tiene la población producto de la utilización de sustitutos poco eficientes, como velas, linternas, lámparas (a gas o kerosene), baterías, pilas, generadores a diesel o gas, los cuales conllevan un alto gasto financiero, todo lo cual impacta negativamente en la calidad de vida de los habitantes de la localidad dada la ausencia de energía eléctrica y/o los altos gastos por concepto de adquisición de sustitutos de energía.

b) Descripción del área de influencia y de la población

Los antecedentes mínimos que se deben indicar son los siguientes:

- *Caracterización de la Zona:*
 - Nombre de la localidad, comuna, provincia, región a la que pertenece
 - Características geográficas: coordenadas de latitud y longitud; altura sobre el nivel del mar; superficie en [km²]; distancia y facilidad de acceso a la zona del proyecto.
 - Características climáticas: hidrología (características fluviales y pluviales); tipo de clima.



- Características demográficas, habitacionales: número de habitantes, número y tipo de viviendas (superficie, materialidad, si es para residencia permanente o de agrado/segunda vivienda), croquis de emplazamiento de viviendas, densidad de la población (habitante/superficie localidad). La mayor cantidad de información demográfica disponible debe desagregarse por sexo, considerando también, de ser posible, la cantidad de hogares con jefas de hogar.
- Infraestructura pública: descripción de caminos (tipo y longitud); vías de comunicación; servicios públicos y equipamiento de la localidad; distancia del centro geográfico de la localidad a las líneas de distribución y sub-transmisión de electricidad hasta 23 [kV], en [km].
- Antecedentes socio-culturales: deberá describirse brevemente las instituciones activas de la localidad. Ello permitirá determinar la viabilidad de que la operación y mantención del proyecto sean realizadas por una empresa, pública y/o privada, una cooperativa u otra organización de la misma comunidad, especialmente en el caso que el proyecto no sea de extensión de la red.
- Establecimientos públicos: deberá señalarse la existencia de escuelas (indicando el número de estudiantes, diferenciando por sexo), postas, retenes, centros comunitarios, instituciones de carácter religioso, alumbrado público, etc.
- Antecedentes económico-financieros: se deberá describir las actividades económicas principales (agricultura, pesca, comercio, artesanado, etc.); actividades económicas con problemas de productividad vinculados a la energía; apreciación justificada de la capacidad de financiamiento y pago de la tarifa del servicio.

Fuentes de Información: Municipalidad y entrevistas a organizaciones locales, SEC, empresas eléctricas, líderes de la localidad y ONG con presencia en la zona.

- *Antecedentes legales y reglamentarios:*

- Indicar el marco regulatorio de acceso a los recursos energéticos válidos para la zona del proyecto, tales como: derechos de agua, servidumbre de paso, zonas de concesión, empresas eléctricas de la zona, áreas de desarrollo indígena, zonas protegidas como parques o reservas que impliquen el ingreso al SEIA.

Fuentes de información: Municipalidad, Dirección General de Aguas, entrevistas a organizaciones locales, departamento de patentes comerciales, departamento legal, SEC, empresas eléctricas, Conservador de Bienes Raíces, líderes de la localidad y ONG con presencia en la zona, entre otras.

- *Antecedentes de disponibilidad de recursos energéticos*

Si la formulación está estudiando alternativas de ERNC se deberá indicar, justificando mediante estudios técnicos adecuados:



- Estimación del caudal en época estival o de mínima disponibilidad [m^3/s] y altura de caída de los recursos hidráulicos [m].
- Radiación solar media, en [$kWh/(m^2/día)$], del período de menor radiación.
- Estimación de la velocidad media del viento, en m/s.

Fuentes de Información: Ministerio de Energía; Dirección Meteorológica de Chile; Servicio Meteorológico de la Armada; Dirección General de Aguas; Instituto de Investigaciones Agropecuarias; Instituto de la Patagonia (Punta Arenas); CODELCO-CHILE División Chuquicamata; Departamento de Geografía de la Universidad de Chile; Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Federico Santa María; Universidad de Playa Ancha (Valparaíso); Departamento de Física de la Universidad del Norte; Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile; Universidad de Magallanes; Universidad de Concepción; explorador solar Universidad de Chile (<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/>); consultas a los miembros de la comunidad y a quienes hayan hecho estudios y/o proyectos en la zona, entre otras fuentes.

c) Descripción de la población afectada

Se deberá identificar dentro del total de los habitantes de la localidad, diferenciando por sexo con fines informativos, a aquellos que están afectados por el problema referido a la disponibilidad de energía eléctrica, distinguiendo a residentes temporales de los permanentes; y señalando el emplazamiento de sus respectivas viviendas.

d) Análisis del abastecimiento energético actual (Oferta)

Se debe caracterizar la forma de abastecimiento energético existente, para los diferentes tipos de usuarios presentes en la localidad.

Viviendas: indicar los tipos de energía utilizados tales como velas, carga de baterías, pilas, litros de kerosene, kilos de gas, etc. En caso de que la localidad cuente con un sistema electrógeno colectivo, indicar la potencia de sistema, la tarifa cobrada y el número de horas que está en funcionamiento.

Alumbrado público: se deberá indicar si existe alumbrado público en la localidad. En caso de existir, y éste sea alimentado por un grupo electrógeno, se deberá indicar las horas diarias en que están encendidas las luminarias y el gasto promedio anual de operación del sistema.

Sistemas productivos: en este ítem deben ser considerados los sistemas productivos, tales como pequeña agricultura, caletas pesqueras, artesanía y otras relevantes en la localidad, describiendo los usos productivos abastecidos por fuentes alternativas de energía (generadores diesel, a gas, etc.).

