

2019

PROPUESTA TÉCNICA ECONÓMICA PARA EL MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMA DE GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN EDIFICIO DE LA ARMADA DE CHILE EN VALPARAÍSO

DÍAZ SILVA, SATURNINO ESTEBAN

<https://hdl.handle.net/11673/47907>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA TÉCNICA ECONÓMICA PARA EL MEJORAMIENTO DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMA DE GENERACIÓN DE AGUA CALIENTE
SANITARIA EN UN EDIFICIO DE LA ARMADA DE CHILE EN VALPARAÍSO.**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno:

Sr. Saturnino Esteban Díaz Silva

Profesor Guía:

Ing. Eduardo Vidal Páez

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante en mi formación profesional. A Claudia, mi compañera de vida, por darme el apoyo incondicional de principio a fin. A Constanza, Isabella y Maximiliano, mis hijos, que son la fuerza motriz en todo momento. A mi Madre, Padre y hermanos por ser fuente de inspiración y consejo.

RESUMEN

Keywords: MEJORA SISTEMA TÉRMICO, SISTEMA SOLAR TÉRMICO, CALDERA DE CONDENSACIÓN

En el presente documento, se evalúa la prefactibilidad técnica y económica de un proyecto de mejora, enfocado en el uso eficiente de la energía a través de una caldera de condensación con un sistema solar térmico en conjunto, y el beneficio al reducir el gasto en gas natural de la central térmica de un edificio de la Armada de Chile en Valparaíso.

Inicialmente se presenta el fundamento teórico de diferentes tipos y configuraciones de paneles solares térmicos como así también de calderas convencionales comparadas cualitativa y cuantitativamente con calderas de condensación, logrando así fundamentar teóricamente el desarrollo del proyecto.

En el primer capítulo, se realiza un levantamiento, de perfil de consumo del año 2017, realizando un balance tanto de la energía eléctrica como de la energía térmica junto con un análisis de la planta térmica de la condición actual del rendimiento con la condición de fabricación de 82% para pasar a fundamentar cuantitativamente la problemática del proyecto y otras condicionantes.

En el segundo capítulo, de estudio técnico, se analizaron los sistemas termo solares según el principio de circulación como también el sistema de intercambio, se definirán los requerimientos mínimos expresados desde la problemática, la fase de levantamiento para luego pasar al método simplificado f-Chart y lograr con ello conocer que la contribución solar es de un 43%, evaluando técnicamente la condición con proyecto y sin proyecto pudiendo así finalmente analizar por proveedor.

Finalmente, en el tercer capítulo el estudio económico busca conocer a través del periodo de recuperación de la inversión en base al proveedor, que panel termo solar presenta mayor garantía en cuanto a mantener sus características técnicas y que dicho tiempo sea mayor al periodo de recuperación de la inversión.

El proveedor que cumple con el criterio adicional de evaluación corresponde a ANWO donde el periodo que se garantiza el panel solar funciona eficientemente es de 10 años, cuyo PRI es de 6 años y 11 meses.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE ANTECEDENTES TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS	3
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. ENERGÍA	5
1.1.1. Formas de clasificar la energía	5
1.1.2. Energía Solar	6
1.2. SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR.....	10
1.2.1. Caldera	10
1.3. CONFIGURACIONES DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO (SST) CON EL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR (SEA).....	15
1.3.1. De generación instantánea.....	16
1.3.2. Sistema auxiliar con acumulación	16
1.3.3. Sistema auxiliar integrado en acumulador solar.....	17
1.4. ANTECEDENTES GENERALES.....	17
1.4.1. Antecedentes técnicos.....	18
1.4.2. Antecedentes energéticos	21
1.5. PROBLEMÁTICA	34
CAPÍTULO 2: ESTUDIO TÉCNICO	35
2. ESTUDIO TÉCNICO	37
2.1. CRITERIO DE SELECCIÓN	37
2.1.1. Según principio de circulación	37
2.1.2. Según sistema de intercambio.....	38
2.1.3. Análisis de criterio de selección	39
2.2. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL SISTEMA	40
2.2.1. Caldera de condensación	40

2.2.2.	Acumulador solar.....	41
2.2.3.	Colector.....	41
2.2.4.	Controlador solar.....	42
2.2.5.	Grupo hidráulico solar	42
2.2.6.	Aspectos a considerar para la instalación del SST	43
2.3.	ANÁLISIS TÉCNICO.....	47
2.3.1.	Demanda térmica en una instalación existente	48
2.3.2.	Consumo de energía térmica.....	48
2.3.3.	Método simplificado de f-Chart	48
2.3.4.	Fracción solar.....	52
2.3.5.	Balance de energía	52
2.4.	PROVEEDORES.....	54
2.4.1.	Colector.....	55
2.4.2.	Caldera	57
2.4.3.	Grupo de recirculación con controlador	58
2.4.4.	Acumulador	60
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO.....		61
3.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	63
3.1.	MONTOS TOTALES DE LA INVERSIÓN POR PROVEEDOR Y TIEMPO DE EVALUACIÓN DE PROYECTO.....	63
3.1.1.	Proveedor: COSMOPLAS	63
3.1.2.	Proveedor: ANWO.....	64
3.1.3.	Tiempo de evaluación del proyecto	65
3.2.	MÉTODO DE FINANCIAMIENTO.....	65
3.3.	ANÁLISIS DE CONDICIÓN Y BENEFICIO ECONÓMICO.....	66
3.3.1.	Condición sin proyecto	67
3.3.2.	Condición con proyecto	67
3.4.	CALCULO DE BENEFICIO ECONÓMICO SEGÚN PERFIL DE CONSUMO 2017..	67
3.5.	PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	68
3.6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DE ACUERDO AL PROVEEDOR Y TIEMPO DE GARANTÍA DEL PANEL TERMO SOLAR.....	69
3.7.	BENEFICIO MEDIOAMBIENTAL	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		73
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN		75

ANEXOS.	77
ANEXO A: Cuadro resumen	79
ANEXO B: FACTORES DE EMISIONES PARA COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN CHILE	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Denominación de sistema y circuitos de un SST	7
Figura 1-2 Clasificación de los SST por la forma de circulación.....	8
Figura 1-3 Clasificación de los SST por el sistema de intercambio	9
Figura 1-4 Clasificación de los SST por la forma de acoplamiento.....	10
Figura 1-5 Sistema de energía auxiliar de los SST.....	16
Figura 1-6 Centro de Entrenamiento	17
Figura 1-7 Diagrama Eléctrico Caldera a Gas.....	18
Figura 1-8 Diagrama de chimenea	20
Figura 1-9 Chimenea.....	20
Figura 1-10 Simulación de cálculo de rendimiento en software CE3X	33
Figura 2-1 Tuberías con aislamiento térmico	43
Figura 2-2 Válvula mezcladora termostática de 3 vías	44
Figura 2-3 Válvula de corte	45
Figura 2-4 Válvula antirretorno.....	45
Figura 2-5 Válvula de seguridad	46
Figura 2-6 Purga de aire automática	46
Figura 2-7 Datos de entrada de la simulación	49
Figura 2-8 Datos de entrada de la simulación	50

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1-1 Funcionamiento Caldera convencional	13
Diagrama 1-2 Comparación entre funcionamiento de caldera convencional y por condensación	14
Diagrama 1-3 Funcionamiento caldera condensación.....	15
Diagrama 2-1 Balance energía estado actual sin proyecto.....	52
Diagrama 2-2 balance energía solo con caldera de condensación	53
Diagrama 2-3 balance energía con proyecto.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Clasificación de calderas según ACHS.....	10
Tabla 1-2 Clasificación de calderas según ACHS. (Continuación)	11
Tabla 1-3 Equivalencia consumo de gas natural	22
Tabla 1-4 Comparación de Gastos y consumo de Energía eléctrica y gas natural ...	23
Tabla 1-5 Parámetros de funcionamiento	25
Tabla 1-6 Pérdidas a través de la chimenea de la caldera.....	28
Tabla 1-7 Factores de pérdidas a través de la envolvente	29
Tabla 1-8 Factor de carga media para el cálculo de rendimiento en CE3X.....	30
Tabla 1-9 Datos Actuales versus Datos originales de fábrica de caldera	33
Tabla 1-10 Datos Actuales versus Datos originales de fábrica de caldera. (Continuación)	34
Tabla 2-1 Criterios de selección según principios de circulación	37
Tabla 2-2 Criterios de selección según principios de circulación. (Continuación)	38
Tabla 2-3 Criterios de selección según sistemas de intercambio.....	39
Tabla 2-4 Requerimientos caldera de condensación.....	41
Tabla 2-5 Requerimientos acumulador solar	41
Tabla 2-6 Requerimientos colector	41
Tabla 2-7 Requerimientos controlador solar	42
Tabla 2-8 Requerimientos grupo hidráulico solar.....	42
Tabla 2-9 Diferencia porcentual de generación de energía para una orientación e inclinación específica versus el óptimo de referencia.....	49
Tabla 2-10 Contribución solar.....	51
Tabla 2-11 Comparación de demanda útil	51
Tabla 2-12 Características de colectores	55
Tabla 2-13 Características de colectores. (Continuación)	56
Tabla 2-14 Datos técnicos sobre calderas	57
Tabla 2-15 Datos técnicos sobre calderas. (Continuación).....	58
Tabla 2-16 Comparación de rendimiento térmico en rango temperatura 80/60°C..	58
Tabla 2-17 Características de grupo de recirculación con controlador	59
Tabla 2-18 Características acumulador	60
Tabla 3-1 Costos por accesorio proveedor COSMOPLAS	64
Tabla 3-2 Costos por accesorio proveedor ANWO	64
Tabla 3-3 Comparación de condición según implementación de proyecto	67
Tabla 3-4 Periodo de recuperación de inversión	68
Tabla 3-5 Consumo de combustible.....	69
Tabla 3-6 Factores de emisión de combustible asociado a distintas tecnologías utilizadas en la industria	70
Desde la tabla 3-7 se adopta en la fila "calderas a gas natural" el factor $1,985 \text{ kg CO}_2/\text{eqm}^3$ para estimar la huella de carbono.	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1 Consumo eléctrico.....	21
Gráfico 1-2 Gastos y Consumos de gas natural.....	22
Gráfico 1-3 Distribución del gasto económico por concepto de energía.....	23
Gráfico 1-4 Distribución del consumo energético.....	24
Gráfico 2-1 Contribución solar	50

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1 Hora de funcionamiento.....	26
Ecuación 1-2 Rendimiento estacional.....	28
Ecuación 1-3 Factor de carga media.....	30
Ecuación 1-4 Factor de carga media real.....	31
Ecuación 1-5 Rendimiento estacional.....	31
Ecuación 1-6 Perdidas por la envolvente	32
Ecuación 1-7 Rendimiento estacional (desarrollada)	32
Ecuación 2-1 Volumen total	47
Ecuación 3-1 Emisión de CO ₂ eq en condición de proyecto.....	71

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

ACHS	:	Asociación Chilena de Seguridad
ACS	:	Agua Caliente Sanitaria
ASIT	:	Asociación Solar de la Industria Térmica
ENR	:	Energía No Renovable
ERC	:	Energía Renovable Convencional
ERNC	:	Energía Renovable No Convencional
ESG	:	Vidrio Templado Altamente Resistente
FS	:	Fracción Solar
GN	:	Gas Natural
GEI	:	Gases de Efecto Invernadero
HFC	:	Hidrofluorocarburos
PCI	:	Poder Calorífico Inferior
PCS	:	Poder Calorífico Superior
PFC	:	Perfluorocarburos
PN	:	Presión Nominal
PRI	:	Periodo de Recuperación de la Inversión
SC	:	Superficie de Calefacción
SEA	:	Sistema de Energía Auxiliar
SEDIGAS	:	Asociación Española de Gas
SST	:	Sistema Solar Térmico

SIMBOLOGÍAS

	:	Bomba de Agua
°C	:	Grado Celsius
A	:	Ampere

CH ₄	:	Metano
cm ²	:	Centímetro cuadrado
Co ²	:	Dióxido de carbono
CO ₂ eq	:	Dióxido de carbono equivalente
GJ	:	Giga Joule
h	:	Hora
Hz	:	Hertz
J	:	Joule
K	:	kelvin
kcal	:	Kilocaloría
kg	:	Kilogramo
kJ	:	KiloJoule
kPa	:	kilopascal
kW	:	Kilowatts
kWh	:	Kilowatts hora
l	:	Litro
m ²	:	Metro Cuadrado
m ³	:	Metro cúbico
mbar	:	Milibar
mm	:	Milímetro
N ₂ O	:	Óxido de nitrógeno
s	:	Segundo
SF ₆	:	Hexafluoruro de azufre
V	:	Volt
W	:	Trabajo
W/m ² k	:	Transmitancia térmica

INTRODUCCIÓN

El uso de la energía es un tema del cual debemos tomar conciencia, a nivel mundial el concepto de eficiencia energética cada día toma mayor importancia, buscando que los procesos de generación y utilización de la energía sean más eficientes y amigables con el medio ambiente, sin embargo, esto debe ser comprendido como una responsabilidad transversal que involucra desde grandes industrias hasta el uso domiciliario.

Este salto a traído el esfuerzo de la industria mundial en mejorar sus estándares, diseñando máquinas y procesos más eficientes, Chile no es la excepción por lo que ha implementado nuevas políticas públicas del ministerio de energía para lograr remover las barreras e impulsar el despegue del uso de energías renovables y eficiencia energética, es en este marco en donde por ejemplo se ha generado el etiquetado de la eficiencia energética, asignación de recursos para proyectos de implementación de energía no renovable, concentración y validación de información relevante para la toma de decisiones entre otros.

Alineándose con las políticas gubernamentales es necesario que todos los estamentos públicos se hagan partícipes, actualmente en la Armada de Chile en sus reparticiones terrestres existe una política de ahorro energético básico que depende del usuario, como apagar luces, monitores, calefactores y aire acondicionado o informar filtraciones y pérdidas de agua entre otros, sin embargo, es importante que esta política se actualice y tome una forma más activa.

Por lo tanto, se busca presentar una propuesta técnica económica para el mejoramiento de eficiencia energética en el sistema de generación de agua caliente sanitaria, el cual deberá tener la capacidad de operar con un sistema termo solar en conjunto.

OBJETIVO GENERAL

Definir una propuesta técnica económica para el mejoramiento de eficiencia energética en sistema de generación de agua caliente sanitaria en un edificio de la Armada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar antecedentes técnicos y energéticos en la repartición estudiada mediante la obtención de información de los consumos históricos existentes para conocer la situación actual.
- Analizar técnicamente propuestas por proveedores mediante comparación de especificaciones para determinar la mejor opción de generación de ACS.
- Realizar evaluación económica de proyecto en base al proveedor y tiempo de garantía del panel termo solar para proponer una opción de mejora del sistema de ACS a través del periodo de recuperación de la inversión.

**CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE ANTECEDENTES TÉCNICOS
Y ENERGÉTICOS**

1. MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se entregará el conocimiento básico para comprender el desarrollo de este trabajo, además se dará a conocer características del lugar en donde se planteará la evaluación y propuesta de mejora, como también el contexto operacional del sistema actual de generación de ACS, costos y consumos asociados en el año 2017.

1.1. ENERGÍA

La energía es definida por la RAE como "capacidad de efectuar un trabajo". Es una magnitud homogénea con energía, trabajo y calor, por lo que se mide en el sistema Internacional en las mismas unidades:

$$1[\text{J}] = [\text{W}] [\text{s}]$$

Dónde:

$$3,6 \text{ MJ} = 1 \text{ kWh}$$

Se presenta de diferentes formas como térmica, mecánica, eléctrica, química, electromagnética, nuclear, luminosa entre otras.

