



**METODOLOGÍA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIAL DE  
PROYECTOS DE PROVISIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) EN  
ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS**

*División de Evaluación Social de Inversiones*  
***Ministerio de Desarrollo Social***

*División de Acceso y Equidad Energética*  
***Ministerio de Energía***

**2015**

## **INDICE**

1. INTRODUCCIÓN	3
2. FORMULACIÓN DEL PROYECTO	3
2.1 Descripción del Problema	3
2.2 Descripción y Análisis de la Situación Actual (Diagnóstico)	4
2.3 Identificación de Alternativas de Solución	8
3. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	10
3.1 Identificación de Beneficios	10
3.2 Cuantificación de Beneficios	11
3.3 Valoración de los Beneficios	11
3.4 Identificación, Cuantificación y Valoración de Costos	11
3.5 Flujo de Costos y Beneficios	12
3.6 Cálculo de Indicadores	13
3.7 Criterios de Decisión	14
3.8 Herramienta de Cálculo	14
Glosario	16
ANEXO 1: DOCUMENTOS PARA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	17
ANEXO 2: Oferta y Demanda de ACS	19
1. Nivel de Servicio del Sistema ACS Actual	19
2. Estimación de la Demanda Potencial	20
Anexo 3: Requisitos Técnicos Equipos de Aporte Auxiliar	22

## Ficha Resumen

<b>Nombre Metodología</b>	Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Provisión de Agua Caliente Sanitario en Establecimientos Públicos		
<b>Sector</b>	Energía		
<b>Subsector</b>			
<b>Resumen</b>	<p>La metodología de tres capítulos. El primero corresponde a la introducción; el segundo, a la formulación del proyecto que describe aspectos como: el diagnóstico y optimización de la situación actual, 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; junto con ello se describe la herramienta de cálculo para el apoyo de la evaluación.</p>		
<b>Proyectos a los que aplica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de sistema solar térmico para proveer agua caliente sanitaria en establecimientos públicos como jardines infantiles, escuelas, liceos, internados, recintos penitenciarios, consultorios, entre otros similares.</li> </ul>		
<b>Marco Regulatorio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene</li> </ul>		
<b>Fuentes de los Principales Datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento en el cual se pretende llevar a cabo el proyecto</li> <li>• Empresas proveedoras de equipos para calefacción de agua</li> <li>• Ministerio de Energía</li> </ul>		
<b>Principales Beneficios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor consumo de agua caliente sanitaria</li> <li>• Liberación de recursos de energía (gas)</li> </ul>		
<b>Método Valorización Beneficios</b>	Ahorro de costos de provisión del servicio mediante sistema a gas	<b>Horizonte de Evaluación (años)</b>	variable
<b>Enfoque Evaluación</b>	Costo Beneficio		
<b>Indicador 1</b>	<i>Nombre Indicador</i>	Valor Actual Neto (VAN)	
	<i>Criterio de Decisión</i>	Alternativa de Mayor VAN	
<b>Indicador 2</b>	<i>Nombre Indicador</i>	Tasa Interna de Retorno (TIR)	
	<i>Criterio de Decisión</i>	TIR mayor que tasa de descuento	

## **1. Introducción**

---

La presente metodología tiene como objetivo entregar los lineamientos para la formulación y evaluación de proyectos que contemplen la provisión de Agua Caliente Sanitaria (ACS) en establecimientos públicos, a través de sistemas de colectores solares. Los establecimientos públicos podrán ser: escuelas, internados, jardines infantiles, salas cunas, hogar de menores, hogar del adulto mayor, centro de protección de menores, entre otros similares.

En términos generales, la evaluación económica de este tipo de proyectos se realizará considerando como beneficios los ahorros del costo en energía del sistema actual de ACS del establecimiento, producto de la instalación de Sistemas Solares Térmicos (SST) con diferentes Sistemas de Aporte Auxiliar (SAA).

Esta metodología cuenta con una herramienta de apoyo en formato Excel, que deberá ser utilizada como complemento en la preparación y presentación del proyecto para los cálculos energéticos y económicos. En la sección III.8 se encuentra una descripción de esta herramienta.

Los proyectos presentados deberán contemplar los documentos indicados en el Anexo 1

## **2. Formulación del Proyecto**

---

En la fase de preparación se realiza un diagnóstico de la situación actual, en el cual se debe identificar y describir el problema que impulsa a la postulación del presente proyecto, entregando antecedentes que lo respalden; describir el sistema de agua caliente sanitaria con que cuenta actualmente el recinto; describir y cuantificar la demanda por ACS en función del número de usuarios y ocupación del establecimiento; y configurar las alternativas de solución que posteriormente serán evaluadas.