Servicios públicos: se consideran las escuelas, retenes, centros comunitarios y postas. Para estos servicios se deberá indicar la forma actual de abastecimiento de energía eléctrica; en caso de contar con grupos electrógenos, indicar número de horas al día en que éstos funcionan y su potencia.



e) Estimación de la demanda actual y proyectada

La demanda por electricidad es la cantidad de este tipo de energía necesaria para satisfacer las necesidades de una localidad. Para los proyectos de electrificación rural, la demanda debiera provenir fundamentalmente de las familias residentes de la localidad, para satisfacer sus necesidades de consumo doméstico (iluminación, uso de electrodomésticos); de las actividades productivas locales y también de los establecimientos públicos (postas, escuelas, retenes, etc.).

En principio, podrán estimarse los requerimientos de electricidad en base a los consumos correspondientes en localidades rurales con electricidad, en las cuales éstos ya estén estabilizados (es decir, que la comunidad dispone de electricidad, sin racionamiento, desde por lo menos cinco años).

- *Demanda residencial: corresponderá a la suma de los consumos individuales de la totalidad de las viviendas de la localidad, el que deberá considerar una tasa de crecimiento del consumo en sí, además de la tasa de crecimiento vegetativo. En el caso de extensión de red, para efectos de la evaluación privada y cálculo del subsidio, se podrán utilizar las curvas de consumo para las regiones del Maule, del Biobío, de La Araucanía y de Los Lagos, indicadas en el Anexo N°1. Para las otras regiones, se podrá utilizar el método de comparar con una localidad similar con energía eléctrica.*

En síntesis, el requerimiento mensual de electricidad, tanto de energía como de potencia, del sector residencial será:

Ecuación N° 1 *Requerimiento Mensual de Electricidad*

$$Q^r_t = q_t \times NV$$

donde:

- ◆ Q^r_t : demanda mensual de electricidad del sector residencial, en [kW] y [kWh/mes], para el año t
- ◆ q_t : demanda de una vivienda en el año t, en [kW] y [kWh/mes]
- ◆ NV : número de viviendas habitadas existentes en la localidad.

La Ecuación N° 1 se calculará en forma separada para los requerimientos de energía y de potencia. Para los períodos siguientes es necesario incrementar dicho valor con la tasa de crecimiento considerada.

Fuentes de información: Municipalidad, otras localidades rurales con electricidad desde hace por lo menos 5 años, empresas eléctricas, Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

- **Demanda Alumbrado público:** la cantidad, potencia y tipo de luminarias se determinará en base al proyecto hecho por especialistas, el cual deberá considerar la Norma Chilena para el Diseño de Alumbrado Público.



- **Demanda Actividades productivas:** la demanda para actividades productivas puede obtenerse de los consumos correspondientes en localidades electrificadas sin racionamiento y donde el consumo esté estabilizado, o bien, de existir, de los proyectos específicos diseñados para estos consumidores en la localidad. En el caso del comercio y de las actividades artesanales, se considerarán sólo aquéllos en la localidad y sus requerimientos de equipamiento eléctrico. La evolución del consumo de los sistemas de producción de frío en caletas pesqueras dependerá del volumen de captura.
- **Demanda de Servicios públicos:** la demanda de estos usuarios puede obtenerse en base a los consumos correspondientes en localidades con suministro de electricidad sin restricciones, donde el consumo esté estabilizado.

Fuentes de información: Municipalidad, escuelas, postas, retenes y centros comunitarios de la localidad y de localidades electrificadas, SEREMI de Educación y Salud y Dirección General de Carabineros de Chile.

Resumen de la demanda

Los requerimientos de electricidad se presentarán según el formato de la Tabla Nº 1 siguiente. En ella se deben incluir sólo a los tipos de usuarios relevantes en la localidad.

Tabla 1: Requerimientos de Electricidad de la localidad

Tipo de Usuario	Energía neta unitaria 1 [kWh/mes] (a)	Potencia neta unitaria 1 [kW] (b)	Número de unidades consumidoras (c)	Factor de coincidencia en punta (d)	Requerimiento neto de energía [kWh/mes] (a)*(c)	Requerimiento neto de potencia [kW] (b)*(c)*(d)
Residencial				0,5		
Alumbrado Público				1		
Actividades productivas						
<i>Riego</i>				1,0		
<i>Comercio</i>				1,0		
<i>Pesca</i>				1,0		
<i>Actividades Artesanales</i>				1,0		
Servicios Públicos						
<i>Escuelas</i>				0,6		
<i>Postas</i>				0,8		
<i>Retenes</i>				1		
Municipalidad				1		
Otros				1		
TOTAL						



Debe destacarse que los requerimientos anteriores no incluyen las pérdidas propias del sistema de abastecimiento de electricidad (por ejemplo: si el proyecto es fotovoltaico, no se contabilizan las pérdidas de inversores y baterías). Estas pérdidas deberán ser agregadas al diseñar el proyecto específico de abastecimiento.

Para dar cuenta del crecimiento de la demanda hasta el horizonte de evaluación (30 años para extensión de redes), los requerimientos de energía y potencia se aumentarán según la tasa de crecimiento del número de viviendas y la tasa de crecimiento del consumo en la localidad.

Para estimar una tasa de crecimiento del número de viviendas, si no se dispone de datos específicos para alguna de ellas, se debe utilizar la tasa de crecimiento del número de viviendas correspondiente a las zonas rurales de la comuna o bien de la provincia. Dicha información puede obtenerse de los censos de población y vivienda que realiza el INE y de la Municipalidad respectiva.

2.2 Identificación de Alternativas

Cabe señalar que, de acuerdo con el enfoque metodológico adoptado, la primera tecnología a evaluar será la extensión de la red eléctrica. Si el costo de inversión por vivienda de esta alternativa supera el costo referencial⁵ por región, entonces se deberá realizar un estudio de análisis de alternativas de electrificación con ERNC o sistemas híbridos (ERNC con grupos electrógenos diesel o a gas).

a) Extensión de Red eléctrica

Corresponde a los proyectos de extensión de la red eléctrica convencional, trasladando la energía eléctrica desde la fuente de abastecimiento hasta las y los usuarios finales mediante un sistema de distribución formado por líneas o tendidos eléctricos, transformadores de tensión, interruptores, aisladores, postes, etc.