Como características de la energía es que no se crea ni se destruye, solo se transforma, este principio es conocido como la Ley de la conservación de la energía o primera ley de la termodinámica.

1.1.1. Formas de clasificar la energía

Para poder clasificar la energía debemos tener en cuenta que en la naturaleza puede ser encontrada de diversas formas, sin embargo, debemos tomar en cuenta de donde proviene.

1.1.1.1 Energía Primaria

Proviene de los recursos naturales que pueden estar disponibles directa o indirectamente y no necesitan pasar por procesos de transformación para ser utilizadas. Estas son las energías renovables convencionales y no convencionales.

Las energías renovables son sustentables en donde la fuente de generación energética no se agota en su proceso de transformación y aprovechamiento de energía útil.

a) Energía renovable convencional (ERC)

Esta energía si bien es un recurso inagotable, corresponde a tecnologías maduras con gran presencia y desarrollo a nivel mundial, las centrales hidroeléctricas de gran escala entran en esta categoría.

b) Energía renovable no convencional (ERNC)

Las ERNC son una alternativa limpia y amigable con el medio ambiente, con un gran potencial para su desarrollo pudiendo adaptarse a diferentes proyectos, de diferentes magnitudes como por ejemplo la energía solar, eólica, mareomotriz, minihidráulica y biomasa entre otras.

c) Energía no renovable (ENR)

Son las fuentes de energía que en la naturaleza se encuentran de manera limitada por lo que están destinadas a agotarse o su periodo de recuperación es muy prolongado, por ejemplo, el carbón el petróleo y el gas natural.

1.1.1.2 Energía Secundaria

Es la energía que se logra obtener desde la energía primaria sea de ERC, ERNC, ENR como lo es la energía eléctrica, aunque también todo el espectro de productos que se obtiene de la refinación del petróleo crudo, sean estos: petróleo diésel, bencinas, kerosene.

1.1.2. Energía Solar

La energía solar por definición es una fuente de energía con origen ERNC, su forma típica de uso es como energía solar fotovoltaica o termo solar, la energía solar termo solar es utilizado para el calentamiento directo de fluidos estos son para consumo directo ACS o bien para sistemas de calefacción, aunque incluso esta fuente

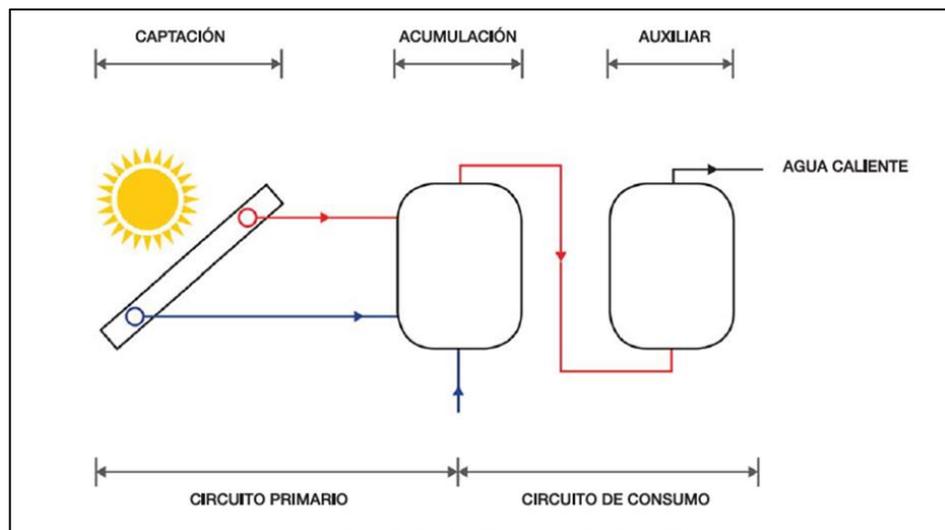
termo solar es utilizada para generar vapor como fuerza motriz en la generación eléctrica.

1.1.2.1 Sistemas Solares Térmicos (SST) para ACS

Un sistema solar térmico transforma la energía radiante que emite el sol, en energía térmica la cual queda contenida en el agua, que luego al pasar a algún sistema auxiliar queda a la temperatura definida por el usuario para su posterior uso.

Está conformada por tres sistemas fundamentales:

- Sistema de captación: Que transforma la energía solar en energía térmica en un fluido.
- Sistema de acumulación: Estanque en donde se acumula y mantiene el agua hasta su uso.
- Sistema Auxiliar: Sistema de generación de agua caliente que complementa la energía aportada con el sistema solar térmico.



Fuente: Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria en viviendas unifamiliares

Figura 1-1 Denominación de sistema y circuitos de un SST

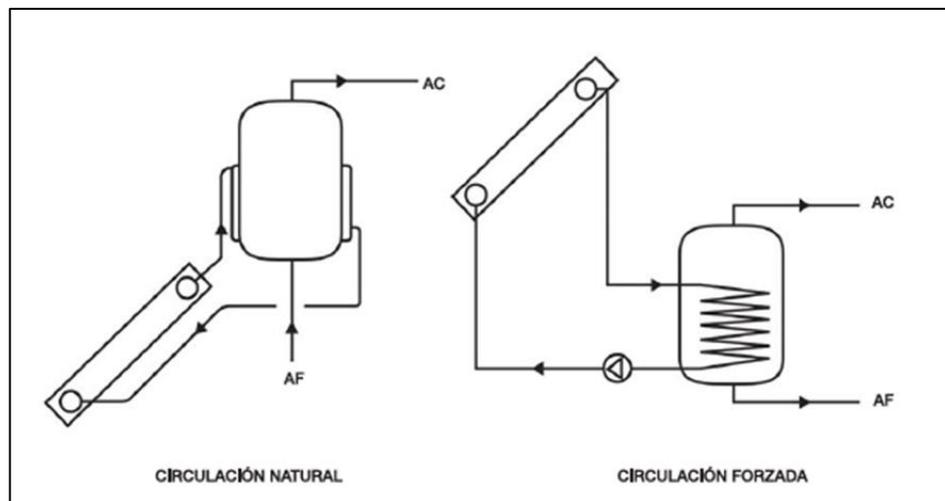
Del punto de vista de los circuitos; el circuito primario permite el transporte de la energía desde los colectores hasta el intercambiador que se encuentra en el

acumulador, este funciona en un bucle cerrado, mientras que el circuito de consumo absorbe el calor desde el intercambiador y es este el que finalmente llega al usuario.

1.1.2.2 Tipo de clasificación de sistema solar térmico (SST).

Se pueden clasificar según el principio de circulación, al sistema de intercambio y la forma de acoplamiento entre el colector y el acumulador que se pasan a detallar a continuación.

I. Principio de Circulación



Fuentes: Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria
En viviendas unifamiliares

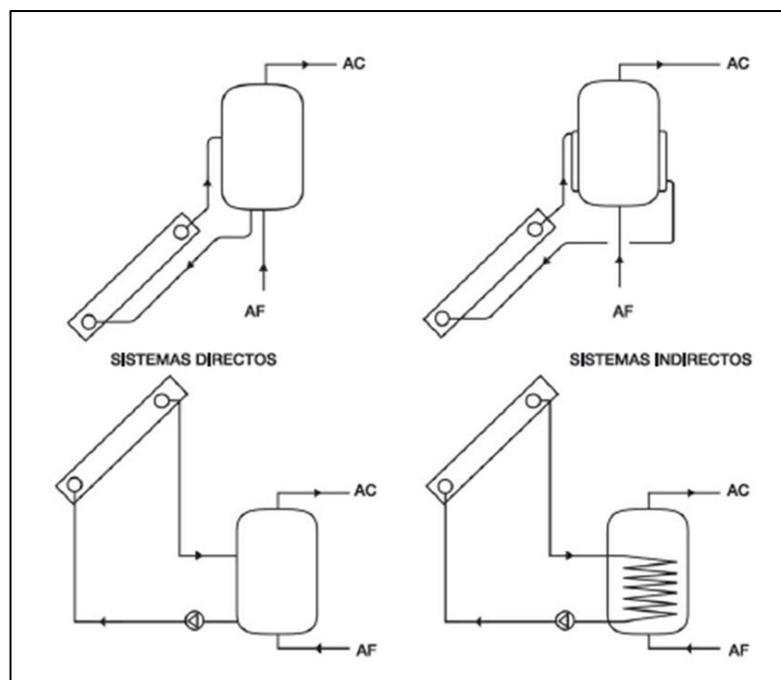
Figura 1-2 Clasificación de los SST por la forma de circulación

- Circulación natural o termosifón es la basada en las corrientes de convección que se forman en los fluidos a temperaturas diferentes, lo cual permite la estratificación del agua a diferentes temperaturas, estas son utilizadas en pequeñas instalaciones o en instalaciones domésticas en donde por lo general el conjunto colector-acumulador se encuentra integrado.
- Circulación forzada no hace uso de la física en el movimiento de los líquidos, sino que utiliza una bomba de circulación, se utiliza en instalaciones más grandes donde el colector y el acumulador no se encuentran en el mismo nivel o a una distancia mayor.

II. Sistema de intercambio

La energía térmica obtenida por el colector puede ser transferida a un fluido que trabaja en un circuito cerrado, para luego a través de un intercambiador transferirlo al agua de consumo, esto es llamado sistema indirecto.

Si el agua que va a ser consumida es también la que pasa por el colector en este caso se llama sistema directo.

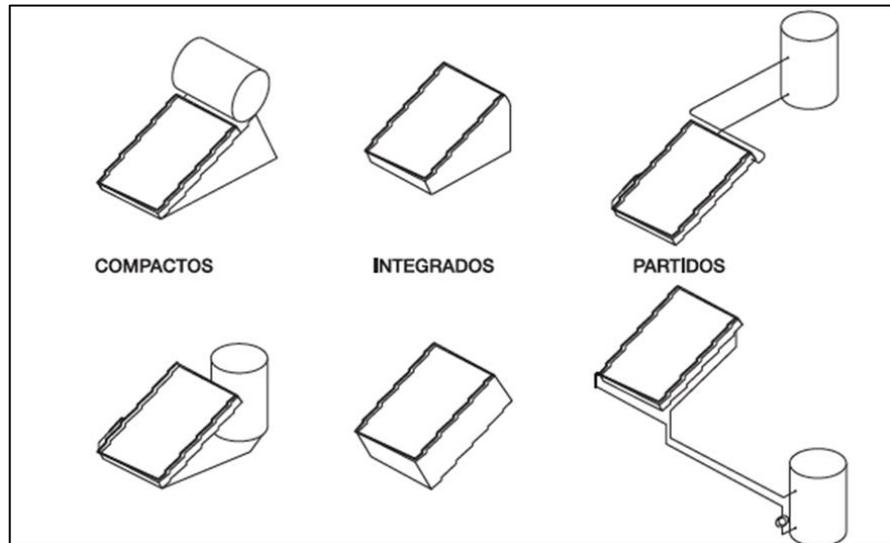


Fuente: Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria
En viviendas unifamiliares

Figura 1-3 Clasificación de los SST por el sistema de intercambio

III. Forma de acoplamiento entre el colector y el acumulador

- Compacto: Cuando todos los componentes forman parte de una misma unidad, aunque estos son visibles e identificables.
- Integrado: Cuando todos los componentes forman parte de una misma unidad y visiblemente no es posible identificar sus partes.
- Partido: Cuando el colector y el acumulador tiene una distancia importante entre sí.



Fuente: Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria
En viviendas unifamiliares

Figura 1-4 Clasificación de los SST por la forma de acoplamiento

1.2. **SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR**

El uso eficiente de la energía y el cuidado con el medio ambiente dejó de ser transable, el recambio de tecnología es un hecho y es importante poder llevarlo a cabo con toda la información disponible, es por ello que se busca definir y comparar las ventajas de una caldera de condensación frente a una con bandera de salida como lo es la caldera convencional, la cual en el presente caso de estudio se requiere para ACS.

1.2.1. Caldera

Si Observamos la segunda excepción de la RAE encontramos definida caldera como "...aparato dotado de una fuente de energía, donde se calienta el agua que circula por tubos y radiadores" a su vez Según el MINSAL caldera es definida como: "Unidad principal diseñada para generar agua caliente, calentar un fluido térmico o para generar vapor de agua, mediante la acción del calor" (Ministerio de salud, 2013) [3]. Es aquí donde se identifican distintos tipos y formas de clasificar la caldera, la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) las clasifica de la siguiente forma:

Tabla 1-1 Clasificación de calderas según ACHS

1. Atendiendo a su posición	a) Horizontales
	b) Verticales
2. Atendiendo a su instalación	a) Fija o estacionaria
	b) Móviles o portátiles
3. Atendiendo a la ubicación del hogar	a) De hogar interior
	b) De hogar exterior
4. Atendiendo a la circulación de los gases	a) Recorrido en un sentido (de un paso)
	b) Con retorno simple (de dos pasos)
	c) Con retorno doble (de tres pasos)
5. Con respecto a su forma de calefacción	a) Cilíndrica sencilla de hogar exterior
	b) Con un tubo hogar (liso o corrugado)
	c) Con dos tubos hogares (liso o corrugado)
	d) Con tubo Galloway (calderas horizontales o verticales)
	e) Con tubos múltiples de humo (igneotubulares o pirotubulares)
	f) Con tubos múltiples de agua (hidrotubulares o acuotubulares)
	g) Con tubos múltiples de agua y tubos múltiples de humo (acuopirotubular o mixtas)
6. De acuerdo con la presión del vapor que producen	a) De baja presión (hasta 2,0 kg/cm ²)
	b) De mediana presión (sobre 2,0 kg/cm ² hasta 10 kg/cm ²)
	c) De alta presión (sobre 10 kg/cm ² hasta 225 kg/cm ²)
	d) Supercríticas (sobre 225 kg/cm ²)
7. Con respecto al volumen de agua que contienen en relación con su superficie de calefacción (La superficie de calefacción se mide por el lado de los gases)	a) De gran volumen de agua (más de 150 L x m ² de superficie de calefacción SC)
	b) De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 L x m ² de SC)
	c) De pequeño volumen de agua (menos de 70 L x m ² de SC)

Fuente: Elaboración propia en base a clasificación de ACHS

Tabla 1-2 Clasificación de calderas según ACHS. (Continuación)

8. Con respecto al volumen de agua que contienen en relación con su superficie de calefacción (La superficie de calefacción se mide por el lado de los gases)	a) De gran volumen de agua (más de 150 L x m ² de superficie de calefacción SC)
	b) De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 L x m ² de SC)
	c) De pequeño volumen de agua (menos de 70 L x m ² de SC)
9. Según su utilización	a) De vapor
	b) De agua caliente
10. Según la circulación del agua dentro de la caldera	a) Circulación natural: El agua circula por efecto térmico
	b) Circulación forzada: El agua se hace circular mediante bombas
11. Según el tipo de combustible	a) De combustible sólido
	b) De combustible líquido
	c) De combustible gaseoso

Fuente: Elaboración propia en base a clasificación de ACHS

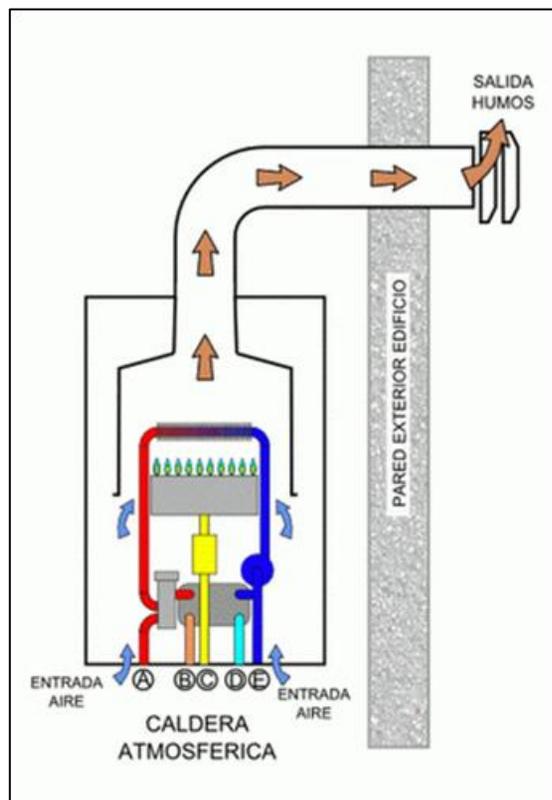
La clasificación antes expuesta es de acuerdo con el Decreto del Ministerio de Salud, promulgado el 2 de marzo de 2012, publicado el 19 de octubre de 2013, inicio de vigencia el 17 de abril de 2014.