### **2.1 Descripción del Problema**

El problema deberá identificarse como un estado negativo que afecta a los usuarios del establecimiento en relación a la disponibilidad de agua caliente para uso sanitario, o bien, como una dificultad por parte la institución financiera del recinto para operar un sistema existente debido a los altos costos de operación necesarios para su funcionamiento.

Para aquellos casos donde no se dispone de un sistema de ACS el problema tiene relación con un estado de riesgo frente a enfermedades respiratorias y aquellas asociadas a la falta de higiene personal, junto con un bajo nivel de confort para los usuarios del establecimiento.

Por otra parte, también hay establecimientos donde actualmente se cuenta con un sistema de ACS, pero el alto costo de operación y la falta de presupuesto corriente provocan i) que el sistema entregue una cobertura diaria parcial; o ii) que este servicio se

provea de manera discontinua, lo que causa, para ciertos periodos del mes y del año, los mismos efectos negativos mencionados en el párrafo anterior.

Otra situación que puede dar origen a una iniciativa de inversión es la existencia de un sistema de ACS que opera en forma permanente, pero que en el caso de ser complementado por un sistema de colectores solares, podrían generarse ahorros en costos de operación, liberando recursos que puedan tener usos alternativos.

## **2.2 Descripción y Análisis de la Situación Actual (Diagnóstico)**

En esta etapa se debe entregar antecedentes de la situación actual que ayuden a comprender el problema planteado y justificar la presentación del proyecto. Esta información está relacionada a: la caracterización del establecimiento público, el sistema actual de provisión de agua caliente y la demanda por el servicio de agua caliente.

### **2.2.1 Caracterización del Establecimiento Público**

- a) Localización: se deberá señalar la región, provincia, comuna y localidad donde se encuentra ubicado y las condiciones de acceso;
- b) Tipo de establecimiento: indicar si corresponde a escuela, internados, jardines infantiles, salas cunas, hogar de menores, hogar del adulto mayor, centro de protección de menores.
- c) Capacidad de atención: capacidad máxima de usuarios del establecimiento y capacidad ocupada durante los últimos 5 años, respaldada por certificado oficial de números de usuarios anuales.
- d) Características de la infraestructura:
  - Superficie construida (m<sup>2</sup>), año de construcción, estado de conservación (referido principalmente a las instalaciones vinculadas con la provisión de agua caliente).
  - Superficie disponible para la instalación de colectores solares: área (m<sup>2</sup>), orientación, inclinación, materialidad y estado de conservación. Se debe considerar que la instalación colectores solares requiere de superficies en lo posible libre de sombras y que su estructura soporte las cargas de los colectores solares.
  - Ubicación de la sala para instalación de sistema auxiliar y depósitos de acumulación. Distancia entre sala y superficie disponible para instalación de colectores.
  - Distancia entre las dependencias de los consumos de ACS y la sala de instalación de sistema auxiliar y depósitos de acumulación: puntos de ACS, cocina, lavandería, otros.

- También informar sobre remodelaciones programadas, ampliaciones y vida útil esperada de las instalaciones.
  - Existencia de red de agua caliente y estado de conservación.
- e) Condiciones ambientales: temperatura promedio, horas de sol, precipitaciones y otras condiciones que pueden afectar el rendimiento de los colectores solares.

### 2.2.2 Nivel de Servicio del Sistema ACS Actual

Para aquellos establecimientos que cuenten actualmente con un sistema de ACS, se deberá realizar una descripción de éste en términos de:

- Tecnología y energía que utiliza
- Antigüedad y estado de los equipos, artefactos e instalaciones
- Costos de operación y mantención
- Días del mes en que funciona y la demanda que satisface, indicada en litros de ACS consumidos diariamente en promedio. De ser posible, esta información se debe respaldar con facturas de agua y energía utilizada por el sistema actual, especificaciones técnicas de equipos, entre otros. La información se debe presentar según el formato presentado en el Anexo 2, cuadro 1.1 o 1.2, según sea el tipo de establecimiento público.