El trazado eléctrico debe utilizar las avenidas, calles, caminos y sendas, utilizando el criterio de mínima distancia. También se utiliza como criterio en el diseño de la red, la relación de pérdidas de energía en el sistema. Éstas deberán minimizarse dependiendo de la tensión en que se abastezca a la localidad, generalmente en media tensión (7.6, 13.2 ó 23 kV). Es importante mencionar que estos niveles de tensión son utilizados para la distribución de la energía, pero para el suministro a usuarios la tensión corresponde a 380 Volt entre fases y 220 Volt fase - neutro.

Las características del sistema de distribución eléctrico se pueden señalar según la siguiente tabla.

⁵ Los valores de referencia por región serán publicados en las Normas, Instrucciones y Procedimientos (NIP) del Sector Energía.



Tabla 2 Variables en Línea Eléctrica

	ITEM	A.T.	B.T.	B.T. Común
1	Tensión (KV)			
2	Aislación			
3	Longitud Línea (Km)			
4	Nº Conductores			
5	Tipo Conductor			
6	Valor Unitario Conductor			
7	Valor Conductor ((3)*(4)*(6))			
8	Tipo de Postes			
9	Nº de Postes			
10	Postes por Km (9)/(3)			
11	Valor Unitario Postes			
12	Valor Postes ((9)*(11))			
13	Otros Costos			
14	Costo Total (7)+(12)+(13)			

Se deberá presentar croquis de ubicación georreferenciados al 1:250.000, o a una escala mayor, en base a cartas IGM, como también planos de detalles para ubicación de líneas, casas y obras, georreferenciados como máximo a escala 1: 10.000. En particular, se requiere la georreferenciación del punto de conexión del proyecto a la red existente (punto de arranque).

b) Sistemas de autogeneración

Los proyectos pueden considerar sistemas de autogeneración individuales, es decir, uno por cada solución; o colectivos, debiendo detallar el sistema de generación y distribución. En estos casos, resulta relevante la información que a continuación se detalla.

- *Inventario de recursos energéticos*

Del estudio de las condiciones locales, se debe identificar los recursos energéticos naturales que pueden entregar suministro eléctrico. En esta sección se deberán entregar antecedentes relativos al real potencial de cada opción. En general, la evaluación de los recursos no convencionales es compleja, por lo que deberá ser hecha por personal calificado.

Para cada recurso identificado como posible fuente de abastecimiento para el proyecto, se deberá entregar la información que aparece en la Tabla Nº 3. En ella, los datos de disponibilidad del recurso deben provenir



de mediciones confiables, y la energía media generable será un cálculo aproximado hecho por el consultor o evaluador del proyecto.

Tabla 3. Inventario de Recursos Energéticos No Convencionales y Energía Media Generable

recurso	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
solar												
<i>insolación [MJ/m²]</i>												
<i>energía media generable [Wh/día]</i>												
Eólico												
<i>velocidad media del viento [m/s]</i>												
<i>energía media generable [Wh/día]</i>												
Microhidráulico												
<i>caudal [m³/s]</i>												
<i>altura de caída * [m]</i>												
<i>energía media generable [Wh/día]</i>												

Nota: *Indicar sólo en la columna "Promedio"

- **Tecnologías adecuadas**

Detectados el tipo y volumen de requerimientos, se efectuará una selección preliminar de las tecnologías disponibles y factibles técnicamente de implementar para satisfacer la demanda, de acuerdo con la existencia de recursos energéticos, la identificación de las tecnologías más aptas para cada requerimiento, sus costos de inversión, operación y mantenimiento, su madurez tecnológica y otros factores.

- **Capacitación y difusión de las tecnologías**

Para los sistemas de autogeneración es indispensable evaluar la capacidad de las instituciones responsables para difundir el uso de las tecnologías. El desarrollo de los proyectos diseñados, construidos, operados y/o mantenidos por empresas, cooperativas o la comunidad, dependerá en parte importante de la existencia de instituciones que administren ágilmente programas de demostración técnica, de capacitación y de difusión masiva hacia la colectividad.

Basándose en las consideraciones anteriores, se deberá realizar un análisis crítico relativo a la sustentabilidad de la tecnología (es decir, las posibilidades de mantenerse operando en el largo plazo) en la localidad beneficiaria del proyecto, incluyendo actividades de capacitación a los usuarios dentro de los requerimientos a realizar al proveedor del sistema.



- **Definición de Alternativas de sistemas de autogeneración**

Como resultado de las etapas anteriores, se obtendrá un conjunto de tecnologías adecuadas a la localidad que dan origen a proyectos factibles. Deberán evaluarse proyectos que cumplan con suministro eléctrico de 24 horas el día, en 220 V, corriente alterna y que permitan alcanzar un estándar mínimo de consumo de energía eléctrica⁶.

En esta etapa se deberá presentar un estudio preliminar de todas las alternativas técnicamente factibles, que luego serán evaluados económicamente. El estudio técnico deberá cubrir al menos los puntos siguientes (los detalles deben presentarse en anexos).

i) Tamaño de la alternativa

Del estudio de requerimientos de electricidad, incluidas las pérdidas y factores de coincidencia en punta, se obtendrá la potencia máxima a abastecer hasta el horizonte de evaluación. Se deberán considerar, asimismo, los requerimientos de continuidad del servicio (en especial cuando el proyecto no sea extensión de la red, en cuyo caso se necesitan sistemas de respaldo o de almacenamiento de energía).