El Decreto Supremo N° 10, Aprueba reglamento de calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua, para el caso en estudio según el primer párrafo de mencionado decreto no se aplica para calderas de agua caliente sanitaria que no genera vapor.

Atendiendo a su clasificación antes expuesta es una caldera de agua caliente, vertical, fija con un solo recorrido de los gases (de un paso), de múltiples tubos de humo, de pequeño volumen de agua, inferior a 70 L x m², con circulación forzada, que utiliza combustible gaseoso.

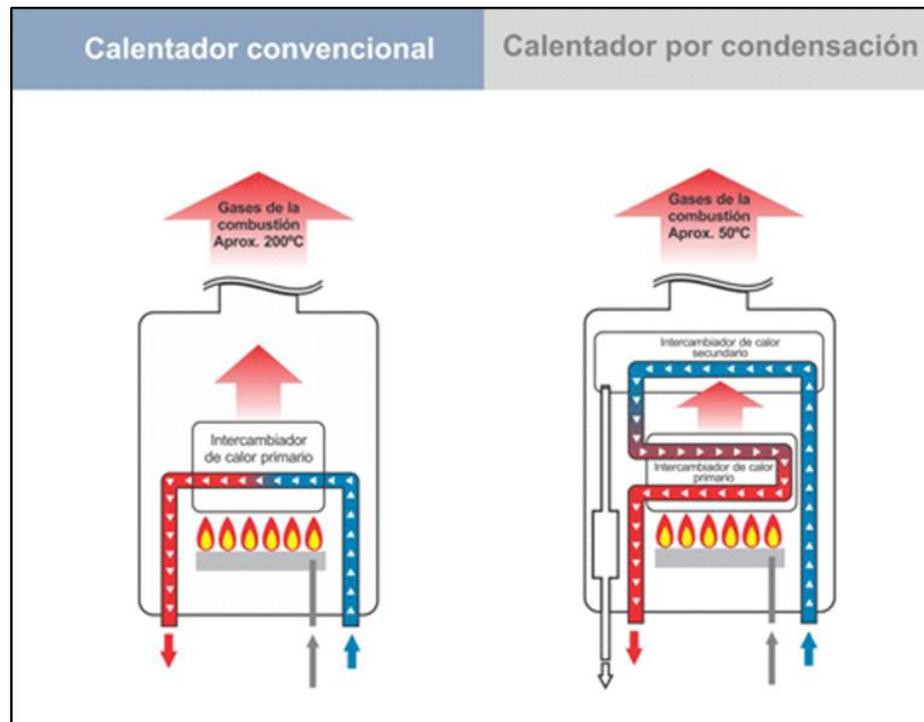
1.2.1.1 Caldera convencional

La caldera convencional es también conocida como caldera atmosférica es bastante simple en cuanto a su funcionamiento, el quemador toma el aire directamente desde la habitación, el combustible ingresa al quemador preferentemente gas y se realiza la combustión, este tipo de caldera tiene solo un intercambiador de calor, llamado intercambiador primario, que es donde se transfiere el calor al agua, posteriormente los gases de la combustión salen libremente cargados de calor y emisiones contaminantes a la atmosfera, es muy importante que la chimenea sea lo suficientemente alta para que los gases salgan sin problemas, este tipo de calderas como se visualiza en la figura número 1-2, posee un máximo de eficiencia de un 85% bajo parámetros de fabricación. "la perdida de calor asociada a los gases de la combustión representa alrededor de un 18% para el caso de calderas que utilizan gas" (Ministerio de energía, 2018) [10], sin embargo, existen otros factores que disminuyen la eficiencia como lo es el encendido por llama piloto en donde se observa aún más reducida su eficiencia versus el encendido a requerimiento.



Fuente: SEDIGAS

Diagrama 1-1 Funcionamiento Caldera convencional



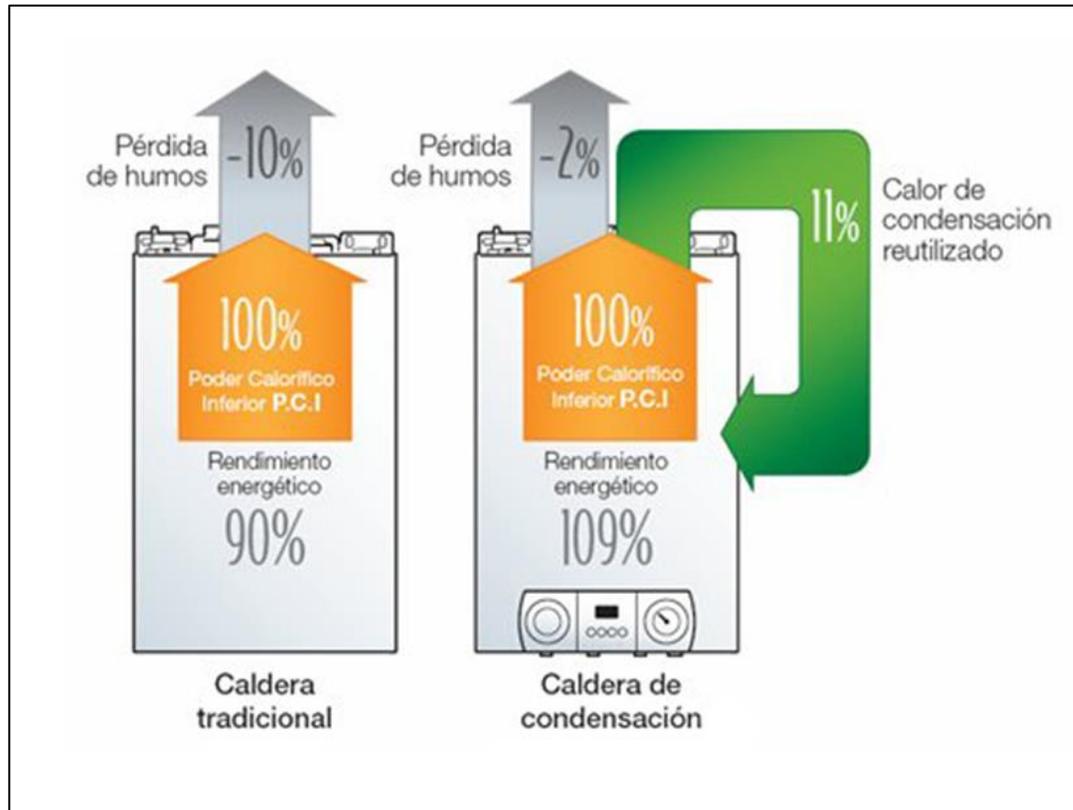
Fuente: www.calderas.es

Diagrama 1-2 Comparación entre funcionamiento de caldera convencional y por condensación

1.2.1.2 Caldera condensación

Estas calderas a diferencia de la caldera atmosférica utilizan el calor latente de los humos de la combustión o más bien del vapor de agua contenida en los gases de la combustión que alcanzan los 150-200°C, el calor latente contenido en los gases se transfiere en un intercambiador secundario para precalentar el fluido antes de ingresar a la cámara de combustión, en este punto los gases son enfriados por debajo de la temperatura de rocío aproximadamente a 55°C generándose la condensación de estos gases, es por esto que este tipo de caldera consiguen rendimientos de hasta un 109-110% del PCI.

Las calderas con tecnología de condensación no tan solo son más eficientes desde el punto de vista energético, sino que también reducen los gases contaminantes que se liberan a la atmosfera, presentan emisiones muy bajas de óxidos de nitrógeno, sin embargo, habrá que agregar un desagüe adecuado para los restos condensados. Tienen un control más activo sobre la temperatura de generación y de retorno, como también quemadores modulados.

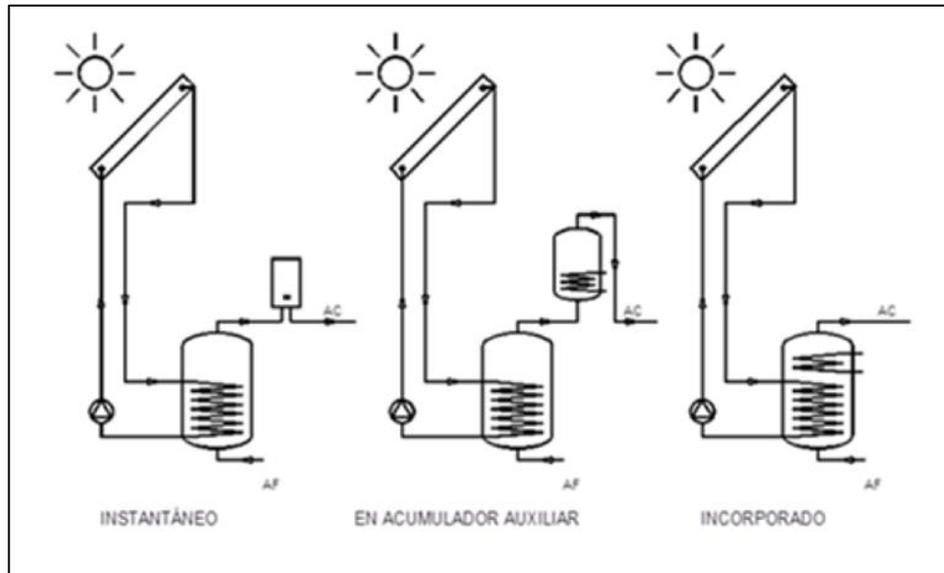


Fuente. Certificados energéticos, España

Diagrama 1-3 Funcionamiento caldera condensación

1.3. CONFIGURACIONES DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO (SST) CON EL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR (SEA)

La forma en que se conecta el SST y SEA puede adoptar diferentes configuraciones de acuerdo con los requerimientos, pudiendo ser:



Fuente: Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria
En viviendas unifamiliares

Figura 1-5 Sistema de energía auxiliar de los SST

1.3.1. De generación instantánea

Un sistema auxiliar instantáneo adosado al SST tiene como principal ventaja la normalización de la temperatura máxima establecida, la unidad auxiliar deberá por tanto tener la capacidad de modular en función de la temperatura del acumulador y la temperatura de salida establecida y no en función del caudal o como en sistemas on /off, siendo estas las menos eficientes en comparación con la modulada.

En esta línea presenta la oportunidad de instalar una segunda unidad auxiliar en cascada en caso de aumentar los requerimientos.

1.3.2. Sistema auxiliar con acumulación

Este sistema presenta la ventaja de tener un reservorio de agua acondicionada a la temperatura establecida haciendo que la unidad no parta cada vez que se requiera ACS, en contra parte presenta un menor rendimiento general del sistema debido a las pérdidas que genera tener circuitos y acumuladores adicionales, en cuanto a la capacidad de reponer el volumen de agua, podría tener ciertas limitaciones para cumplir con la temperatura establecida provocando que la temperatura del ACS no sea constante.

1.3.3. Sistema auxiliar integrado en acumulador solar

Este sistema debe tener la particularidad de tener una importante sobredimensión del acumulador, debido a que se estará aportando la energía desde el SST y a la vez permitir el aporte de un SEA, es de suma importancia tener una especial atención con la temperatura del acumulador debiéndose programar con un excepcional cuidado, para no afectar el rendimiento del sistema solar ya que fácilmente en el peor de los casos el calor aportado por el SEA terminaría siendo irradiado en el colector solar y sería completamente contraproducente.

1.4. ANTECEDENTES GENERALES

Dentro de las reparticiones de la Armada de Chile se encuentra el Centro de Entrenamiento, en donde se halla una dotación de 119 personas, de estas, un grupo de 5 personas realizan guardia de 24 horas. Las personas de la dotación realizan utilización de los servicios sanitarios y de alimentación en tres bloques horarios principalmente.

- 07:00 a 08:30 Servicio de agua caliente sanitario
- 10:00 a 13:00 Requerimientos de servicio de alimentación
- 16:00 a 17:00 Servicio de agua caliente sanitario



Fuente: Armada de Chile

Figura 1-6 Centro de Entrenamiento

1.4.1. Antecedentes técnicos

La configuración e instalación de la actual planta de ACS data del año 1993 a la cual no se le han realizado reconfiguraciones desde la instalación.

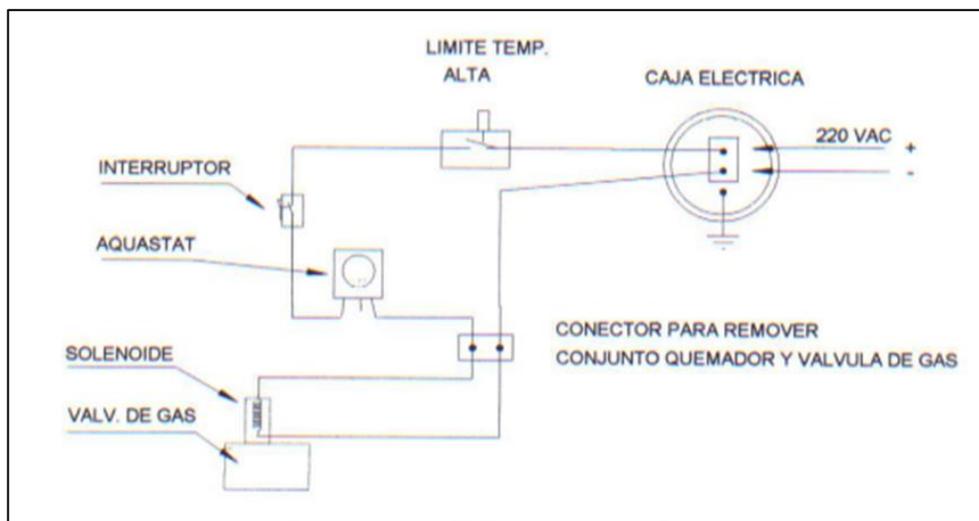
La Central está conformada por los siguientes equipos y sistemas principales:

1.4.1.1 Caldera

La caldera marca Winter de 30.000 kcal/h o 34 kW, es del tipo igneotubulares o pirotubulares, esta central térmica es la única fuente generadora de ACS.

1.4.1.2 Instalación eléctrica

La instalación eléctrica de la actual planta térmica de la repartición tiene la siguiente configuración, que se muestra en el diagrama pictográfico, el cual es de características rígidas y no permite mayores regulaciones más allá de la temperatura del acumulador por lo que este no permite el estudio o análisis, como por ejemplo para conocer el comportamiento del sistema en un periodo de tiempo.



Fuente: Manual caldera a gas Winter

Figura 1-7 Diagrama Eléctrico Caldera a Gas

1.4.1.3 Red de gas natural

La caldera funciona con gas natural de cañería suministrada por Gasvalpo tarifas para gas natural BC-01 Para clientes residenciales, comerciales y hospitales con consumo promedio mensual bajo 100 GJ.