### 2.2.3 Estimación de la Demanda Potencial

- a) Será necesario estimar el consumo mensual total de ACS para el establecimiento, que deberá cubrir el sistema de ACS a proponer. Esto se debe realizar a partir del número de usuarios, estándares de consumo de litros diarios por usuario para los distintos usos de ACS, considerando las diferencias de ocupación del recinto en temporadas invierno y verano, si es pertinente. Describir los distintos usos de ACS dentro del establecimiento, en términos del número de usuarios que la utilizan, para los diferentes días de la semana en días normales de consumo. Para el cálculo se debe considerar el número máximo de usuarios que utilizaría cada servicio de ACS, sin considerar en este punto inasistencias y época de vacaciones. Esta información se debe presentar de acuerdo a lo indicado en Anexo 2, dependiendo del tipo de establecimiento.
- b) Estándares de consumo de ACS para sus distintos usos. En Anexo 2, se presentan los estándares recomendados, en litros por usuario, para los distintos usos de ACS y tipo de establecimiento.
- c) Estimación de demanda diaria. A partir de la información registrada en a) y b) se estima la demanda diaria, para cada día de la semana, en litros de ACS. Esta información se debe presentar de acuerdo a formato presentado en Anexo 2, dependiendo del tipo de establecimiento.

- d) Estimación demanda diaria representativa (DDR). A partir de la demanda estimada en c) se calculará la demanda diaria representativa como sigue:<sup>1</sup>

$$\text{DDR (litros/día)} = (\text{demanda diaria promedio} + \text{demanda diaria máxima})/2$$

Dónde:

DDR: demanda diaria representativa (litros/día)

Demanda diaria promedio: corresponde a la demanda diaria promedio semanal

Demanda diaria máxima: es la máxima demanda de agua diaria en una semana.

La demanda diaria representativa se utilizará para dimensionar el sistema energético propuesto.

- e) Factor de ocupación: Indicar la utilización mensual del establecimiento público en época de vacaciones, respecto del N° de días que se utiliza y del número de usuarios que lo utilizan. Expresar el factor de ocupación en porcentaje respecto de un mes normal (100% de usuarios y el 100% de los días):

**Cuadro 1: Utilización establecimiento público**

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Factor de ocupación %												

- f) Proyección del establecimiento: se deberá señalar por cuántos años se espera siga en funcionamiento; junto con ello, y en caso de contar con los antecedentes que lo respalden, se deberá indicar si se esperan aumentos significativos de la ocupación del establecimiento en los próximos 10 años. Este sería el caso, por ejemplo, cuando se tenga planificada la fusión de dos establecimientos educacionales.

Si se espera un aumento significativo de los usuarios del establecimiento, y por lo tanto, de la demanda por ACS, ésta debería ajustarse para reflejar tal situación.

A continuación se presenta un ejemplo, para determinar la demanda diaria de ACS.

**Ejemplo: Internado público**

En primer lugar, se completa el Cuadro N° 2 del Anexo 2, ingresando el número de usuarios que utilizan ACS para las diferentes aplicaciones. Posteriormente, con esta información y utilizando los valores del Cuadro N°3 del Anexo 2, se completa el Cuadro N°4, del mismo anexo. El archivo “Planilla de Evaluación Sistemas Solares Térmicos.xls” calcula automáticamente la demanda diaria de ACS en lt/día. En caso de existir *otros servicios* de ACS que serán abastecidos por el sistema propuesto, se debe ingresar en el

<sup>1</sup> Ministerio de Energía, 2012

Cuadro N°4 del Anexo 2 la información correspondiente en l/día. En la “Planilla de Evaluación Sistemas Solares Térmicos.xls”, la información en l/día correspondiente a otros servicios debe ser ingresada en forma manual.

**Cuadro N°2 Ejemplo: Perfil alumnos por tipo de estadía y servicio en un internado público (corresponde a Cuadro N°2 de Anexo 2)**

<b>ALUMNOS POR TIPO DE ESTADÍA Y SERVICIO</b>							
	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
Nº alumnos internados	110	110	110	110	110	80	80
Total alumnos utilizan servicio cocina	180	180	180	180	180		
Total alumnos utilizan servicio lavandería		110		110			

Fuente: Ministerio de Energía, 2014

**Cuadro N°3 Ejemplo: Demanda Diaria ACS (corresponde a resultado de tabla de “Planilla de Evaluación Sistemas Solares Térmicos.xls”)**

<b>DEMANDA DIARIA ACS [l/día]</b>							
Tipo de demanda de ACS	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
Duchas alumnos internos diarias	3.850	3.850	3.850	3.850	3.850	2.800	2.800
Cocina	900	900	900	900	900	0	0
Lavandería	0	1.650	0	1.650	0	0	0
<b>Otros</b>							
l/día							
l/día							
<b>Total día</b>	<b>4.750</b>	<b>6.400</b>	<b>4.750</b>	<b>6.400</b>	<b>4.750</b>	<b>2.800</b>	<b>2.800</b>
Demanda ACS promedio diaria semanal	4.664	l/día					
Demanda ACS máxima semanal	6.400	l/día					
<b>Demanda ACS diaria representativa*</b>	<b>5.532</b>	<b>l/día</b>					

\* Corresponde al volumen a considerar para el diseño del sistema de agua caliente a proponer. Se calcula como el promedio entre el valor máximo diario y la media semanal.