El proyecto deberá diseñarse para satisfacer la demanda correspondiente al final del horizonte de evaluación. Si no se prevé abastecer la totalidad de los requerimientos, se deberá justificar la elección de consumidores que serán abastecidos. Deberán justificarse los factores de seguridad utilizados. En el caso de proyectos modulares (como por ejemplo los fotovoltaicos), deberán especificarse los años en que se agrega nueva capacidad de generación.

ii) Caracterización de la alternativa

Se deberá caracterizar la alternativa en lo relativo a fuente de energía a utilizar, equipos, costos, instalaciones, insumos, mano de obra, etc. Se deberán distinguir los equipos e insumos nacionales e importados, como asimismo el grado de calificación de la mano de obra que requeriría la instalación de la alternativa (calificada, semi-calificada, no calificada), junto al salario de mercado de cada uno.

iii) Localización

Se deberá presentar croquis de ubicación georreferenciados al 1:250.000 en base a cartas IGM. Se deberá presentar planos de detalles para ubicación de líneas, casas y obras, georreferenciados como máximo a escala 1: 10.000. En particular, se requiere la georreferenciación del punto de mayor concentración de componentes (baterías, inversores, turbinas, etc.) para energía eólica y, por último, la ubicación de los paneles fotovoltaicos, ya sean individuales o centralizados en el caso de energía solar.

⁶ Este parámetro será definido por el Ministerio de Energía e informado en las NIP del sector energía.



iv) Obras físicas

Ellas se refieren a la construcción de edificios, oficinas administrativas, talleres, depósitos, accesos camineros y toda otra obra complementaria que se necesite para la operación del proyecto.

Se deberá realizar una descripción de dichas obras, incluyendo un análisis de costos, en el cual se debe presentar un detalle de los principales insumos que se utilizarán en la ejecución de las obras, indicando cantidad, origen (nacional o importado) y precio unitario. Análogamente, se realizará dicho análisis para los equipos, maquinarias y herramientas requeridas para la ejecución de las obras.

Finalmente, se detallará la mano de obra que se empleará en la ejecución de las obras, indicando su número, oficios, calificación y salario de mercado para los distintos oficios y especialidades.

3. Evaluación del Proyecto

Para los proyectos de electrificación rural se realizará tanto una evaluación social como una privada. El objetivo de la evaluación privada es determinar el monto del subsidio a la inversión que requerirá la empresa que proveerá el servicio eléctrico. A continuación, en la sección 3.1 se indica las instrucciones para realizar la evaluación social. Posteriormente, en la sección 3.2 se trata la evaluación privada.

3.1 Evaluación Social

La evaluación social de proyectos permite determinar en qué medida un proyecto de inversión tendrá un efecto sobre la sociedad en términos económicos y de bienestar. En el SNI se utilizan dos enfoques de evaluación:

- **Análisis costo-beneficio:** este tipo de análisis permite identificar, entre un conjunto de alternativas de iniciativas de inversión, cuál es la que genera el mayor beneficio neto para la sociedad. Requiere identificar, cuantificar y valorizar todos los beneficios y costos del proyecto y obtener indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) que permitan concluir sobre la rentabilidad económica del proyecto.
- **Análisis costo-eficiencia:** asume que los beneficios son deseados por la sociedad por lo que no se calcula un valor monetario de los beneficios. El objetivo de este enfoque es comparar alternativas que permitan obtener el beneficio buscado, para identificar aquella que permita obtenerlo utilizando la menor cantidad de recursos. Para ello, se debe realizar una completa identificación, cuantificación y valoración de los costos asociados al proyecto, para estimar posteriormente indicadores como el Valor Actual de Costos (VAC) y el Costo Anual Equivalente (CAE).

Las iniciativas de inversión de proyectos de electrificación rural que permiten aumentar el nivel de servicio se evaluarán con un enfoque costo eficiencia, ya que la política pública vigente ha definido la necesidad de proveer este servicio a los sectores rurales semiconcentrados y dispersos.



Como se ha mencionado anteriormente, el primer paso será evaluar la opción de conexión a la red eléctrica, comparando el costo de inversión por vivienda presentado en un presupuesto de una empresa eléctrica distribuidora con el costo referencial por región⁷. En caso de ser menor, podrá ejecutarse en forma directa esta alternativa. En caso de que el costo de la red sea mayor al costo referencial, deberá desarrollarse el análisis de alternativas de autogeneración, ya sean individuales y/o colectivas.

a) Identificación de beneficios

No obstante que la metodología utilizará un enfoque costo eficiencia, se deberá identificar y describir los beneficios principales que generará el proyecto. Entre ellos se pueden presentar los siguientes:

- **Potencialidades de desarrollo:** la introducción de electricidad o el aumento del suministro permitirá mejorar las condiciones de vida y productivas en la localidad. Dichas mejoras pueden identificarse a partir de las limitaciones que produce la carencia de electricidad, su abastecimiento deficiente, o bien las deficiencias relacionadas con energéticos y equipos que proveen servicios alternativos a la electricidad (por ejemplo, velas para iluminación, bombas a petróleo para irrigación, etc.).
- **Mejoramiento de las condiciones domésticas:** condiciones de iluminación, refrigeración de perecibles, uso de televisor y radio, uso de electrodomésticos. Para los casos donde existan datos, informar la cantidad de viviendas con jefas de hogar beneficiadas.
- **Desarrollo productivo y comercial:** reducción de pérdidas por refrigeración de pescados, aumento de las cosechas por mayor riego por utilización de bombas, aumento de la productividad de los artesanos por utilización de herramientas eléctricas, mejoras en la comercialización de productos perecibles (lácteos, carnes, etc.) en los establecimientos comerciales.
- **Desarrollo comunitario y sociocultural:** mejoramiento de las condiciones de seguridad debido al alumbrado público, mejoramiento del funcionamiento de los servicios públicos.
- **Ahorro de recursos en energías alternativas:** en los casos que exista un sistema alternativo, se considerará también como beneficios del proyecto el ahorro en diesel, gas, baterías, etc., como también el ahorro producto de evitar el reemplazo de equipos de estos sistemas.

b) Costos sociales

Corresponden a todos los recursos usados en el proyecto valorados a precios sociales.