Condiciones específicas del Servicio

- Poder Calorífico Superior: 9.300 kcal/m³
- Poder Calorífico Inferior: 8.370 kcal/m³
- "m³ Gasnatural = corresponde a un m³ de gas natural medido a 15°C, a una presión de 101,325 kPa y un poder calorífico de 9.300 kcal/m³" (Gasvalpo, 2018) [4]

1.4.1.4 Circuito cerrado de agua primario

La caldera trabaja sobre un circuito de agua potable de 1 ½ pulgadas, sin tratamiento especial, con cañerías de cobre sin aislar, una bomba recirculadora, válvula de sobre presión, filtro y una purga de aire en su punto más alto.

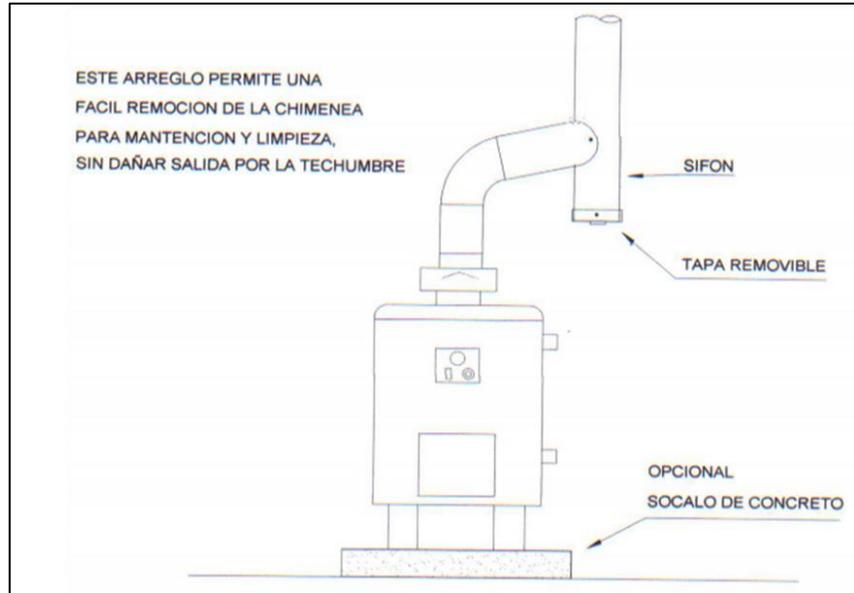
Este sistema lleva el agua caliente a 75 °C hasta un serpentín dentro del acumulador donde se realiza el intercambio térmico.

1.4.1.5 Circuito de agua secundario

El circuito de agua secundario es a través de una toma directa desde el circuito de agua potable de la empresa Esval, que llega a través de una cañería de 2 pulgadas hasta el acumulador de 2m³ de agua, posee una bomba elevadora de presión, el acumulador tiene el sensor de temperatura en una posición equivalente a ¾ partes de la altura total del acumulador, todas las cañerías de salida son de cobre tipo M y se encuentran desnudas, en la parte superior posee un sistema de liberación de sobrepresión no posee protección anódica.

1.4.1.6 Chimenea

La chimenea corresponde a la descarga de gases de la combustión del gas natural que se utiliza en la cámara de combustión de la caldera, para generar la transferencia de calor y con ello el aumento de la temperatura del agua del circuito primario.



Fuente: Manual caldera a gas Winter

Figura 1-8 Diagrama de chimenea

Posee dos codos de 45° con el objetivo de salir por un costado de la instalación, el cañón de descarga de gases de la caldera mide 11 metros, con un diámetro de 6 pulgadas.



Fuente: Armada de Chile

Figura 1-9 Chimenea

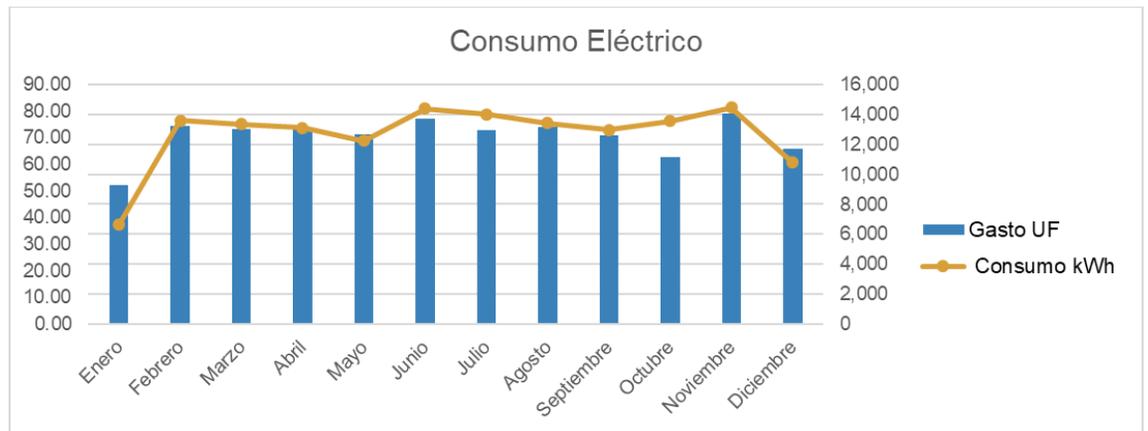
1.4.2. Antecedentes energéticos

Se realiza un levantamiento de los antecedentes energéticos globales de la repartición para comprender la magnitud de los consumos tanto eléctricos y térmicos y conocer de mejor manera el perfil de consumo energético.

1.4.2.1 Antecedentes eléctricos

La empresa proveedora de energía eléctrica en el edificio del centro de entrenamiento de la Armada es Chilquinta Energía S.A.

Los datos recopilados para este estudio corresponden a las facturas eléctricas del año 2017, con un periodo de lectura del 22 de diciembre de 2016 hasta el 20 de diciembre de 2017, teniendo en cuenta que el mes registrado corresponde al mes en que se emitió la boleta.

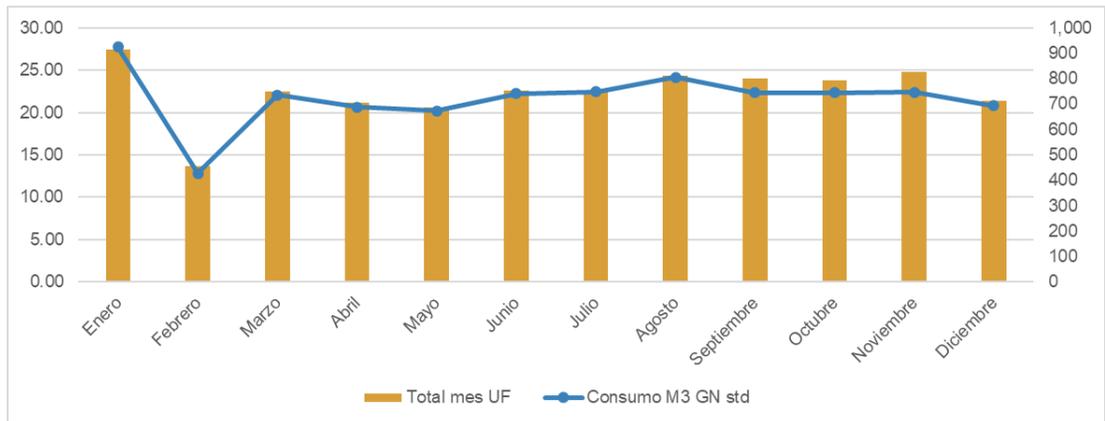


Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos de boletas Chilquinta energía S.A.

Gráfico 1-1 Consumo eléctrico

1.4.2.2 Antecedentes térmicos

El consumo del centro de entrenamiento de la armada corresponde a energía eléctrica y térmica, los gastos y consumo del 2017 se observan a continuación:



Fuente: Elaboración Propia según datos obtenidos de Facturas de Gasvalpo

Gráfico 1-2 Gastos y Consumos de gas natural

Es importante mencionar que el consumo corregido de gas natural se refiere a la aplicación de un factor que determina la compañía distribuidora de gas para estandarizar la medición de 1m³ debido a la variabilidad que puede presentar tanto la presión, la temperatura y el poder calorífico de este.

Además, la energía térmica y la energía eléctrica son cobrados en unidades físicas diferentes, por lo cual la equivalencia de m³ de gas natural se ve relacionada a continuación en la tabla 1-3, datos que fueron extraídos del "Manual de gestor energético" que como fuente principal se encuentra la ISO 6976:2016.

Tabla 1-3 Equivalencia consumo de gas natural

	KILOCALORÍAS	kWh
1 m³ GN std	9.300 kcal	10,82 kWh
Consumo anual en gas natural		
Conversión de m³ en kWh	8.670,26 m ³	93.812 kWh

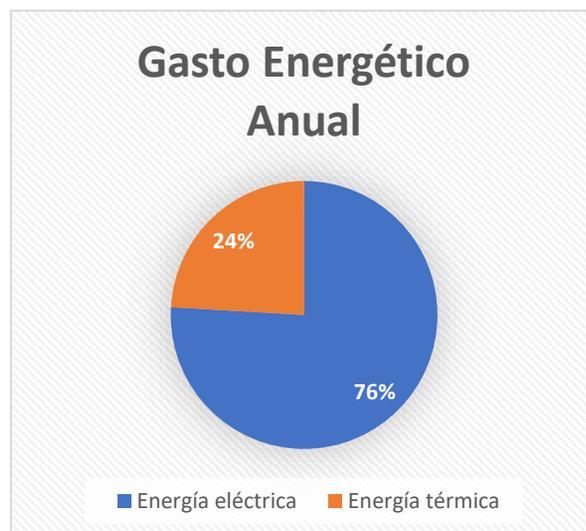
Fuente: Manual de gestor energético

1 m³ GN std = corresponde a un m³ de gas natural estándar medido a 15°C, a una presión de 101,325 Kpa y un poder calorífico de 9.300 kcal/m³.

Tabla 1-4 Comparación de Gastos y consumo de Energía eléctrica y gas natural

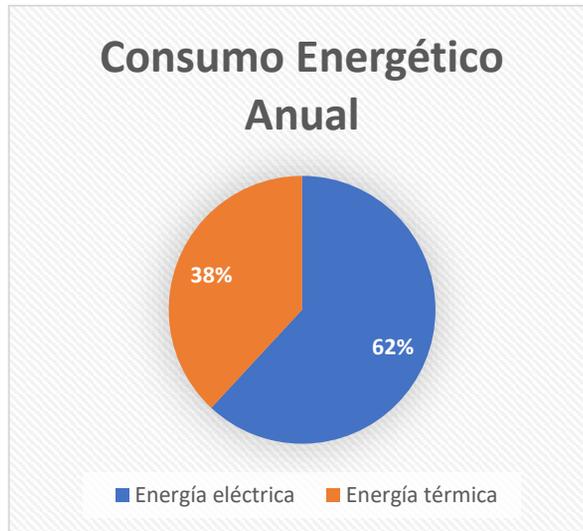
Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

	UNIDAD	ENERGÍA ELÉCTRICA	ENERGÍA TÉRMICA
Consumo anual de energía	kWh/año	152.627	93.812
Gasto anual por consumo de energía	UF	847,39	268,51



Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

Gráfico 1-3 Distribución del gasto económico por concepto de energía



Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

Gráfico 1-4 Distribución del consumo energético

1.4.2.3 Análisis de los antecedentes energéticos

Los datos contenidos en las gráficas anteriores son obtenidos a partir de las facturas de gas y electricidad cuyo resumen está contenido en el anexo 1.

Lo que se puede observar de estos datos es que en el centro de entrenamiento de la armada el gasto anual por concepto de electricidad triplicó al gasto de energía térmica, siendo un 76% del gasto la electricidad y un 24% la energía térmica, a su vez la energía térmica alcanza un consumo de 38% mientras que la energía eléctrica un 62%.

El margen entre el gasto y consumo de la energía eléctrica y la energía térmica haría aventurar que las mejores opciones se encuentran en el área eléctrica lo cual dista de la realidad, debido a que en el consumo de la electricidad es de variados equipos como servidores informáticos, consolas tácticas, computadores de uso administrativo los cuales se encuentran recientemente renovados, equipos de aire acondicionado que se encuentran asociados a los espacios donde se realizan estas actividades, todos estos equipos funcionan en paralelo dentro de mismo periodo de tiempo.

En el mes de enero coincide el periodo de lectura desde el 22 de diciembre del 2016 al 20 de enero de 2017 con el periodo de cierre de actividades de simuladores y entrenamiento, a su vez aproximadamente un 65% de la dotación toma vacaciones en este periodo, es por esto que se observa la disminución en el consumo eléctrico.

En el gráfico térmico 1-2 se aprecia que en la factura del mes de febrero es cuando se presenta el consumo más bajo del año, esto es debido a que el periodo de lectura corresponde entre el 4 de enero de 2017 al 2 de febrero de 2017, cuando los requerimientos de ACS son muy bajos debido al reducido personal en servicio y mayor temperatura del agua de suministro.

Este margen demostraría que una proporción importante del consumo de gas correspondería a ineficiencias en la generación de calor desde la caldera pasando por cañerías de distribución acumuladores e intercambiadores.

Debido a que no existen medidores diferenciado para la caldera y los demás artefactos a gas del edificio es imposible saber con exactitud el consumo real, por lo que se determinara con las horas de funcionamiento, consumo por horas y días laborales.

Según los datos obtenido del fabricante, manual y antecedentes de operación se confecciona la siguiente tabla resumen de parámetros:

Tabla 1-5 Parámetros de funcionamiento

Combustible	Gas natural
Tiro	Natural
Consumo	4,247 m ³ /h
Horas de funcionamiento	6 horas diarias

Fuente: Fabricante Winter

Se consideran solo los días laborales contenidos el año 2017 que son 252 días.

Para determinar las horas de funcionamiento se realizó medición durante 24 horas un día hábil aleatorio del mes de septiembre.

a) Cálculos

$$\left(\text{Horas diarias de funcionamiento}\right) \times \left(\text{Consumo por hora}\right) \times \left(\text{Días laborales en el año}\right) = \text{Consumo anual}$$

$$(6 \text{ horas}) \times \left(4,24 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}\right) \times (252 \text{ días}) = \left(6.410,8 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right)$$

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

Ecuación 1-1 Hora de funcionamiento

1.4.2.4 Análisis de la condición de funcionamiento de la caldera

Para determinar el rendimiento del sistema actual, se busca calcular el rendimiento medio estacional, se utiliza como referencia UNE-EN 15378:2018 tanto para su cálculo manual como a través de un software de distribución libre por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España, utilizado para certificados energéticos de instalaciones existentes, para nuestro estudio utilizaremos el CE3x versión 2.3. Este programa fue desarrollado por Efinovatic (empresa española) y el Centro Nacional de Energías Renovables de España. Dicho equipo se encarga de mantenerlo y actualizarlo.

Ahora bien, en el presente proyecto se utiliza solo el módulo de cálculo de eficiencia energética para instalaciones existentes de ACS.

CE3x tiene gran capacidad de adaptarse a todo tipo de instalaciones, permitiendo diferentes posibilidades de entrada de datos, que puede ser:

- Datos conocidos
- Estimados
- Por defecto

El funcionamiento del programa en el caso de datos estimados o por defecto se basa en comparar el sistema que queremos estudiar con una base de datos, CE3x los compara e interpola con casos semejantes obteniendo así las valoraciones, mayores detalles técnicos se encuentra en el Manual de Fundamentos Técnicos de CE3X, en plena concordancia la UNE-EN 15378:2018. que especifica los procedimientos de inspección para la evaluación de la eficiencia energética y sistemas existentes.

En Manual de Usuario de CE3X el desarrollador explica en detalle el funcionamiento de la interfaz del software, no se ahondará más en ello, ya que no es el objetivo aun así es importante dejarlo explícito.