Fuente: Ministerio de Energía, 2014

## **2.2.4 Déficit Actual**

A partir de las estimaciones de demanda diaria actual y del nivel de servicio entregado por el sistema actual, se deberá determinar y calcular si actualmente existe un déficit de ACS en términos de litros/día.

Considerando que algunos sistemas de ACS operan parcialmente durante el mes por falta de financiamiento para comprar energía, también deberá calcularse el déficit mensual, considerando que la oferta es igual a cero en aquellos días del mes que el servicio no está operativo.

En algunos casos, puede ser que no se detecte un déficit; no obstante, en esta situación es posible formular un proyecto que permita ahorrar costos de operación del actual sistema de ACS.

## **2.3 Identificación de Alternativas de Solución**

En este paso, primero se deberá realizar la optimización de la situación actual y luego, configurar las alternativas técnicas posibles de implementar para dar solución al déficit detectado y/o para obtener ahorros en el gasto de energía para operar el sistema actual.

### **2.3.1 Optimización de la Situación Base**

Este proceso consiste en idear posibles mejoras al actual sistema de ACS; entre ellas podrían considerarse arreglos y reparaciones para disminuir pérdidas de energía o poder calórico; reemplazo de algún componente que permita mejorar la eficiencia del combustible utilizado; entre otros.

### **2.3.2 Configuración de Alternativas**

Deberán considerarse aquellas alternativas que son técnicamente factibles de implementar en el establecimiento bajo análisis. Las alternativas deberán incluir un Sistema Solar Térmico (SST) y un sistema de respaldo denominado Sistema de Aporte Auxiliar (SAA), los cuales se complementan en distintos periodos del día/temporada.

Se deberá analizar la factibilidad de mantener el sistema actual de energía en conjunto con la opción Sistema Solar Térmico. En este caso, el sistema actual pasaría a conformar el SAA. Esta combinación será posible sólo si se cumplen las siguientes condiciones:

- I. El sistema actual está dimensionado para abastecer la totalidad de la demanda del establecimiento, o, alternativamente, existe factibilidad técnica para su ampliación. Se deben presentar las especificaciones técnicas del sistema.
- II. El sistema actual se encuentra en buenas condiciones de operación. Se debe presentar documentación que acredite el N° de años de funcionamiento y tecnología del sistema y, en lo posible, la eficiencia del equipo.

Entre las alternativas técnicas posibles de implementar, dependiendo de la demanda de ACS, se tienen las siguientes:

#### Cuadro N°4 –Sistemas de ACS factibles en función de la demanda

	Hasta 800 lt/día	Sobre 500 lt/día
Sistema Solar Térmico (SST) - Calefón	X	
Sistema Solar Térmico (SST) - Caldera de Condensación		X
Sistema Solar Térmico (SST) – Resistencia Eléctrica	X	
Sistema Solar Térmico (SST) – Bomba de Calor		X
Sistema Solar Térmico (SST) – Caldera Biomasa		X

Fuente: Ministerio de Energía, 2014

Para los establecimientos cuyo consumo se encuentre en el rango de 500 a 800 lt/día, pueden ajustarse a cualquiera de los dos extremos para efectos de determinar cuál tecnología de aporte auxiliar utilizar.

- **Sistema Solar Térmico**

Los sistemas solares térmicos a instalar deberán cumplir con el reglamento de la Ley N°20.365 en todos aquellos aspectos no mencionados en este documento, considerando la demanda de ACS descrita en la presente metodología. Además, se debe considerar lo indicado en el manual “Sistemas Solares Térmicos II. Guía de Diseño e Instalación para Grandes Sistemas de Agua Caliente Sanitaria”<sup>2</sup>. Adicionalmente deberán cumplir con lo especificado en las Bases Técnicas Tipo Adjuntas.

- **Sistemas de Aporte Auxiliar**

Los Sistemas de Aporte Auxiliar (SAA) a considerar en el proyecto podrán ser los mencionados en el cuadro N°7, dependiendo del tamaño del sistema:

- Calefón
- Resistencia Eléctrica
- Caldera de Condensación
- Bomba de calor
- Caldera Biomasa

Los SAA deberán ser dimensionados para cubrir la demanda de energía en los momentos más desfavorables a los que pueda estar sometido el sistema energético solar, por lo que deben ser capaces de abastecer la totalidad de ACS por sí solos.