- Costos de inversión:** corresponden a la infraestructura y equipamiento para extender la red eléctrica o para instalar un sistema de autogeneración. Incluye el ítem de obras civiles, equipos, compra de terrenos, servidumbres y asesorías
- Costos de operación y mantención:** se registran a lo largo de la vida útil del proyecto y son los que permiten el funcionamiento y la mantención del sistema.

⁷Valores publicados en NIP Vigente del Sector Energía.



- **Costos de producción:** en el caso de la extensión de red, corresponde al precio de la energía y de la potencia. En autogeneración, corresponde al costo del diesel puesto en el lugar, para el caso de grupos electrógenos o híbridos; personal encargado de la operación.
- **Costos de mantención:** repuestos, insumos, personal encargado de la mantención.

En general, los costos sociales pueden deducirse de los costos privados descontando impuestos y subsidios, corrigiendo la componente importada de los insumos por el factor de corrección social de la divisa, descontando los derechos de aduana, y corrigiendo el precio de la mano de obra según el nivel de calificación con los factores indicados por el Ministerio de Desarrollo Social. La tabla 4 presenta los ajustes de los costos de inversión, operación y mantención privados para expresarlos en valor social.

Tabla N 4: Corrección a Precios Sociales

Costos	Ajuste
Maquinarias, equipos e insumos nacionales	Descontar IVA y otros impuestos;
Maquinarias, equipos e insumos importados	Descontar IVA, arancel y otros impuestos; aplicar el factor de corrección de la divisa
Sueldos y salarios	Aplicar el factor de corrección de la mano de obra, para cada nivel de calificación.
Combustibles	Utilizar el Valor Social del Diesel o Gasolina, calculado como $0,75 * P_{diésel}$ (con IVA) Se debe incluir el costo de transporte, almacenamiento y manipulación puesto en el lugar del proyecto

c) Configuración de los Flujos Netos

Dado que, como se mencionó anteriormente, esta metodología adopta un enfoque costo – eficiencia, los flujos netos estarán constituidos por todos los costos anuales que corresponda incurrir por la ejecución y operación del proyecto, valorados a precios sociales. Los flujos netos deberán estimarse para todo el **horizonte de evaluación**, el cual, por lo general, está definido por la vida útil (años) del componente de la inversión que tiene mayor duración. Para proyectos de sistema de extensión de red, el horizonte de evaluación debe ser de 30 años. En sistemas de autogeneración, deberá estimarse caso a caso, dependiendo de la tecnología utilizada.

En el último periodo del horizonte de evaluación, deberá incluirse el **valor residual** de los activos del proyecto. Éste puede calcularse restando la depreciación acumulada al valor inicial de los activos; o, alternativamente, estimando el valor de mercado que podrían tener en el último período del horizonte de evaluación. En el caso de terrenos, su valor residual debe ser equivalente al considerado en la inversión, ya que cualquier aumento en su plusvalía no es un beneficio atribuible al proyecto de electrificación rural.



En los flujos también deberá incluirse el costo de las **reposiciones de equipos** u otros componentes del sistema que tengan una vida útil menor al horizonte de evaluación como, por ejemplo, la reposición de baterías en el caso de sistemas fotovoltaicos.

A continuación, se muestra cómo deben presentarse los flujos netos que permitirán la evaluación económica de la iniciativa de inversión.

Tabla 5: Flujos considerados en la evaluación económica

Ítems	Año 0	Año 1	Año 2	...	Año 20
(1) Costos Operación		CO ₁	CO ₂	...	CO ₂₀
(2) Costos Mantención		CM ₁	CM ₂	...	CM ₂₀
(3) Costo Terreno	Te				
(4) Inversión	Inv				
(5) Valor Residual					-VR
(6) Reposición de equipos*					
Flujo de Costos (1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)	I ₀	CT ₁	CT ₂	...	CT ₂₀

*en el periodo que corresponda

Donde:

CO_t : Costo operación año t

CM_t : Costo mantención año t

Te : Inversión en terrenos

I₀ : Inversión inicial año 0

CT_t : Costo total año t

VR : Valor residual de la inversión (se expresa con valor negativo pues es un ingreso que el proyecto puede obtener).

d) Cálculo de indicadores y Criterios de Decisión

El cálculo de indicadores y la aplicación de criterios de decisión permiten seleccionar la alternativa más conveniente. En proyectos de electrificación rural debido a que se aplica el enfoque costo eficiencia, se estimarán los indicadores de costos CAE y VAC. Para la estimación de estos indicadores se utilizará la **Tasa social de descuento**, la cual representa el costo que significa para el país destinar fondos al proyecto y no a su mejor uso alternativo. Esta tasa se utiliza para actualizar o descontar los flujos futuros del proyecto estimados para el horizonte de evaluación, con el fin expresarlos en un mismo momento del tiempo.



- **Valor Actual de Costos (VAC)**

El VAC es el valor actualizado de los costos de inversión, operación y mantención. Este indicador sólo permite comparar alternativas de igual vida útil. Se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

- I_0 : Inversión Inicial en precios sociales
- CT_t : Costos incurridos durante el año t (equivalentes a los obtenidos en la tabla 5), valorados a precios sociales
- n : Horizonte de evaluación
- r : Tasa social de descuento⁸

El criterio de decisión al utilizar el VAC es el siguiente: la alternativa de solución evaluada que presente el menor valor actual de costos es la más conveniente desde el punto de vista técnico económico.