La caldera de la instalación es una caldera convencional con las siguientes características que corresponden a parámetros de fabricación.

- Marca: WINTER

- Tipo: Atmosférica
- Potencia (P): 34 kW
- Rendimiento de combustión (η): 90%.
- Rendimiento estacional 82%.

Es importante mencionar en qué se diferencian el rendimiento instantáneo de la combustión y el rendimiento estacional.

El rendimiento estacional de una caldera es siempre menor al rendimiento instantáneo, debido a que este considera pérdidas por disposición de servicio como arranques y paradas del quemador, el rendimiento instantáneo de una caldera no considera estas pérdidas, que una caldera tenga un buen rendimiento instantáneo de la combustión, no es sinónimo de que el rendimiento estacional también lo sea.

1.4.2.5 Rendimiento estacional actual

Para determinar el rendimiento estacional actual de la instalación, la herramienta informática permite elegir entre varias configuraciones predefinidas, de tipos de sistemas térmicos y su uso. Una vez seleccionado, se ingresan los datos de entrada que se despliegan, estos datos pueden ser conocidos y otros estimados, de acuerdo a los procedimientos fijados en la UNE-EN 15378:2018.

Se necesita ingresar en primer lugar la potencia desde el dato de placa de la caldera, en segundo lugar, el rendimiento del combustible actual, por lo que se extrae este dato de un análisis de la combustión vigente.

- Potencia nominal (Φ): 34 kw
- Rendimiento de combustión (η): 79%.

Otros datos de entrada que requiere el software son la carga media real y el aislamiento de la caldera. Es importante saber que significan estos términos.

En el caso del aislamiento de la caldera existen 4 opciones predefinidas:

- Bien aislada y mantenida.
- Antigua con aislamiento medio
- Antigua con mal aislamiento
- Sin aislamiento.

En cuanto a el 'Factor de carga media real' (β_{cmb}) se puede definir como "la media de las fracciones de carga del generador durante su tiempo de servicio".

En aquellos casos donde no se disponga de la información suficiente para el cálculo de β_{cmb} , se considerará el valor por defecto de 0,2. (Manual de Fundamentos Técnicos del CE3X)

Solo para efectos comparativos se realizará el cálculo de dos formas, con cálculo manual del factor de carga media real, el rendimiento estacional y posteriormente con el software.

1.4.2.6 Calculo manual

Como referencia se procede a calcular tal como lo indica la UNE-UN 15378-3:2018

$$n_{gen} = n_{comb} - \left(\frac{1}{\beta_{cmb}} - 1 \right) \alpha_{ch,off} - \frac{1}{\beta_{cmb}} * \alpha_{ge}$$

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

Ecuación 1-2 Rendimiento estacional

Los parámetros que intervienen en dicha ecuación son:

- η_{comb} : rendimiento de combustión. Se obtiene realizando un análisis de combustión al sistema generador de calor.
- $\alpha_{ch,off}$: factor de pérdidas por la chimenea con el quemador parado. Estimado por el programa de acuerdo con los datos entregados previamente de la instalación actual.

Tabla 1-6 Pérdidas a través de la chimenea de la caldera

Description	P _{ch,off} [%]
Liquid fuel or gas fired boiler with the blower before the combustion chamber and automatic closure of air intake with burner off Premixed burners	0,2
Wall mounted, gas fired boiler with blower and wall flue gas exhaust	0,4
Liquid fuel or gas fired boiler with the blower before the combustion chamber and no closure of air intake with burner off	
Chimney height < 10 m	1,0
Chimney height > 10 m	1,2
Atmospheric gas fired boiler	
Chimney height < 10 m	1,2
Chimney height > 10 m	1,6

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

- α_{ge} : factor de pérdidas a través de la envolvente del sistema de generación de calor. El programa lo estima en función del dato de 'Aislamiento de la caldera'.

Tabla 1-7 Factores de pérdidas a través de la envolvente

Generator insulation type	A	B
Well insulated, high efficiency generator	1,72	0,44
Well insulated and maintained	3,45	0,88
Old generator with average insulation	6,90	1,76
Old generator, poor insulation	8,36	2,2
No insulation	10,35	2,64

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

- β_{cmb} : factor de carga media real. Es la media de las fracciones de carga del generador durante su tiempo de servicio.

Es posible calcular el valor de la carga media real β_{cmb} mediante la ecuación. (Manual de Fundamentos Técnicos del CE3X)

$$\beta_{cmb} = \frac{V_{del} * H_x}{\Phi_{cmb} * t_{gen}}$$

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

Ecuación 1-3 Factor de carga media

El factor de carga media, como se observa en la ecuación antes descrita, depende de cuatro parámetros que deben ser obtenidos del sistema y expresados convenientemente

- V_{del} : Consumo real de combustible.

Es obtenido a través del levantamiento realizado en el estudio de perfil de consumo, será expresado en metros cubico para que en la formula quede expresado en las mismas unidades.

- H_x : Poder calorífico del combustible.

Se considera el Poder Calorífico Inferior (PCI) en kWh por unidad volumétrica.

- Φ_{cmb} : Potencia nominal del sistema generador.

La potencia nominal del sistema generador es obtenida a partir de la placa de características de la caldera.

- t_{gen} : tiempo de funcionamiento.

Define el tiempo de funcionamiento del sistema generador en el período de tiempo considerado. Debe estar expresado en horas (h).

Dónde:

Tabla 1-8 Factor de carga media para el cálculo de rendimiento en CE3X

V_{del}	Consumo de combustible de la caldera	6.410,8	m ³
H_x	Poder calorífico del combustible por unidad volumétrica	10,82	kWh/m ³
Φ_{cmb}	Potencia nominal caldera	34	kW
t_{gen}	Tiempo funcionamiento sistema generador	8.760	H

Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados

$$\beta_{cmb} = \frac{\text{Consumo de combustible} \times \text{Poder calorífico del combustible}}{\text{Potencia nominal} \times \text{Tiempo de funcionamiento}}$$

$$\beta_{cmb} = \frac{6410,8[m^3] \times 10,82 \left[\frac{kWh}{m^3} \right]}{34[kW] \times 8760[h]}$$

$$\beta_{cmb} = 0,233$$

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

Ecuación 1-4 Factor de carga media real

Correspondiente al cálculo del factor de carga media real, de acuerdo al procedimiento fijado en la UNE-UN 15378-3:2018 y lo recomendado en el manual del software CE3X.

Ahora bien, contando con todos los datos exigidos por la norma, al calcular el factor de carga media real es de 0,233 muy próximo al factor sugerido por la norma.

1.4.2.7 Rendimiento estacional actual

Conocido el factor de carga media real (β_{cmb}), se calcula el rendimiento estacional de la caldera (η_{gen}).

$$n_{gen} = n_{comb} - \left(\frac{1}{\beta_{cmb}} - 1 \right) \alpha_{ch,off} - \frac{1}{\beta_{cmb}} * \alpha_{ge}$$

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

Ecuación 1-5 Rendimiento estacional

Dónde:

- η_{gen} Rendimiento estacional
- η_{comb} Rendimiento de la combustión
- $\alpha_{ch,off}$ Factor de pérdidas de la chimenea con el quemador parado
- α_{ge} Factor de pérdidas a través de la envolvente del sistema generador de calor

$$\alpha_{ge} = A - B \log \phi_{cmb}$$

$$\alpha_{ge} = 6,9 - 1,76 \log 34$$

$$\alpha_{ge} = 4,2$$

Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

Ecuación 1-6 Perdidas por la envolvente

- β_{cmb} : Factor de carga media real = 0,233

Por lo tanto:

$$n_{gen} = 79 - \left(\frac{1}{0,233} - 1 \right) 1,2 - \frac{1}{0,233} * 4,2$$

$$n_{gen} = 79 - (3,29)1,2 - 4,29 * 4,2$$

$$n_{gen} = 79 - 3,9 - 18$$

$$n_{gen} = 57,1\%$$

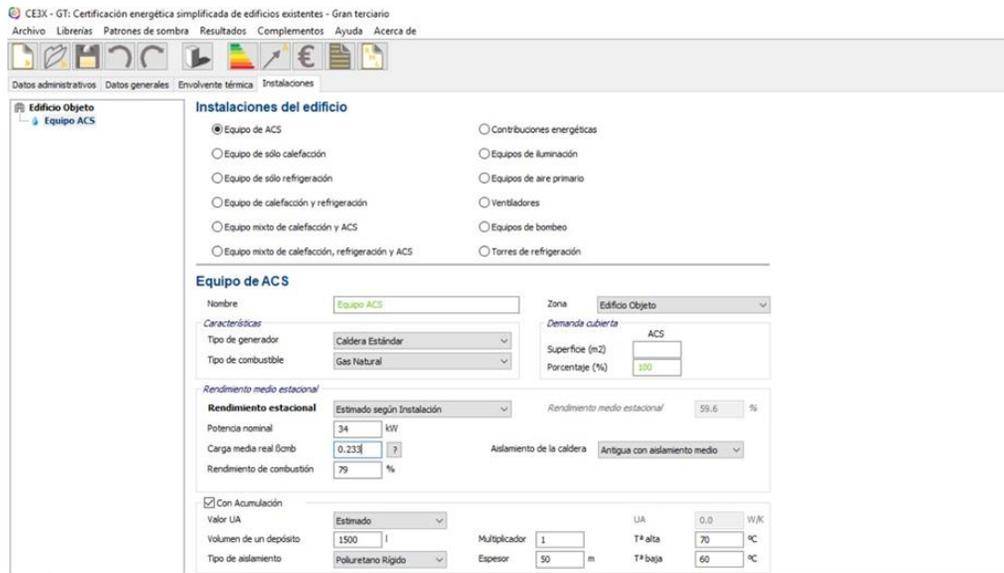
Fuente: UNE-UN 15378-3:2018

Ecuación 1-7 Rendimiento estacional (desarrollada)

1.4.2.8 Calculo con software CE3x

Una vez calculado manualmente, es comparado posteriormente con los resultados del software.

En el software se ingresa la información de Potencia y Rendimiento instantáneo de la combustión actual (Φ y η) estos datos son conocidos, para el Factor de carga media real se adopta el valor calculado de 0,233 y para el aislamiento se selecciona la segunda opción "Antigua con aislamiento medio" por lo cual CE3X nos calcula el rendimiento medio estacional.



Fuente: Elaboración propia en CE3X

Figura 1-10 Simulación de cálculo de rendimiento en software CE3X

El resultado del rendimiento estacional determinado por el software es de un 59,6%.

En definitiva, el rendimiento estacional que CE3x calcula, se basa en el procedimiento para estimar el rendimiento estacional de las calderas basado en la norma UNE-EN 15378:2018 y que también se ha comprobado calculándolo manualmente resultando un 57,1% y que comparado con el software resultó en un 59,6% esto es 2,5% sobre lo calculado manualmente, finalmente se considerara el obtenido con el software y que es por cierto más exacto.

Tabla 1-9 Datos Actuales versus Datos originales de fábrica de caldera

	ACTUAL	FÁBRICA
Demanda térmica útil anual (kWh/año)	41.619,4	41.619,4
Rendimiento estacional calculado sobre P.C.I.	59,6%	82%
Energía consumida nominal (kWh/año)	69.365,7	50.755,4
Ahorro de energía consumida anual (kWh/año)	--	18.610,3
Consumo de combustible (m³/año)	6.410,8	4.690,8

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados y datos de fabricante Winter

Tabla 1-10 Datos Actuales versus Datos originales de fábrica de caldera.
(Continuación)

	ACTUAL	FÁBRICA
Ahorro de combustible (%)	--	26,8%
Ahorro combustible anual (m³/año)	--	1720
Precio promedio del m³ año 2017		\$855
Ahorro anual (UF/año)		53,4
Ahorro de emisiones de CO₂ anual (kg/año)		3.388,4

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados y datos de fabricante Winter

1.5. PROBLEMÁTICA

El actual sistema de generación de agua caliente sanitaria del centro de entrenamiento de la armada, consistente en una caldera de gas natural convencional que posee más de 25 años de servicio, actualmente presenta un rendimiento de un 59,6%, la cual no puede ser llevada a parámetro de fabricación que corresponde a un 82%, esto es debido a que no tiene soporte técnico por el fabricante debido a la vetustez del equipo.

Por lo cual se requiere un sistema de generación de agua caliente sanitaria con mayores prestaciones en términos de eficiencia energética, de similar potencia térmica o más, deberá tener la capacidad de operar con un sistema solar térmico para la generación de agua caliente sanitaria por lo que el control sobre el quemador deberá ser modulante.

La nueva caldera deberá tener un representante nacional que garantice soporte durante la vida útil de la maquinaria y que el tiempo de garantía supere al periodo de recuperación de la inversión.

Debido a que existe una iniciativa institucional de que este edificio absorba el requerimiento de energía térmica de más de una repartición, sin estar esto aún definido, ni tampoco dimensionado, este nuevo sistema debe tener la flexibilidad de poder agregar en el futuro una segunda caldera de condensación en cascada como también el sistema termo solar soportar el aumento de superficie de paneles termo solares.

CAPÍTULO 2: ESTUDIO TÉCNICO

2. ESTUDIO TÉCNICO

Este capítulo tiene como objetivo analizar las propuestas por proveedores mediante la comparación de especificaciones para determinar la mejor opción de generación de ACS por lo cual se debe conocer cuáles serán los criterios que se ajusten a la actual demanda térmica y a las características de la instalación.

2.1. CRITERIO DE SELECCIÓN

Para definir las propuestas es necesario conocer qué tipo de instalación es la más recomendada para determinado tipo de demanda por lo que se hace necesario mostrar cual es el criterio de selección, a continuación, se mostrara las principales características según el principio de circulación y el sistema de intercambio para luego pasar a analizarlas.

2.1.1. Según principio de circulación

Existen dos tipos de circulación en sistemas solares térmicos, lo es la circulación forzada y la circulación natural, a continuación, se presentan las principales características de cada cual.

Tabla 2-1 Criterios de selección según principios de circulación

CRITERIO	CIRCULACIÓN FORZADA	CIRCULACIÓN NATURAL
Necesita bomba de circulación	Si	No
Caudales de calentamiento	Fijo, salvo bombas de caudal variable	Proporcionales a radiación solar
Regulación de caudal	Para evitar ciclos de arranque parada	Natural no es preciso

Fuente: Elaboración propia en base al Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria En viviendas unifamiliares

Tabla 2-2 Criterios de selección según principios de circulación.
(Continuación)

POSICIÓN RELATIVA DE COMPONENTES	FACTOR SECUNDARIO	CRITERIO MUY IMPORTANTE
Tipología del colector solar	Cualquiera	Normalmente parrilla
Tipología interacumulador	Cualquiera	Doble envolvente
Criterios de selección de componentes	Menos importante la pérdida de carga	Poca pérdida de carga
Trazado de cañerías	Menos condicionante	Más delicado y preciso
Aplicaciones	Mejor en grandes instalaciones	Mejor a pequeños sistemas
Precisa alimentación eléctrica	Si	No
Integración arquitectónica	Más sencilla	Con dificultad
Perdidas térmicas en el acumulador	Más facilidad para instalarlo en interior	Normalmente va al exterior
Perdidas térmicas en circuitos	Peores en circuito primario	Peores en distancia a consumo
Temperaturas de trabajo	Saltos de temperaturas más bajos	Saltos de temperatura más alto
Temperatura máxima del acumulador	Utilizable sistema de control	Solo controlable por diseño
Sistema protección anti heladas	Además, recirculación y vaciado automático	Mezcla de anticongelante
Costo de inversión	Mayor	Menor
Costo de mantención	Más mantención por control y bomba	Solo mantención preventiva
Costo de explotación	Costo de la energía eléctrica	No tiene costos adicionales

Fuente: Elaboración propia en base al Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria En viviendas unifamiliares

2.1.2. Según sistema de intercambio

La forma en que se transfiere la energía térmica al fluido de consumo puede ser de forma directa o bien de forma indirecta a través de un fluido portador del calor adecuado para estas condiciones, dando lugar a los sistemas indirectos.