El SAA debe realizar su aporte energético en un estanque independiente (exceptuando el caso que se utilice calefón) y aguas abajo al proceso de calentado con energía solar. En ningún caso el aporte auxiliar puede actuar sobre el estanque de acumulación solar.

---

<sup>2</sup> MINENERGIA/GEF/PNUD/CDT, 2010.

[http://www.cdt.cl/cdt/uploads/sistemas\\_solares\\_termicos\\_ii.pdf](http://www.cdt.cl/cdt/uploads/sistemas_solares_termicos_ii.pdf)

En Anexo 3 se presentan los requisitos que deben cumplir los SAA, los cuales deben estar acompañados de las especificaciones técnicas, documentación y/o memorias de cálculo pertinentes.

### **Descripción de Alternativas**

Una vez configuradas las alternativas posibles de implementar en el establecimiento, éstas deberán ser descritas en términos de:

- Consumo de ACS a satisfacer por el sistema. Se debe detallar el consumo (ACS para duchas, cocina, lavandería y otros) que podrá ser abastecido por el sistema energético propuesto. Si bien, en principio, el sistema debería apuntar a satisfacer la totalidad de la demanda calculada, en algunos casos ocurrirá que la localización de uno o más usos de ACS dentro del establecimiento se encuentren muy distanciados entre sí, lo que provocaría una pérdida de eficiencia del sistema. En estos casos se deberá priorizar el diseño de ACS para duchas y excluirse la demanda de aquellos servicios que se encuentren a distancias muy grandes respecto del lugar óptimo para instalar el sistema energético. Se deberá presentar documentación que fundamente que el sistema energético podrá abastecer de manera eficiente la demanda de ACS (esquemas, planos, otros).
- Equipos, equipamiento e instalaciones que contempla el sistema.

## **3. Evaluación del Proyecto**

---

### **3.1 Identificación de Beneficios**

Para aquellos casos en que el establecimiento no cuenta con un sistema de ACS en la situación actual; o, contando con éste, su funcionamiento es parcial, se identifican los siguientes beneficios:

- a. Mejoras en la salud de los usuarios: la disponibilidad de ACS para aseo personal permite la disminución de enfermedades respiratorias y otras asociadas a la higiene, ya que fomenta los hábitos de higiene personal; esto a su vez conlleva menor ausentismo a clases o laboral, ahorro de recursos en atenciones médicas y tratamiento de la enfermedad.
- b. Mejoras en confort: la disponibilidad continua de ACS permite alcanzar un mayor nivel de bienestar a los usuarios de los establecimientos.

Por otra parte, en aquellas situaciones donde el establecimiento cuenta con un sistema de ACS funcionando permanentemente, se identifican beneficios por:

- c. Ahorros de costos de operación: ahorros de recursos en costos de energía (combustible o eléctrica) del servicio actual.
- d. Ahorros de costos de mantenimiento del servicio actual.
- e. Ahorros de reinversiones necesarias para que el sistema actual continúe funcionando.

### 3.2 Cuantificación de Beneficios

Los beneficios que se cuantificarán serán los provenientes de ahorros de consumo de combustible o energía eléctrica del sistema energético a instalar respecto del sistema actual existente; en caso de no contar actualmente con un sistema ACS, los ahorros se considerarán respecto de la base de un sistema de calefón a gas “virtual” que podría satisfacer completamente la demanda. El ahorro de energía debe calcularse considerando que el sistema actual abastece la demanda total mensual del establecimiento, independiente si por restricciones presupuestarias esto no esté ocurriendo en la situación actual.

### 3.3 Valoración de los Beneficios

Para la valoración de los beneficios deberán utilizarse los precios de mercado de combustibles o energía eléctrica, ajustados por factores de corrección que permitan expresarlos en términos de precios sociales. Esta corrección consistirá en descontar todos los impuestos que incluya el precio de mercado, como IVA e impuestos específicos.

Para la valoración de los costos de operación y mantención, se debe considerar los costos asociados al sistema energético actual, calculando el costo anual por este ítem en el que se incurre o debiese incurrir para que el sistema funcione de manera regular y eficiente. Junto con ello, se deben considerar los costos asociados al SST y SAA de las alternativas en evaluación. Deberán valorizarse utilizando los precios de mercado para mano de obra, ajustados por factores de corrección que permitan expresarlos en términos de precios sociales.

Para la valoración de los ahorros de reinversiones en el sistema energético actual se deberá calcular el costo del reemplazo total o parcial de los componentes del sistema que se debiesen realizar para continuar su funcionamiento en el horizonte de evaluación. Si la vida útil del sistema energético actual, a partir del cual se están calculando los ahorros de costos de energía, es mayor que el horizonte de evaluación, deberá considerarse su valor residual en el último periodo de evaluación; en caso de ser menor, deberá incluirse dentro del flujo del sistema actual la reinversión en el sistema energético actual y el valor residual.