- **Costo Anual Equivalente (CAE)**

El CAE es un indicador utilizado para comparar alternativas de proyectos que tienen beneficios iguales en el tiempo y distinta vida útil. Se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$CAE = VAC * \left[\frac{r * (1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Donde:

- VAC = es el valor actual de los flujos de costos referido previamente
- r = Tasa social de descuento
- n = Horizonte de evaluación

El criterio de decisión al utilizar el CAE es el siguiente: la alternativa de solución evaluada que presente el menor valor del costo anual equivalente es la más conveniente desde el punto de vista técnico económico.

⁸ Para conocer valor vigente de la tasa social de descuento, ver documento de precios sociales ubicado en <http://sni.gob.cl>



e) Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad reconoce que los valores de las variables que se han utilizado para llevar a cabo la evaluación del proyecto pueden tener desviaciones, como por ejemplo, el consumo, valor del combustible, valor de la inversión, con efectos de consideración en la medición de sus resultados.

La evaluación del proyecto será sensible a las variaciones de uno o más parámetros si, al incluir estas variaciones en el criterio de evaluación empleado, la decisión inicial cambia. Es importante visualizar las variables que tienen mayor efecto en el resultado frente a distintos grados de error en su estimación, lo que permite decidir acerca de la necesidad de realizar estudios más profundos de esas variables para mejorar las estimaciones y reducir el grado de riesgo.

3.2 Evaluación Privada

a) Beneficios privados

Los beneficios privados corresponden a los ingresos que percibirán la empresa u organización proveedora de electricidad por el suministro de dicho energético a los consumidores. Los ingresos por considerar deben ser los incrementales con respecto a la situación sin proyecto, es decir, aquellos ingresos provenientes de la venta de energía a los nuevos consumidores conectados por el proyecto.

La estructura tarifaria a usar será la descrita en los decretos tarifarios del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que se publican en el Diario Oficial. En general, se aplicará la tarifa BT1. Para el alumbrado público, debe estudiarse la conveniencia para la Municipalidad de aplicar la tarifa BT2.

La tarifa por cobrar será aquella correspondiente a la zona de concesión donde se ubica la localidad beneficiada por el proyecto, o en caso de que no exista concesión, el mismo valor aplicado en la zona de concesión más cercana, para una localidad de similares características.

En los sistemas de autogeneración, la tarifa a utilizar deberá corresponder a aquella acordada entre la Municipalidad y la Empresa Servidora (pública y/o privada), la que deberá cubrir al menos los costos de operación, mantención y administración declarados en el proyecto.

b) Estimación de costos privados

Los costos privados se dividen en inversión, operación y mantenimiento. Los costos de **inversión** corresponden a los recursos usados en la ejecución del proyecto e incluyen, en el caso de la extensión de la red, desde la conexión al sistema eléctrico que provee la energía hasta las instalaciones domiciliarias, es decir, consideran los transformadores, interruptores, fusibles, líneas, obras civiles, empalmes, instalaciones interiores y otros. Para los proyectos de energías no convencionales, se considera: las obras civiles, estructuras soportantes, equipos de captación de las energías renovables, protecciones, líneas de distribución, transformadores, baterías, inversores, empalmes e instalaciones interiores.

Los costos de **operación** corresponden a los recursos usados en la etapa posterior a la puesta en marcha del proyecto. Para el caso de **extensión de red**, se obtienen a partir de los costos marginales de la empresa o cooperativa distribuidora. En general, estos costos pueden representarse por la siguiente expresión:



Ecuación N° 2

$$\text{Costos de Operación} = \text{Costo de Energía} + \text{Costos de Potencia Máxima}$$

Los costos de energía y de potencia corresponden al pago que efectúa la empresa o cooperativa por su adquisición en el lugar de compra (precios de nudos). Las cantidades totales de potencia máxima y energía demandadas por la empresa o cooperativa distribuidora se obtienen a partir de las cantidades de potencia máxima y energía demandadas por la totalidad de los usuarios, más sus correspondientes pérdidas por transmisión entre el lugar de compra y el lugar de venta.

Los costos de **mantención** corresponden a los recursos usados para reparar o reponer la red eléctrica.

Los costos **administrativos** corresponden a lecturas de consumos, facturación, boleteo y cobro.

Por su parte, los costos de operación y mantenimiento en **sistemas de autogeneración** son los siguientes:

- costos de personal y de materiales destinados a operar, mantener y administrar el sistema.
- pérdidas de energía y potencia.
- costos de capacitación y/o difusión de la tecnología no convencional para asegurar su buen funcionamiento.
- En el caso grupos electrógenos diesel, un costo de operación relevante es la compra y traslado de este combustible.

c) Cálculo de indicadores Privados

Los proyectos de electrificación deben ser evaluados privadamente, usando como indicador de rentabilidad el Valor Actual de los Beneficios Neto (VAN). Los beneficios corresponden a todos los ingresos recibidos por la Empresa Servidora por concepto de venta del servicio. Los costos están constituidos por la inversión privada realizada por la empresa, los desembolsos destinados a la operación y mantención del servicio y el pago de impuesto a las utilidades. Actualizando los costos y beneficios atribuibles al proyecto en el horizonte de evaluación del mismo, con la tasa de descuento relevante, se obtiene el VAN Privado.

Ecuación N° 3

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{\text{Beneficios}_t - \text{Costos}_t - \text{Inversiones}_t}{(1 + r^p)^t}$$

donde “ r^p ” es la tasa de descuento privada.

d) Estimación del subsidio a la inversión

Si el VAN privado es negativo, la Empresa Servidora se ve desincentivada a ejecutar el proyecto. No obstante éste proporcionará aumento de bienestar a la comunidad, por lo cual el Estado debe entregar incentivos para que se ejecute. Para efectos de evaluar privadamente el proyecto, el subsidio estatal deberá considerarse



como un subsidio a la inversión y, por lo tanto, la Empresa Servidora no deberá pagar impuestos adicionales por este concepto.

La inversión total del proyecto (I_t) se financiará con la suma de los diferentes aportes. El primero a considerar en un esquema de co-financiamiento es el aporte de la comunidad (AC), luego el aporte de la empresa (AE) y finalmente el Subsidio (S).