Tabla 2-3 Criterios de selección según sistemas de intercambio

CRITERIO	SISTEMA DIRECTO	SISTEMA INDIRECTO
Fluido de trabajo	Solo agua de red	Agua y el fluido del primario
Presión de trabajo en circuitos	Todo a presión de la red	Pueden ser presiones distintas
Sistema de llenado	No requiere	Si necesita
Sistema constructivo del conjunto	Más sencillo	Más complejo
Evolución del rendimiento	Empeora con el tiempo	Se mantiene constante
Aplicaciones	Solo en pequeños sistemas	Cualquier tipo de instalación
Uso en zonas con riesgo de heladas	Desaconsejado	Recomendado
Uso con aguas muy duras	Desaconsejado	Recomendado
Costo de la inversión	Menor	Mayor
Mayor costo de mantención	Limpieza interna del colector	Mantención del circuito cerrado

Fuente: Elaboración propia en base al Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria En viviendas unifamiliares

2.1.3. Análisis de criterio de selección

Una vez expuestos las características tanto según el tipo de circulación y el tipo de intercambio se analizan según lo demandado por el presente proyecto.

2.1.3.1 Según el principio de circulación

El presente estudio se realiza sobre la base de un sistema existente el cual será renovado por uno de características similares, en cuanto al sistema solar que se añadirá, la posición de los componentes del sistema y el trazado de cañerías toma importancia debido a la ubicación de la caldera y acumulador con respecto de los paneles termo solares.

Ahora bien, en cuanto a pérdidas térmicas, en líneas generales abran mayores pérdidas en el circuito primario del SST que equivaldrían a tener el acumulador en el exterior, de cierta forma las pérdidas del circuito primario estarían compensadas con el acumulador que estará instalado en un departamento interior.

Al ser una instalación en un edificio de servicios, un sistema prefabricado o un sistema con circulación natural presenta una difícil adaptabilidad cuando hay sistemas partidos o las líneas de consumo cubren distancias muy amplias.

2.1.3.2 Sistema de intercambio

Mantener el rendimiento de los componentes termo solares tanto de los colectores y de intercambiadores cuando el circuito de consumo pasa por ellos implica una gran área interna que mantener, en sistemas de bajo requerimientos en términos de consumo de agua caliente podría no ser un criterio decisivo, en cambio en una instalación como la estudiada donde el volumen de agua es mayor, las impurezas podrían reducir drásticamente la eficiencia del sistema en un periodo de tiempo acotado. Es por esto que el circuito solar o circuito primario preferiblemente sea un circuito cerrado con un fluido acondicionado para evitar la reducción del intercambio térmico además de poseer características anticongelantes.

2.2. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL SISTEMA

Para definir los requerimientos mínimos, se realiza en base a la actual instalación debido a que es un proyecto de mejora más lo obtenido desde el análisis del criterio de selección.

2.2.1. Caldera de condensación

La caldera de condensación deberá tener las siguientes características como mínimo para cumplir con los análisis previos y para poder darle solución a la problemática del proyecto.

Tabla 2-4 Requerimientos caldera de condensación

Potencia nominal	34 – 50 kW
Rendimiento en % de PCI	95-110%
Conexión cascada	Si
Modulación de la potencia	Si
Sistema de control compatible con sistema solar	Si
Salida para control de bomba	Si

Fuente: Elaboración propia en base a instalación actual

2.2.2. Acumulador solar

El acumulador debera cumplir con las siguientes características para absorber la demanda y las características físicas desprendidas de la problemática del proyecto.

Tabla 2-5 Requerimientos acumulador solar

Tipo de acumulador	Vertical
Volumen de acumulación	1500 a 2000 l
Número de acumuladores	1
Intercambiador	Serpentín
Número de serpentines	2
Incorporación resistencia eléctrica	Capacidad de incorporarla

Fuente: Elaboración Propia en base a instalación actual

2.2.3. Colector

El colector como elemento del cual se requiere un óptimo rendimiento ya que de este depende la obtencion del beneficio económico, deberá tener las siguientes características y poder así darle solución a la problemática del presente proyecto.

Tabla 2-6 Requerimientos colector

Montaje	Techo plano e inclinado
Garantía	Mayor o igual al PRI
Rendimiento	Constante

Fuente: Elaboración Propia en base a instalación actual

2.2.4. Controlador solar

En sistemas donde se requiere mayores estándares de eficiencia el uso de controladores es vital, poder evaluar y obtener el mayor beneficio económico de la instalación, debe poseer la siguientes características para responder a la demanda y las características de esta en la instalación.

Tabla 2-7 Requerimientos controlador solar

Entradas para sondas	Múltiples
Salidas para control de bomba	Mínimo 1
Contador de energía	Si
Controlar resistencia eléctrica	Si, rutina de desinfección térmica

Fuente: Elaboración propia en base a instalación actual

2.2.5. Grupo hidráulico solar

Es esta la fuerza que desplazará el fluido por el circuito del sistema solar térmico y recibe el control directo desde el sistema controlador, en la tabla 2-8 se tabulan las características mínimas para cumplir con el requerimiento básico.

Tabla 2-8 Requerimientos grupo hidráulico solar

Bomba de circulación	Si
Presión de trabajo	Máximo 6 bar
Caudalímetro	Si
Temperatura de trabajo	Hasta 95°C
Número de vías	1
Fluido	Hasta 50% de propilenglicol

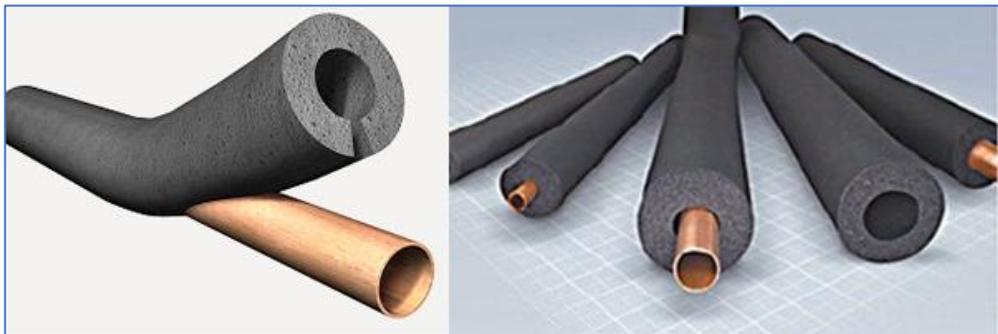
Fuente: Elaboración Propia en base a instalación actual

2.2.6. Aspectos a considerar para la instalación del SST

Elementos menores a considerar dentro del proyecto de mejora del sistema solar térmico.

2.2.6.1 Tuberías

Las tuberías o cañerías son conductos en donde se movilizan agua u otros fluidos interconectando los componentes del SST, en este caso se instalarán tuberías de cobre debido a las características del lugar en donde será instalado y deben estar aisladas para disminuir las pérdidas térmicas.



Fuente: https://blogs.20minutos.es/un-hogar-con-mucho-oficio/files/2015/01/Blog_Reparalia_Coquina_aislante_t%C3%A9rmico_tuber%C3%ADas.jpg

Figura 2-1 Tuberías con aislamiento térmico

2.2.6.2 Válvula mezcladora termostática

En la instalación será relevante instalar una válvula de 3 vías regulable a 45°C, usada en conjunto con la caldera de condensación.

La función de la válvula de 3 vías en la instalación es que toma el agua de salida del acumulador y la mezcla con el agua fría de la red hasta lograr la temperatura prefijada por el usuario.



Fuente: <http://www.valgroup.es/todasjpg/fam92/92000442.jpg>

Figura 2-2 Válvula mezcladora termostática de 3 vías

2.2.6.3 Válvula de corte

Las válvulas de corte son de suma importancia dentro de la instalación para la realización de mantenimiento, por lo que se instalara en diferentes puntos logrando así poder realizar operaciones de mantenimiento sin tener la necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación.



Fuente: <http://steam-medical.cl/catalogo/wp-content/uploads/2018/09/valvula-corte-3-cuerpo-inox.jpg>

Figura 2-3 Válvula de corte

2.2.6.4 Válvulas antirretorno

Se deben instalar válvulas antirretorno para permitir el paso de los fluidos en una sola dirección y evitar así el tránsito en otra dirección.



Fuente: <http://www.ngp.cl/wp-content/uploads/2016/04/valvula-check.jpg>

Figura 2-4 Válvula antirretorno

2.2.6.5 Válvula de seguridad

Las válvulas de seguridad se deben instalar para evitar una sobrepresión, esto lo logra liberando el fluido cuando la presión supera los límites establecidos.



Fuente: <https://www.genebre.es/valvula-seguridad-h-h-6-bar>

Figura 2-5 Válvula de seguridad

2.2.6.6 Purga de aire

Se utilizan en los puntos más altos de los circuitos cerrados del SST, en donde se puede acumular aire. Es necesaria su instalación para la circulación de agua completamente libre de aire y así asegura el funcionamiento ideal del sistema.



Fuente: https://www.caleffi.com/sites/default/files/styles/product-photo/public/file/502130.jpg?itok=fcQxQ_vh

Figura 2-6 Purga de aire automática

2.3. ANÁLISIS TÉCNICO

El volumen total del sistema de acumulación solar será definido en base a las capacidades y especificaciones técnicas de la actual instalación, que a su vez serán las mismas del sistema de remplazo, pero superior en términos de eficiencia energética, en función de esto se proyectará el área de colectores a instalar.

El volumen de acumulación en el área de colectores incide directamente sobre el rendimiento global, por lo que la acumulación específica se debe encontrar en el rango:

$$40 \leq \frac{VOLUMEN DE ACUMULACIÓN}{AREA COLECTORES} \leq 180$$

Fuente: Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria

Ecuación 2-1 Volumen total

Si el volumen de acumulación en el área de colectores es por debajo de un valor entre 40 y 50 L/m², el rendimiento de la instalación disminuye significativamente, por otro lado para valores superiores a 100-120 L/m², el rendimiento es muy bajo o incluso puede descender si las pérdidas del acumulador son muy elevadas.

Para la presente evaluación se adoptará una referencia de acumulación específica de 75 L de acumulación por metro cuadrado de colectores, extraída de "Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria".

A través de la adopción de esta referencia se calcula el área de colectores necesario y con esto definir la cantidad de colectores:

- Volumen de acumulación solar : 1500 L
- Área útil aproximada de cada colector : 2m²
- Número de colectores : 10 colectores de 2m²

2.3.1. Demanda térmica en una instalación existente

La demanda de energía térmica del agua caliente sanitaria es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del caudal de agua de consumo, desde la temperatura de entrada de agua fría hasta la temperatura de uso en los puntos de consumo.

El caudal de consumo de agua caliente sanitaria por persona se puede obtener desde datos de referencia tabulados, en este caso, se obtuvo desde el proyecto original de la central guardando las proporciones para las 119 personas se estimó lo siguiente:

Demanda diaria de agua caliente sanitaria de 3000 L para 119 personas, aproximadamente 25,2 L por persona al día, en tanto para la demanda térmica se estimó, para el perfil de consumo del año 2017 en 41.619,4 [kWh].

2.3.2. Consumo de energía térmica

A través del levantamiento de datos obtenidos desde el consumo mensual del año 2017, tomando en cuenta el perfil de consumo, horas de funcionamiento y las características de consumo de gas natural de la caldera, la demanda térmica es determinada por el consumo de energía térmica de la instalación donde ya están consideradas las pérdidas térmicas asociadas a la demanda y que corresponden a aquellas de los circuitos de alimentación, distribución, recirculación y acumulación.

- Energía consumida 2017 : 69.365,7 kWh/año
- Demanda útil de energía térmica : 41.619 kWh/año
- Demanda de agua caliente sanitaria : 3.000 L/día

2.3.3. Método simplificado de f-Chart

Este método es una herramienta que permite calcular la fracción solar de una instalación de agua caliente sanitaria mediante colectores planos en base mensual y anual, este método solo se utilizará con este fin.

El modelo f-Chart utilizado corresponde a la versión 3.0 distribuido por el ministerio de energía de Chile, esta herramienta incorpora la información de temperaturas máximas y mínimas registradas de acuerdo con la localización ingresada, además, se ingresa la demanda diaria de ACS, volumen de almacenamiento, superficie de colectores, inclinación, orientación, factor global de pérdidas, eficiencia óptica, pérdidas por sombra.

No se ahondará mayormente en el método ya que no es el objeto de este estudio, y se encuentran lo suficientemente acreditado. Los datos de entrada que requiere la herramienta se obtienen directamente desde la ficha técnica de los colectores y para el caso de la orientación e inclinación desde la siguiente tabla.

Tabla 2-9 Diferencia porcentual de generación de energía para una orientación e inclinación específica versus el óptimo de referencia

Orientación / Angulo	270°	280°	290°	300°	315°	325°	0°	35°	45°	60°	70°	80°	90°
5°	8,9%	8,3%	7,8%	7,4%	6,7%	4,2%	3,7%	4,1%	4,3%	5,7%	6,1%	6,3%	7,0%
10°	9,3%	9,1%	8,6%	6,3%	5,1%	4,5%	3,6%	5,0%	8,5%	7,1%	8,1%	9,1%	8,9%
20°	11,1%	8,2%	7,2%	5,4%	3,3%	2,1%	0,7%	3,1%	4,5%	6,9%	8,7%	10,7%	12,7%
30°	14,0%	11,1%	8,5%	6,2%	3,3%	1,8%	0,0%	3,2%	5,0%	8,1%	10,6%	13,3%	16,1%
40°	17,7%	14,2%	11,1%	8,4%	5,2%	3,6%	1,7%	5,3%	7,3%	10,9%	13,7%	16,8%	20,2%
45°	19,8%	16,1%	12,9%	10,1%	6,8%	5,2%	3,4%	7,1%	9,0%	12,7%	15,6%	18,9%	22,5%

Fuente: Guía de evaluación inicial de edificios para la instalación de sistemas solares

En el caso de la demanda diaria de ACS se obtiene directamente desde el levantamiento de datos.