### 3.4 Identificación, Cuantificación y Valoración de Costos

Deberán estimarse los costos de instalar y operar la alternativa de sistema de ACS. Estos costos están constituidos por:

- a. Inversión, incluye:
  - i. Costos de equipos, equipamiento, infraestructura y mano de obra necesaria para la instalación del SST y SAA.
  - ii. Costo del estudio de cálculo estructural de la superficie en que se instalarán los colectores solares, en caso de que la superficie sea mayor a 20m<sup>2</sup>.

- iii. Costos de fortalecimiento de la superficie en que se instalarán los colectores solares, en caso de que el estudio señalado en el punto ii. precedente así lo determine.
  - iv. Costos de instalación o mejoras en la red de agua caliente.
- b. Operación: incluye los recursos necesarios para la operación del sistema, como insumos y materiales.
  - c. Mantenimiento: incluye los recursos a utilizar en la mantención de los equipos, equipamiento e infraestructura del sistema, como insumos, materiales y mano de obra.
  - d. Reinversiones: incluye recursos referidos a la adquisición e instalación de partes del sistema que deban ser reemplazados durante su vida útil.
  - e. Valor residual. Corresponde al costo del SST y SAA al término del horizonte de evaluación del proyecto (15 años).

Para la valoración de los costos deberán utilizarse los precios de mercado de mano de obra y combustibles o energía eléctrica, ajustados por factores de corrección<sup>3</sup> que permitan expresarlos en términos de precios sociales. En el caso de precios de combustibles o energía eléctrica, esta corrección consistirá en descontar todos los impuestos que incluya el precio de mercado, como IVA e impuestos específicos.

### **3.5 Flujo de Costos y Beneficios**

La estructura del flujo de beneficios y costos será la siguiente:

---

<sup>3</sup> De acuerdo a lo indicado en "Precios Sociales para la Evaluación de Proyectos", Ministerio de Desarrollo Social, <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl>

---

**Cuadro N°5 Estructura de Flujo de costos y beneficios para alternativas de SST + SAA [\$/año]**

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>...</b>	<b>Año n</b>
<b>(1) Inversión y Reinversiones (2)+(3)</b>					
(2) Sistema Solar Térmico					
(3) Sistema Aporte Auxiliar					
<b>(4) Beneficios (5) + (6) + (7)+(8)</b>					
(5) Ahorro por costo de energía sistema actual					
(6) Ahorro por costo de mantención en sistema actual					
(7) Ahorro por reinversiones en sistema actual					
(8) Valor residual SST+SAA					
<b>(9) Costos Operacionales (10) + (11) + (12)</b>					
(10) Costo energía SAA					
(11) Costos de mantención SAA					
(12) Costos de mantención SST					
<b>(13) Flujo de Beneficio Neto (4)-(1)-(9)</b>					

### 3.6 Cálculo de Indicadores

Para la proyección de los flujos de costos y beneficios, el horizonte de evaluación corresponderá a la vida útil del sistema de ACS con colector solar, para lo cual se considerará 15 años.

Los indicadores a calcular serán el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

#### Valor Actual Neto

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r^*)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{COM_t}{(1+r^*)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+r^*)^t}$$

### Tasa Interna de Retorno:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+TIR)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{COM_t}{(1+TIR)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+TIR)^t}$$

Dónde:

$I_0$  : inversión inicial en el sistema de ACS con colector solar (SST+SAA) [\$]

$B_t$  : beneficio del periodo t (ahorro en costos de operación del sistema actual) [\$]

$COM_t$  : costo operación y mantención del SST + SSA en el periodo t [\$]

$R_t$  : reinversión de componentes del sistema SST + SAA t [\$]

$n$  : horizonte de evaluación [años]

$r^*$  : tasa social de descuento

### 3.7 Criterios de Decisión

- Si se evalúa más de una alternativa, el sistema que presente el mayor VAN positivo deberá ser el sistema a implementar. En caso que se evalúe sólo una alternativa, ésta deberá presentar un VAN mayor que cero.
- Si ninguna de las alternativas presenta un VAN positivo, se recomienda realizar la optimización del sistema actual.

**Junto con lo anterior, deberán cumplirse los siguientes requisitos:**

- Existencia de necesidades energéticas en el establecimiento público
- Distancia menor a 50 mts. lineales entre la superficie de instalación de colectores solares, la sala en que se ubicará el acumulador solar y SAA y los puntos de consumos.
- Factibilidad técnica y económica de utilizar la superficie destinada para la instalación de colectores solares.