El aporte mínimo de la Empresa se calculará como:

Ecuación N° 4

$$AE_{\min} = \sum_{i=1}^n \frac{(Iop - Cop - Imp)_i}{(1 + r^p)^i} + \frac{VR}{(1 + r^p)^n}$$

El subsidio no deberá ser mayor a:

Ecuación N° 5

$$S \leq I_t - AE - AC$$

Siempre deberá cumplirse la condición de que el subsidio sea menor o igual que la inversión total en que:

- I_t : inversión total del proyecto.
- n : vida útil del proyecto.
- Iop : Ingresos operacionales de la empresa, en base a la tarifa regulada o la tarifa ajustada para cubrir los costos de operación y mantenimiento.
- Cop : costos operacionales de la empresa.
- Imp : impuestos a las utilidades.
- r^p : tasa privada de descuento de la empresa.
- VR : valor residual de la inversión.

De acuerdo con todo lo anterior, el subsidio máximo se calculará como:

Ecuación N° 6

$$S \leq I_t - AC - \sum_{i=1}^n \frac{(Io - Co - Imp)_i}{(1 + r)^i} - \frac{VR}{(1 + r)^n}$$

Como apoyo a la estimación del monto del subsidio a la inversión, se dispone de una planilla Excel, publicada en <http://sni.gob.cl>, en las instrucciones del Sector Energía.



4. Conclusiones y Recomendaciones

En esta sección deben incluirse las principales conclusiones del estudio de formulación y evaluación social del proyecto y en forma específica, las recomendaciones que se sugieren. Deberán indicarse todos aquellos factores externos al proyecto que condicionan los resultados obtenidos (procesos productivos y tecnología asociada, tecnología y tamaño óptimo, tamaño del mercado del producto e insumo, estacionalidades, economías y deseconomías externas etc.). Del mismo modo, deberá indicarse las medidas de gestión que se adoptarán para asegurar la sustentabilidad del sistema en el caso de proyectos de autogeneración.

Deberán incluirse en este punto, además, aquellas variables que presentaron mayor problema en su estimación, como también los problemas que se presentaron al formular el proyecto.



ANEXO 1 Consumos de Energía Residencial

En este anexo se presentan los consumos de energía para uso residencial en la situación con proyecto, con el objetivo de estimar la demanda proyectada. Esto permitirá determinar el dimensionamiento del proyecto, como también los ingresos privados que obtendrá el operador del sistema. Los valores que se entregan son sólo referenciales, por lo que en lo posible debe realizarse una corroboración de cifras, por ejemplo, con los valores de consumo en localidades similares que cuenten con electricidad, sin racionamiento, por lo menos desde hace cinco años, es decir, donde los consumos ya están estabilizados.

Para los casos no residenciales, los consumos sin proyecto deberán obtenerse de los propios usuarios.

CONSUMOS RESIDENCIALES

En la situación con proyecto, el aumento de consumo se produce en forma gradual, ya que el consumo depende fuertemente de la disponibilidad de equipos consumidores. La dinámica de este proceso de incorporación de equipos es función de diversos factores, tales como el nivel de ingresos de la familia, la cercanía a centros de consumo, la influencia de los medios de comunicación, etc.

El consumo se estabiliza cuando la familia ha comprado el equipamiento que ella considera suficiente, aunque la evidencia indica que sólo un porcentaje de las familias incorpora todos los equipos. Considerando lo anterior, se han estimado curvas que miden el grado de penetración del consumo de energía en función del tiempo (Q_{cpt}), para las regiones del Maule, del Biobío, de La Araucanía y Los Lagos.

Las curvas de penetración para las cuatro regiones, se determinan según la función:

$$Q_{cpt} = A - B * e^{(-t/\lambda)}$$

donde:

Q_{cpt} : Consumo de energía eléctrica (KWh / mes)

A, B, λ : Parámetros específicos de cada Región

t : Tiempo (en años) transcurrido desde la puesta en marcha del proyecto.

En la siguiente Tabla 6, se resumen los valores de los parámetros obtenidos para las cuatro regiones. Para el caso de la Región de Los Ríos, se asimila a Regiones de La Araucanía y de Los Lagos.



Tabla 6: Parámetros Curva de Penetración por Regiones

	Parámetros
Región del Maule y Región del Bío Bío	
A	80
B	60
λ	3,98
Región de la Araucanía, Región de Los Lagos y Región de los Ríos	
A	86
B	56
Λ	1,95

El valor inicial de consumo Q_{cpt} en el año cero ($t=0$, es decir, cuando se acaba de habilitar el servicio), para las restantes regiones, será estimado de acuerdo con el consumo que tiene una familia rural de una comuna de características similares a la del proyecto, y que ya cuenta con electricidad por lo menos por 5 años.

A partir del año uno del proyecto, el valor de Q_{cpt} para estas regiones, se incrementará de acuerdo con la tasa estimada de crecimiento de las viviendas, cuya fuente de información debe corresponder a la estimada en el CENSO más reciente.

Por lo tanto, el consumo final de cada año del proyecto se obtendrá al multiplicar el consumo unitario, multiplicado por la cantidad de familias, considerando el aumento de familias debido a la tasa de crecimiento vegetativo.