COMUNA : Valparaíso	Latitud Media	Zona Climática	Contribución Solar Mínima	Valor a Verificar CSM*0,85
	-33°	D	48%	41%

Fuente: Herramienta f- Chart

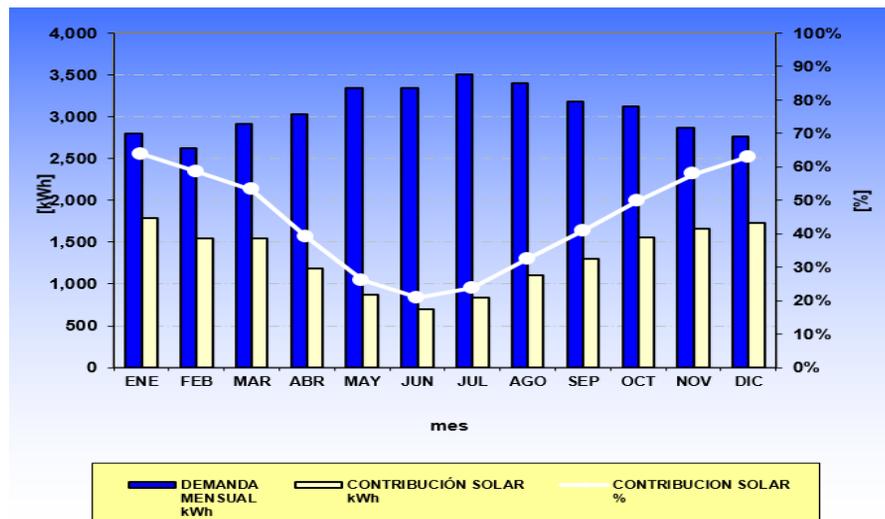
Figura 2-7 Datos de entrada de la simulación

VOLUMEN ALMACENAMIENTO :	<input type="text" value="1,500"/>	[L]
SUPERFICIE COLECTORES :	<input type="text" value="20"/>	[m ²]
INCLINACIÓN :	<input type="text" value="30"/>	[°]
ORIENTACIÓN CST (AZIMUT) :	<input type="text" value="0"/>	[°]
FACTOR GLOBAL PÉRDIDAS (UL):	<input type="text" value="3.7"/>	[W/m ² K]
EFICIENCIA ÓPTICA (η_0) :	<input type="text" value="81.7%"/>	[%]
PERDIDAS POR SOMBRAS :	<input type="text" value="0%"/>	[%]
CONTRIBUCIÓN SOLAR DEL SST :	<input type="text" value="43%"/>	CUMPLE

Fuente: Herramienta f- Chart

Figura 2-8 Datos de entrada de la simulación

Tanto el factor global de pérdidas y la eficiencia óptica a son datos obtenidos desde las fichas técnicas del colector del proveedor ANWO, esto para poder determinar a través del modelo f-chart el porcentaje de contribución solar.



Fuente: Herramienta f- Chart

Gráfico 2-1 Contribución solar

Una vez ingresado los datos se obtiene los siguientes datos tabulados a continuación.

Tabla 2-10 Contribución solar

	DEMANDA	CONTRIBUCIÓN	CONTRIBUCIÓN
	MENSUAL	SOLAR	SOLAR
	[kWh]	[kWh]	[%]
Enero	2801	1785	64
Febrero	2628	1539	59
Marzo	2910	1546	53
Abril	3025	1180	39
Mayo	3342	873	26
Junio	3339	698	21
Julio	3505	835	24
Agosto	3396	1102	32
Septiembre	3182	1300	41
Octubre	3126	1557	50
Noviembre	2868	1659	58
Diciembre	2758	1733	63
	36880 [kWh]	15807 [kWh]	43

Fuente: Elaboración propia según Herramienta f- Chart

Si comparamos la demanda total anual que entrega la herramienta f-Chart versus la obtenida en el levantamiento.

Tabla 2-11 Comparación de demanda útil

Demanda útil	41619 [kWh]
Demanda obtenida desde f-Chart	36880 [kWh]
Diferencia	4739 [kWh]

Fuente: Elaboración propia según Herramienta f- Chart

Con esto se podría estimar que los datos obtenidos del levantamiento comparados con los datos de salida de la herramienta es tan solo un 11.4% menor. Esto podría deberse a las perdidas propias del sistema de acumulación, distribución e intercambio donde un 11,4% correspondería a pérdidas que no considera la herramienta f-Chart.

2.3.4. Fracción solar

La FS, también denominada cobertura o contribución solar, es la parte de la demanda de energía que es cubierta mediante energía solar, por lo que es la demanda que no es cubierta con la energía convencional y por ende es la parte que otorga beneficios tanto económicos como medioambientales que se analizará en el tercer capítulo.

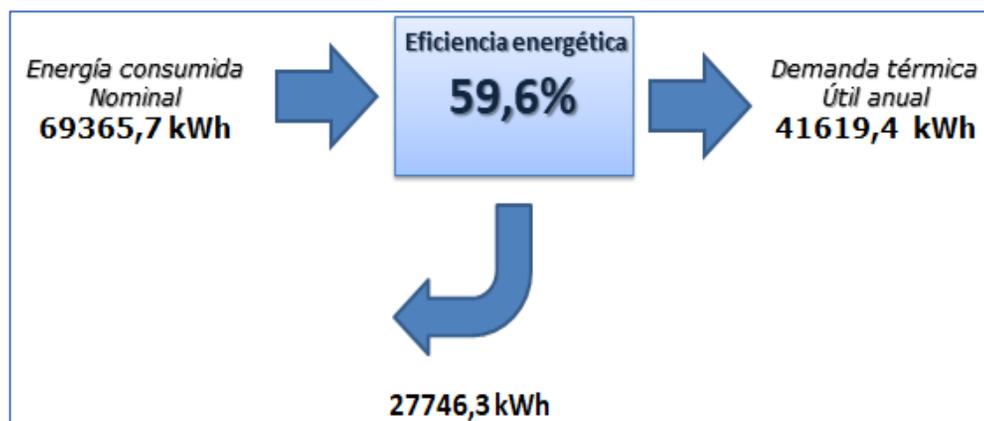
La fracción solar estimada por la herramienta f-Chart indica que corresponde a un 43% de la demanda térmica útil, esto es la porción de energía convencional que se dejaría de consumir.

2.3.5. Balance de energía

Se presenta un esquema del balance de energía utilizada de la energía útil de la condición actual sin proyecto y con proyecto.

2.3.5.1 Condición Actual

Estado de la planta térmica sin proyecto del año 2017.



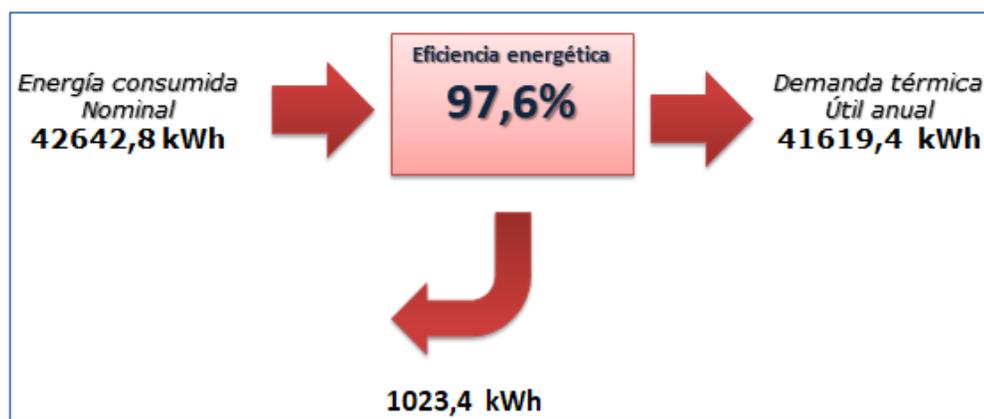
Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

Diagrama 2-1 Balance energía estado actual sin proyecto

En el diagrama 2-1 se aprecia la diferencia entre la demanda térmica útil y la energía consumida real, donde las pérdidas corresponden a un 40,4% de la energía consumida.

2.3.5.2 Condición proyectada solo con caldera de condensación

Condición sin sistema solar térmico, solo con caldera de condensación, se utiliza solo para fines comparativos en análisis posteriores.



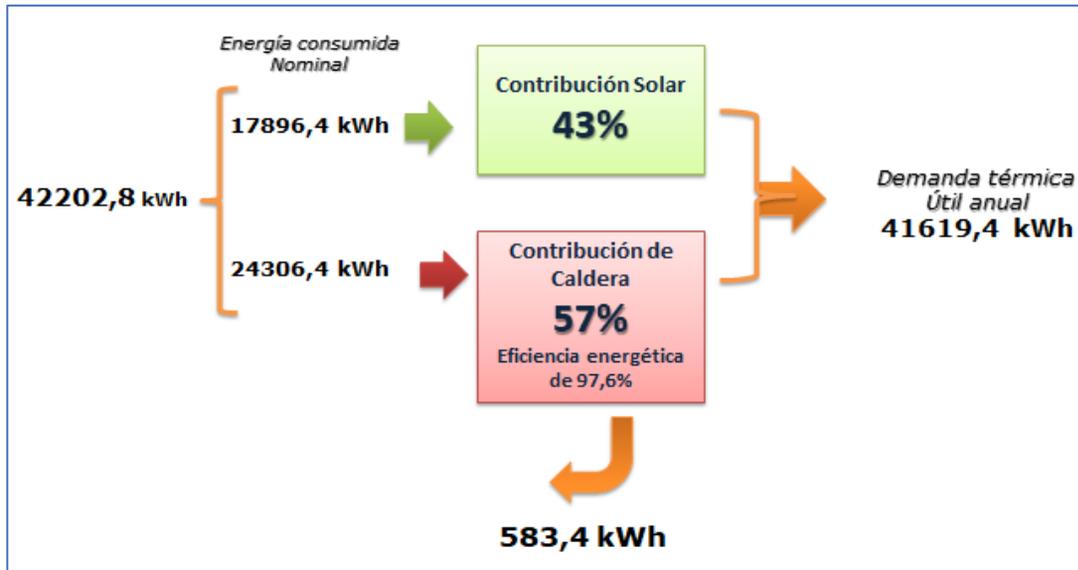
Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

Diagrama 2-2 Balance energía solo con caldera de condensación

En el diagrama 2-2 si la caldera actual se reemplaza por una caldera de condensación con mayores prestaciones en términos de la eficiencia energética, las pérdidas se reducirían a un 2,4%, esto es un 38% de ahorro, es aquí donde está la oportunidad de mejora del actual sistema de generación, esto es sin implementar un sistema solar térmico.

2.3.5.3 Condición proyectada con caldera de condensación y SST

Condición de proyecto.



Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

Diagrama 2-3 Balance energía con proyecto

En el diagrama 2-3 muestra la condición con caldera de condensación y sistema solar térmico, con un 43% de contribución solar, esto trae una reducción en el consumo de la energía fósil y como consecuencia directa la reducción en la misma proporción en las pérdidas inherentes a la caldera de condensación, estas pérdidas pasarían a representar un 1,4% de la energía consumida.

2.4. PROVEEDORES

Para la selección de proveedores se tomó en cuenta la representación en Chile de las marcas comercializadas, y a su vez que tengan soporte técnico para los equipos ofertados.

Las empresas, luego de ser contactadas e informadas con las necesidades y requerimientos mínimos vistos en el capítulo precedente, enviaron ofertas técnicas y económicas de equipos. Las empresas que finalmente fueron consideradas son:

- ANWO
- COSMOPLAS
- WINTER

A continuación, se detallarán bajo una misma forma las características de calderas, colectores, acumuladores y grupo de recirculación completo para realizar una comparación de sus principales características, dimensiones, temperaturas, presiones, capacidades entre otras. Además, a cada equipo se le integra el valor del mismo que más tarde se evaluara para ver qué tan rentables son económicamente y cuál de estas genera mayor beneficio económico.

2.4.1. Colector

A continuación, a través de una tabla comparativa se detallan las características técnicas de los diferentes colectores en evaluación, algunos datos técnicos debieron acondicionarse en términos de su unidad de medida para homologarlas con los otros equipos.

Tabla 2-12 Características de colectores

	WINTER S.A.	COSMOPLAS	ANWO
Colector solar	Star-leblond fp2.0	Colector plano zelios cf2.0	Panel solar Baxi vertical sol 200v (2m ²)
Dimensiones externas [mm]	2001x1001x80	2001x1001x95	1753x1147x87
Superficie	Cromo negro	Óxido de titanio	Vidrio ESG termoestructurado
Peso vacío [kg]	35,3	35	35
Tuberías	Cobre	Cobre	cobre
Carcasa	Aluminio anodizado	aluminio anodizado	aluminio pintura electrostática
Cubierta, espesor [mm]	4	Sin dato	3,2
Coefficiente de absorción [%]	78	95	95
Coefficiente de emisión [%]	22	5	5
Superficie bruta [m²]	2	2,01	2,01
Superficie de apertura (m²)	no indica	1,82	1,90
Superficie de absorción [m²]	1,79	1,76	1,88
Capacidad térmica específica [kJ/K]	no indica	12,1	no indica

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

Tabla 2-13 Características de colectores. (Continuación)

	WINTER S.A.	COSMOPLAS	ANWO
Rendimiento óptico [%]	0,76	0,74	0,817
K1 [W/(m²k)]	3,4	3,425	3,716
Temperatura de estancamiento (°C)	Sin dato	182,3	197
Aislación	lana mineral	lana mineral	lana mineral
Espesor aislación [mm]	30	50	no indica
Conexión (diámetro) [mm]	22	19	22
Tipo de conexión	Tubo liso	Rosca HE	Conectores flexibles plug and connect
Cubierta trasera	acero galvanizado	Sin dato	aluminio 1050
Capacidad de fluido	1.8 (l)	1.02	1,9
Presión máxima (bar)	12	6	10
Procedencia	China	Sin dato	Italia
Garantía	6 meses	5 años	10 años
Certificaciones	Si	Si	Si
Cantidad de paneles por batería	no indica	6	10
Precio (U.F)	11,9	11,8	17,4

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

Habiendo expuesto las características técnicas obtenidas desde los proveedores y fabricantes las principales diferencias se encuentran en la garantía que entrega el fabricante de 10 años al panel solar BAXI de origen italiano que la distribuye ANWO, 5 años la que presento COSMOPLAS, mientras que solo 6 meses la que distribuye WINTER de origen chino. Otra ventaja que presenta el panel solar BAXI que distribuye ANWO es la incorporación de conectores con tecnología denominada "plug and connect" con absorbedores de dilataciones térmicas lo que reduce según la experiencia del fabricante las fallas por fugas entre paneles y que permite conectar hasta 10 paneles por batería, que por lo general son hasta 6 como lo presentado por COSMOPLAS, esto requeriría que se instalaran dos baterías de 5 colectores según lo determinado en el presente proyecto.

2.4.2. Caldera

Se obtuvo una sugerencia de caldera de condensación por cada proveedor, algunos datos técnicos se obtuvieron desde los respectivos fabricantes además se homologaron algunas unidades de medidas para facilitar la visualización y comparación de sus características.

Tabla 2-14 Datos técnicos sobre calderas

CALDERA	WINTER S.A.	COSMOPLAS	ANWO
Marca / Modelo	Victrix pro55	TALIA GREEN SYSTEM HP 45 GN	BAXI Luna DUO-TEC MP 1.50
Potencia térmica nominal [kW]	51,4	41	45
Potencia térmica mínima [kW]	5,5	12,3	5
Modulante	SI	SI	SI
Rendimiento de la combustión [%] PCI	107,4	107,4	107,6
Caudal de gas a PN [m ³ /h] GN	5,44	4,25	4,8
Presión máxima circuito [bar]	4,4	5	4
Peso caldera vacía [kg]	51,4	45	40
Alto, ancho, profundidad [mm]	994x450x457	440x910x510	766x450x377
Rango de temperatura [°C]	20-85	35-82	25-80
Temperatura máxima [°C]	90	82	80
Presión GN [mbar]	20	20	20
Conexión eléctrica [V] [HZ]	230/50	230/50	230/50
Flujo máximo de condensados [l/h]	Sin dato	3,5	Sin dato
Consumo nominal [A]	0,95	0,69	1,05
Tipo caldera	Mural de condensación	Mural de condensación	Mural de condensación

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

Tabla 2-15 Datos técnicos sobre calderas. (Continuación)

CALDERA	WINTER S.A.	COSMOPLAS	ANWO
Compatible con sistema solar	SI	SI	SI
Sistema en cascada	SI	SI	SI
Precio	U.F 97,6	U.F 113,6	U.F 85,7

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

Si bien es cierto los tres proveedores presentaron una oferta de caldera de condensación, es importante notar que se solicitó que fuera de por lo menos 34 [kW], lo cual se cumplió, WINTER, COSMOPLAS y ANWO con potencias nominales de 51,4 [kW], 41 [kW] y 45 [kW] respectivamente. En general poseen características similares en cuanto al tipo de caldera, al rango de temperatura de trabajo, a la capacidad de trabajar en cascada, a la presión del circuito de trabajo y al rendimiento térmico similares en distintos regímenes de trabajo.