### 3.8 Herramienta de Cálculo

Para facilitar la evaluación de los proyectos de ACS, se ha construido una herramienta de cálculo en planilla Excel, denominada “Planilla de Evaluación Sistemas Solares Térmicos.xls” que permite utilizar parámetros técnicos y económicos para configurar las alternativas de las diferentes opciones energéticas y realizar su evaluación técnico-económica de manera simplificada y aproximada.<sup>4</sup>

Las principales variables de entrada son:

---

<sup>44</sup> La planilla se encuentra en: <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl>, requisitos sector energía.

- Perfil de demanda de ACS del internado
- Comuna en que se encuentra el internado
- Sistema actual de ACS disponible en el internado
- Información técnica del colector solar
- Volumen del depósito acumulador
- Inversiones asociadas a cada sistema energético
- Precios de las energías de los sistemas tradicionales
- Costos de mantención

En tanto, las variables de salida o resultados obtenidos son las siguientes:

- Contribución solar del SST
- Costos de operación, asociados al consumo de combustibles o energía eléctrica, de las distintas alternativas
- VAN y TIR de cada sistema energético de producción de ACS.

## Glosario

- Agua caliente sanitaria (ACS): Agua a una temperatura mayor a la temperatura ambiente, utilizada para aplicaciones sanitarias tales como ducha, cocina, lavandería entre otros.
- Colector solar: Dispositivo que forma parte de un Sistema Solar Térmico, diseñado para captar la radiación solar incidente, transformarla en energía térmica y transmitir la energía térmica producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.
- Sistema de Aporte Auxiliar (SSA): Sistema energético para producción de agua caliente sanitaria, compuesto por un equipo energético (calefón, caldera, bomba de calor, entre otros) y accesorios
- Sistema Solar Térmico (SST): Sistema energético para producción de agua caliente sanitaria, compuesto de colectores solares, estanques de acumulación de energía, bomba, válvulas, regulación y control.

## **ANEXO 1: DOCUMENTOS PARA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

Los proyectos a presentar, dependiendo del tamaño de la área colectora del SST, deberán contener los siguientes documentos:

### **1. Superficie colectora SST < 50m<sup>2</sup>**

- i. Memoria descriptiva (detalle en numeral 4)
- ii. Esquema del SST y SAA
- iii. Certificado oficial que acredite N° usuarios.
- iv. Memorias de cálculo de colectores solares
- v. Cálculos de sombras de la zona seleccionada para instalar los colectores solares
- vi. Cálculo estructural de la superficie en que se instalarán los colectores solares, para superficies colectoras mayores a 20m<sup>2</sup>

### **2. 50m<sup>2</sup> ≤ Superficie colectora SST < 100m<sup>2</sup>**

- i. Memoria descriptiva (detalle en numeral 4)
- ii. Esquema del SST y SAA
- iii. Certificado oficial que acredite N° usuarios.
- iv. Memorias de cálculo: Colectores Solares, Intercambiador de calor, estanques de expansión.
- v. Cálculos de sombras de la zona seleccionada para instalar los colectores solares.
- vi. Cálculo estructural de la superficie en que se instalarán los colectores solares

### **3. Superficie colectora SST ≥ 100m<sup>2</sup>**

- i. Memoria descriptiva (detalle en numeral 4)
- ii. Esquema del SST y SAA
- iii. Certificado oficial que acredite N° usuarios.
- iv. Memorias de cálculo: Colectores Solares, Intercambiador de calor, estanques de expansión, bomba
- v. Cálculos de sombras de la zona seleccionada para instalar los colectores solares.
- vi. Cálculo estructural de la superficie en que se instalarán los colectores solares

### **4. Memoria descriptiva**

Consiste en el relato del proyecto, principalmente sobre los aspectos que se describen en la “Metodología de preparación y evaluación social de proyectos de provisión de agua caliente sanitaria (ACS) en establecimientos públicos”. Debe al menos contener las siguientes secciones:

- 1.1. Identificación y descripción del problema
- 1.2. Descripción de la Situación Actual. Características de la infraestructura, nivel de producción de ACS del sistema energético actual, estimación de la demanda potencial, déficit actual de producción de ACS
- 1.3. Identificación de Alternativas de Solución. Optimización de la situación base, Alternativas de solución (SST + SAA), descripción de alternativas.
- 1.4. Evaluación del proyecto. Identificación de beneficios y costos, cuantificación de beneficios y costos, valoración de beneficios y costos, utilizando precios sociales. Flujo de caja. Cálculo de indicadores económicos.
- 1.5. Conclusiones