GLOSARIO

Conceptos Generales

- ◆ **Coefficiente de simultaneidad (factor de coincidencia):** Cuociente entre la punta de demanda global simultánea y la suma de las puntas de las demandas individuales. El factor de diversidad es la inversa del cuociente de simultaneidad.
- ◆ **Consumo equivalente:** Es el consumo de energía expresado en una unidad común, como por ejemplo en kWh, utilizando para ello factores de conversión.
- ◆ **Energía comercial o convencional:** Energía que es objeto de una transacción comercial, lo que facilita su cuantificación.
- ◆ **Energía final (energía suministrada):** Energía suministrada al consumidor para ser convertida en energía útil.
- ◆ **Energía útil o neta:** Energía de que dispone el consumidor después de la última conversión realizada por sus propios aparatos, es decir, descontando todas las pérdidas.
- ◆ **Energización (de actividades):** Uso de mayor cantidad de energía en proporción al esfuerzo humano.
- ◆ **Factor de carga:** Relación entre el consumo en un período de tiempo especificado (año, mes, día, etc.) y el consumo que resultaría de la utilización continua de la demanda máxima, u otra especificada, que se haya producido en el mismo período.
- ◆ **Inversor:** Instalación cuya finalidad es convertir la corriente continua en corriente alterna.
- ◆ **Potencia:** Energía suministrada por unidad de tiempo (ver la nota 2 de la definición de energía).
- ◆ **Potencia nominal:** Potencia máxima, en régimen continuo, para lo que ha sido prevista y dimensionada la instalación.
- ◆ **Requerimientos energéticos:** Mínimo flujo de energía que se debe suministrar para una actividad. Los requerimientos se presentan en forma de energía útil.
- ◆ **Sistema híbrido:** Sistema de transformación de energía basado en la operación de unidades que utilizan dos o más fuentes distintas de energía, como por ejemplo los sistemas diesel-eólicos.
- ◆ **Tarifa de compra de energía:** corresponde a la tarifa a la cual la empresa distribuidora compra la energía eléctrica desde la subestación que alimenta a la comuna o comunas. Para la evaluación económica se utilizará la tarifa de compra de la subestación donde se conectan las líneas existentes y a la cual se conectarían las viviendas incluidas en el proyecto de normalización.
- **Tarifa de venta de energía:** es la tarifa regulada en la zona o área a la cual la empresa eléctrica concesionaria vende la energía a sus clientes conectados. Para la evaluación del proyecto de normalización se utilizará la tarifa vigente en el área o zona donde se encuentran ubicadas las viviendas. En caso de que existiera más de una tarifa de venta de energía para el área involucrada en el proyecto, se utilizará, para efectos de evaluación, el promedio aritmético ponderado de ellas tanto en el cargo fijo, como en el cargo variable.



- ◆ **Uso final de la energía:** Se refiere al uso de energía para satisfacer los requerimientos iluminación, calefacción, fuerza motriz, etc.
- ◆ **Electricidad Alta tensión:** Tensión cuyo valor entre fases es superior a 400 V.
- ◆ **Electricidad Baja tensión:** Tensión cuyo valor entre fases es igual o inferior a 400 V.
- ◆ **Red de distribución:** Conjunto de conducciones, canalizaciones, estaciones de servicio y otras instalaciones comunicadas entre sí (interconectadas). La denominación de una red depende de su función, manera de explotarla, tensión, presión, calidad y estatuto jurídico.

Energía eólica

- ◆ **Aerogenerador:** Instalación en la que una turbina, accionada por el viento, mueve una máquina productora de electricidad.
- ◆ **Energía eólica:** La energía eólica está ligada a la actividad solar que origina sobre el planeta diferencias de presión atmosférica y de temperatura. Las corrientes horizontales de aire actúan permanentemente sobre el conjunto del globo con flujos verticales de aire debido a la evaporación de superficies marítimas extensas.
- ◆ **Velocidad media del viento:** Esperanza matemática de la distribución de velocidades del viento.

Energía hidroeléctrica - Energía hidráulica

- ◆ **Central hidroeléctrica con embalse:** Central hidroeléctrica provista de un embalse que permite regular el caudal de agua a las turbinas.
- ◆ **Central hidroeléctrica de pasada:** Central hidroeléctrica sin embalse regulador.
- ◆ **Energía hidráulica:** Energía potencial y cinética de las aguas.
- ◆ **Pequeña central hidroeléctrica (microcentral hidroeléctrica, minicentral hidroeléctrica):** Central de potencia reducida.

Energía solar

- ◆ **Celda fotovoltaica:** Dispositivo que utiliza el efecto fotovoltaico y permite la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica. Las células solares utilizan principalmente silicio monocristalino. El empleo de silicio policristalino, silicio amorfo u otro material de base podría hacer bajar el costo de las células pero ofrece todavía problemas de fabricación y de rendimiento que limitan su utilización.
- ◆ **Energía solar:** Aunque las energías eólica, hidráulica, de la biomasa y otras tienen también origen solar, para los fines de este glosario se considerará como energía solar a aquella en que se utiliza directamente el calor o la luz del sol.



- ◆ **Iluminación energética de la radiación solar** (irradiancia): Flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie por unidad de tiempo. Se trata de una densidad de potencia expresada normalmente en W/m^2 o $J/(m^2s)$. Integrado a lo largo de un tiempo definido, el flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie se denomina irradiación o insolación de exposición (energética). Aunque en el sistema de medidas SI se expresa en J/m^2 , con frecuencia se utilizan otras unidades de energía (kWh) y de tiempo (hora, día, año) o de superficie (cm^2).
- ◆ **Módulo solar**: Elemento básico, manejable o transportable, de un sistema fotovoltaico compuesto por células solares interconectadas. La densidad de ocupación expresa la relación entre la superficie de todas las células y la del módulo sobre el que están montadas.
- ◆ **Panel solar**: Conjunto de módulos solares, montados en serie, en paralelo, o en forma mixta. La estructura global constituida por esas distintas configuraciones de paneles y su soporte forman un generador solar cuyas características (superficie ocupada, corriente suministrada, etc.) pueden definirse claramente.
- ◆ **Potencia de punta de la célula solar** (Watt peak): Potencia suministrada por un módulo fotovoltaico en condiciones normalizadas (irradiancia de $1.000 W/m^2$ a una temperatura de las celdas de $25\text{ }^{\circ}C$).