## ANEXO 2: Oferta y Demanda de ACS

### 1. Nivel de Servicio del Sistema ACS Actual

Cuadro N°1.1 Oferta Diaria ACS Jardín Infantil

OFERTA DIARIA ACS							
Uso/días	lunes	Martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
Lavados Higiénicos Diarios N°							
Lavados Higiénicos Diarios (litros/día)							
Cocina (litros/día)							
Lavandería (litros/día)							
Otros (litros día)							
<b>Total día (litros/día)</b>							

Cuadro N°1.2 Oferta Diaria ACS otros establecimientos públicos

Uso/días	lunes	Martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
Duchas diarias (número)							
Duchas diarias (litros/día)							
Cocina (litros/día)							
Lavandería (litros/día)							
Otros (litros día)							
<b>Total día (litros/día)</b>							

## 2. Estimación de la Demanda Potencial

**Cuadro N°2.1** Número de Lactantes y Niños Usuarios por tipo de servicio en Jardín Infantil

	<b>lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>	<b>sábado</b>	<b>domingo</b>
Servicio de lavados higiénicos							
Servicio de cocina							
Servicio de lavandería							

**Cuadro N°2.2** Número de Usuarios por tipo de servicio en otros establecimientos públicos

	<b>lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>	<b>sábado</b>	<b>domingo</b>
Servicio duchas							
Servicio de cocina							
Servicio de lavandería							

**Cuadro N°3** Recomendación de cantidad de ACS para distintos servicios (litros/beneficiario)

<b>Servicio</b>	<b>Litros</b>	<b>Temperatura</b>
Ducha diaria alumnos clase de deporte	30	45°C
Ducha diaria matutina	35	45°C
Lavado Higiénico diario (lactante)	60	45°C
Lavado en cocina	5	45°C
Lavandería	20	45°C

Fuente: Ministerio de Energía, 2014

**Cuadro N°4.1 Demanda Diaria ACS (litros)**

<b>Uso/días</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>	<b>sábado</b>	<b>domingo</b>
Duchas usuarios							
Cocina							
Lavandería							
Otros							
Total día							

**Cuadro N°4.2 Demanda Diaria ACS (litros) en Jardín Infantil**

<b>Uso/días</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>	<b>sábado</b>	<b>domingo</b>
Lavados Higiénicos							
Cocina							
Lavandería							
Otros							
Total día							

## Anexo 3: Requisitos Técnicos Equipos de Aporte Auxiliar

### Calefón

- El o los calefones deben ser capaces de aumentar en 30°C la temperatura del máximo caudal de ACS demandado en el establecimiento.
- Debe poseer encendido automático.
- Debe resistir una presión de trabajo de al menos 6 bar.
- Debe soportar una temperatura máxima de entrada de 45°C.
- Deben ser compatibles con sistemas solares.

### Resistencia Eléctrica

- El equipo debe ser capaz de acumular un volumen de agua igual al 40% del consumo total diario proyectado para el establecimiento.
- El equipo debe ser capaz de acumular agua a 60°C, mediante un termostato que actúe entre 54°C y 61°C.
- La potencia debe permitir un tiempo de restitución de la temperatura del depósito acumulador no superior a 3 horas.

$$\text{Potencia Resistencia eléctrica} \geq \frac{\text{volumen de acumulación [l]}}{86,1}$$

- El depósito acumulador debe ser de calidad sanitaria y resistir las temperaturas máximas provenientes en el ACS del sistema solar y simultáneamente una presión de 6 bar.

### Caldera de Condensación

- La potencia debe cumplir la siguiente condición:

$$\text{Potencia caldera condensación} \geq \frac{\text{Número de litros de acumulación}}{40}$$

- Deben trabajar en circuito cerrado, es decir el estanque debe considerar un intercambiador de calor, y que permita transferir la misma potencia nominal del equipo con un delta temperatura de 10°C para la transferencia de calor
- El depósito acumulador también debe contener al menos un 40% de la demanda total diaria.
- Debe poseer un depósito para contener el líquido condensado (ácido sulfúrico) proveniente de los gases de combustión.

### **Bomba de Calor**

- La potencia debe cumplir la siguiente condición:

$$Potencia Bomba de Calor \geq \frac{Número de litros de acumulación}{20}$$

- Deben trabajar en circuito cerrado. Deben trabajar en circuito cerrado, es decir el estanque debe considerar un intercambiador de calor, y que permita transferir la misma potencia nominal del equipo con un delta temperatura de 10°C para la transferencia de calor.
- El depósito acumulador también debe contener al menos un 40% de la demanda total diaria.