Tabla 2-16 Comparación de rendimiento térmico en rango de temperatura 80/60°C

CALDERA	WINTER S.A.	COSMOPLAS	ANWO
Marca / Modelo	Victrix pro55	TALIA GREEN SYSTEM HP 45 GN	BAXI Luna DUO-TEC MP 1.50
Rendimiento de la combustión [%] PCI	107,4	107,4	107,6

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

2.4.3. Grupo de recirculación con controlador

En cualquier sistema siempre es importante tener el control sobre el proceso en cuestión, por lo que existen dispositivos que integran tanto las bombas como sistemas electrónicos de control de procesos, en un sistema solar térmico forzado con apoyo de una caldera modulante adquiere una importancia vital para el control sobre los parámetros de funcionamiento.

Tabla 2-17 Características de grupo de recirculación con controlador

GRUPOS DE RECIRCULACIÓN COMPLETO	WINTER S.A.	COSMOPLAS	ANWO
Modelo	SR962P built-in DHW	2 vías FLOWSOL B+ DELTASOL BS/4	2 vías FLOWSOL B+ DELTASOL CS PLUS
Marca	WINTER Solar Pump Station	RESOL	RESOL
Bomba de recirculación	Wilo RS15/6	Wilo Star ST 15/7 ECO	Wilo star 15/7 eco
Válvula de seguridad	6 BAR	6 BAR	6 BAR
Manómetro	0-10 BAR	0-10 BAR	0-10 BAR
Caudalimetro	1 - 20 L /min	0 - 13 L /min	1 - 13 L /min
Máxima presión admisible	10 BAR	6BAR	6BAR
Temperatura de trabajo	de -10 a 110°C	de -10 a 110°C	de -10 a 110°C
Control	Electrónico	Electrónico	Electrónico
Fluido	Máximo 50% propilenglicol	Máximo 50% propilenglicol	Máximo 50% propilenglicol
Precio	U.F 13,7	U.F 19,2	U.F 24,4

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados

En cuanto al grupo de recirculación con sistema de control debe poseer dos vías, una vía es para que la bomba haga circular el fluido a través de los colectores, y la otra vía es para el retorno, esta pasa por la unidad para medir el caudal y la temperatura del fluido de retorno comparándola con la temperatura de la salida del último colector, esta será la temperatura más alta del sistema de generación termo solar.

La oferta de WINTER S.A tiene disponible un sistema de recirculación de 2 vías con controlador electrónico, este tiene características similares entre los tres proveedores con entradas suficientes para colocar todas las sondas de temperatura requeridas.

En cuanto al segundo proveedor COSMOPLAS, poseen una solución de 2 vías, de control electrónico, con una bomba de rotor húmedo de alta eficiencia y bajo consumo, tiene las entradas y salidas necesarias para el control óptimo de una instalación termo solar.

El tercer proveedor, ANWO, posee una alternativa equivalente a COSMOPLAS, por lo que es técnicamente factible de utilizar en el SST.

2.4.4. Acumulador

El acumulador es un estanque de almacenamiento de agua potable a la cual se le transfiere el calor a través de dos orígenes, en la parte inferior del acumulador vertical va instalado un serpentín que transfiere el calor del circuito primario que corresponde a los colectores de SST, en la parte superior está el segundo serpentín el cual transfiere calor desde la caldera de condensación cuando la temperatura en la parte superior del acumulador es menor a la fijada en el sistema de control, que corresponde a un rango de 60 a 70°C.

Tabla 2-18 Características acumulador

ACUMULADOR	WINTER S.A.	COSMOPLAS	ANWO
Marca		ELBI (Italia)	ANWO
Material		Acero	Acero
Revestimiento interior		Vitrificado	Vitrificado
Orientación		Vertical	Vertical
Tipo de aislación		Poliuretano	Poliuretano
Espesor aislación [mm]		50	50
Capacidad [litros]		1500	1500
Temperatura máxima [°C]		95	90
Presión [bar]		10	10
Espesor manto [mm]		6	8
Doble serpentín		Si	Si
Aplicación recomendada		SST con apoyo	SST con apoyo
Porta ánodos		SI	SI
Precio		U.F 178,5	U.F 233,8

Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

El proveedor WINTER S.A. no trabaja con acumuladores con doble serpentín, así como tampoco de 1500 L de capacidad, es por esto que se excluirá este proveedor como opción.

COSMOPLAS y ANWO presentan ofertas similares con algunas diferencias en términos del espesor y la temperatura máxima de trabajo, aunque por cierto las características del presente proyecto consideran una temperatura máxima en el acumulador de 70°C por lo que no es determinante este parámetro.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Al desarrollar el análisis económico se busca evaluar los costos y beneficios a través de indicadores económicos que nos permitirán conocer la factibilidad de desarrollar el proyecto y el periodo de recuperación de este.

Se utiliza la UF \$27.560,45 del 15 de enero de 2019 (peso chileno) para la evaluación.

Los puntos por analizar son los siguientes:

- Montos totales de la inversión.
- Tiempo de evaluación del proyecto.
- Método de financiamiento.
- Análisis de condición y beneficio económico.
- Cálculo de beneficio económico según perfil de consumo 2017.
- Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).
- Evaluación económica de proyecto de acuerdo al proveedor y tiempo de garantía del panel termo solar.

3.1. MONTOS TOTALES DE LA INVERSIÓN POR PROVEEDOR Y TIEMPO DE EVALUACIÓN DE PROYECTO

Para lograr determinar los costos de inversión del proyecto se realizaron cotizaciones en el comercio nacional a múltiples distribuidores, debido a las dificultades propias de estas nuevas tecnologías se precisó realizar el estudio tanto el técnico como económico con distribuidores representantes de las marcas en Chile, además, la empresa debe tener todos los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto, con el objetivo de poder centralizar, obtener mejores precios y mantener las garantías que entregan los representantes de las marcas en el país.

3.1.1. Proveedor: COSMOPLAS

Tabla 3-1 Costos por accesorio proveedor COSMOPLAS

Descripción	Valor
Colector solar: (10 unidades) Colector Plano Zelios CF2.0	U.F 118,9
Caldera: TALIA GREEN SYSTEM HP 45 GN	U.F 113,6
Acumulador: ELBI (Italia)	U.F 178,5
Grupo de recirculación + control: 2 vías FLOWSOL B+ DELTASOL BS/4	U.F 19,2
Costo por accesorios (cañerías, válvulas, soportes)	U.F 108,5
Costo de montaje e instalación	U.F 217,7
Inversión total	U.F 756,4

Fuente: Elaboración propia según presupuestos obtenidos

3.1.2. Proveedor: ANWO

Tabla 3-2 Costos por accesorio proveedor ANWO

DESCRIPCIÓN	VALOR
Colector solar: (10 unidades) PANEL SOLAR BAXI VERTICAL SOL 200V (2M ²)	U.F 174,7
Caldera: BAXI Luna DUO-TEC MP 1.50	U.F 85,7
Acumulador: ANWO 1500 Litros	U.F 233,8
Grupo de recirculación + control: 2 vías FLOWSOL B+ DELTASOL CS PLUS	U.F 24,4
Costo por accesorios (cañerías, válvulas, soportes)	U.F 293,4
Costo de montaje e instalación	U.F 228,9
Descuento adicional	U.F 145,1
Inversión total	U.F 893,4

Fuente: Elaboración propia según presupuestos obtenidos

Los valores son Netos actualizados al 06 de diciembre del 2018, los cuales incluyen el descuento del 10% en colectores en ambos proveedores. Los costos por accesorios fueron presupuestados por la empresa instaladora, en el caso de COSMOPLAS la empresa, RyR LTDA y en el caso de ANWO la empresa Tecvel Ingeniería S.A.

El costo de instalación incluye un año de garantía por defectos en la instalación.

3.1.3. Tiempo de evaluación del proyecto

La evaluación del proyecto se realizará a 6 años para COSMOPLAS y a 10 años para ANWO, este es el plazo donde el fabricante ha garantizado un alto rendimiento de los colectores solares, que es uno de los elementos más sensibles en término de su degradación en el tiempo, esto no quiere decir que el colector deje de funcionar, si no que la disminución en su rendimiento será más acelerada, se estima que un panel solar puede funcionar entre 20 y 25 años.

Al disminuir su rendimiento antes del periodo de recuperación de la inversión trae consecuencias directas sobre el cálculo del beneficio económico, debido a que una mayor proporción de energía que se deja de aprovechar desde la fuente solar causa una disminución en la contribución solar, que finalmente tendría que ser absorbida por la energía fósil, afectando negativamente al beneficio económico y en consecuencia el aumento del periodo de recuperación de la inversión. Es por esto que se realiza para ambas propuestas tiempos de evaluaciones distintos entre sí, siendo estos dependientes del periodo de garantía del panel termo solar.

3.2. MÉTODO DE FINANCIAMIENTO

El flujo de caja es un informe financiero que permite conocer los ingresos y egresos de dinero que tiene una empresa, donde a partir de esta información podemos conocer de manera objetiva la liquidez de esta. A partir de esta información se logra obtener un panorama futuro, de déficit o superávit, tomar decisiones con los excedentes o bien establece un estado actual para sustentar la solicitud de créditos

Esta herramienta permite conocer la rentabilidad de un negocio, ya que en esta se encuentra toda la información esencial y así también poder tomar decisiones ante emergencias o inconvenientes.

Proyectar las ventas del periodo de tiempo de interés también sirve para ajustar los pedidos a los proveedores de los insumos, a la vez se evitan ciertos costos de producción y almacenaje adicionales.

Entre los ingresos están las ventas, el cobro de deudas, alquileres, intereses de préstamos etc, mientras que en los egresos figuran el pago de facturas, el pago de impuestos, intereses de préstamos entre otros.

La diferencia entre ambos constituye el flujo neto, indicador determinante para medir la liquidez de toda compañía y a través de ello determinar la viabilidad de un proyecto empresarial.

El presente estudio técnico económico se enmarca para una repartición pública por lo que mucha de la información necesaria para hacer un flujo de caja, resulta no ser adecuada para su aplicación.

En lo que respecta a licitaciones de reparticiones públicas los criterios de evaluación se refieren a una serie de criterios administrativos, técnicos y económicos. Sin embargo, es el criterio económico quien toma mayor relevancia, siendo así quien presente una mejor propuesta económica sea el que generalmente se adjudique la licitación en desmedro de lo técnico.

Para el presente proyecto se busca la interdependencia tanto de lo económico como lo técnico, pero con especial atención en el tiempo de garantía de los paneles termo solares debido a la gran variedad de calidades constructivas y de vida útil de estos.

Es por esto último que se utiliza el (PRI) Periodo de Recuperación de la Inversión como indicador, con el objetivo de realizar una comparación cuantitativa entre el periodo de recuperación de la inversión con el tiempo de garantía del panel solar como último criterio adicional de selección.

3.3. ANÁLISIS DE CONDICIÓN Y BENEFICIO ECONÓMICO

A través del análisis de condición se determinará el margen de beneficio económico entre la condición sin proyecto versus la con proyecto.

3.3.1. Condición sin proyecto

• Energía fósil consumida	:	69.365,7 kWh/año
• Demanda ACS a 60°C (119 personas)	:	3000 L
• Demanda térmica	:	41.619,4 kWh/año
• Precio promedio del m ³ año 2017	:	\$855
• Consumo de combustible	:	6410.8 m ³ /año
• Total, gasto anual sin proyecto	:	U. F 198,9

Los datos presentados son en base a los obtenidos desde la fase de levantamiento con UF \$27.560,45 del 15 de enero de 2019.

3.3.2. Condición con proyecto

• Energía fósil consumida	:	28.748,5 kWh/año
• Demanda ACS a 60°C (119 personas)	:	3000 L
• Demanda térmica	:	41.619,4 kWh/año
• Precio promedio del m ³ año 2017	:	\$855
• Contribución solar	:	17.896,5 kWh/año
• Porcentaje de contribución solar	:	43%
• Consumo de combustible	:	2.246,4 m ³ /año
• Total, gasto anual con proyecto	:	U. F 69,7

3.4. CALCULO DE BENEFICIO ECONÓMICO SEGÚN PERFIL DE CONSUMO 2017

Según lo planteado en el análisis de condición de proyecto se determina que el beneficio económico corresponde a la diferencia entre la condición sin proyecto y con proyecto.

Tabla 3-3 Comparación de condición según implementación de proyecto

Sin proyecto	Con proyecto	Beneficio económico
U. F 198,9	U. F 69,7	U. F 129,2

Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

El beneficio económico representa un 64,9% del gasto sin proyecto es a través de él que nos permitirá conocer el periodo de recuperación de la inversión para las dos propuestas de proveedores.

3.5. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) o payback, es un indicador que permite disminuir el grado de incertidumbre en cuanto a conocer el plazo que se debe esperar para que el valor de la inversión inicial llegue a su punto de equilibrio y sea superado por el beneficio.

Las entradas líquidas de caja serán los ahorros generados, que es el beneficio económico, al ser estos uniformes la inversión total se divide por el ahorro o beneficio económico anual.

En este caso y en total concordancia con los objetivos planteados de acuerdo con la problemática presentada, se elige evaluar económicamente con el indicador PRI, para posteriormente compararlo con el tiempo de garantía del panel termo solar.

Es por esto, que se decide incorporar una herramienta adicional de evaluación, la cual permita descartar una propuesta, logrando así evitar instalar paneles con baja calidad constructiva y que presenten fallas o baja eficiencia en el corto plazo.

Al adicionar este nuevo criterio de evaluación de propuestas en una licitación abierta de carácter público, se busca conocer el periodo de recuperación de la inversión y que este resulte menor al tiempo garantizado de rendimiento óptimo de los colectores solares, permitiendo conocer y ponderar finalmente las propuestas recibidas, asegurando así el mayor beneficio económico en el tiempo.

Tabla 3-4 Periodo de recuperación de inversión

PROVEEDOR	INVERSIÓN TOTAL U. F	AÑOS	MESES
COSMOPLAS	756,4	5	11
ANWO	893,4	6	11

Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

3.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DE ACUERDO AL PROVEEDOR Y TIEMPO DE GARANTÍA DEL PANEL TERMO SOLAR.

Como se indicó en el tiempo de evaluación de proyecto, como criterio principal de selección, el periodo de recuperación sea igual o menor a la garantía del panel solar, por lo que, se consideran distintos tiempos de evaluación de proyecto en base al tiempo garantizado de rendimiento óptimo de los colectores solares.

El periodo de recuperación de la inversión, si se elige a COSMOPLAS como proveedor, es inferior a la de ANWO, sin embargo, el periodo de recuperación del proveedor COSMOPLAS supera los 5 años de garantía por lo que no cumpliría este criterio.

- COSMOPLAS, Periodo de recuperación de inversión: 5 años, 11 meses
- ANWO, Periodo de recuperación de inversión: 6 años, 11 meses

Sin embargo, el proveedor ANWO, el periodo de recuperación es mayor por 12 meses que su contraparte, a su vez el periodo de recuperación de inversión de 6 años y 11 meses, no supera el periodo de garantía de 10 años, por lo que calificaría como la mejor opción bajo este criterio.

3.7. BENEFICIO MEDIOAMBIENTAL

En cuanto a la condición con proyecto considerando el perfil de consumo del año 2017, se generan beneficios más allá de lo económico, estos son los beneficios medioambientales, reducir la emisión de gases de efecto invernadero, ha tomado un rol importantísimo dentro de la sociedad ocupando tecnologías más eficientes energéticamente y de origen renovable, se reduce la emisión de GEI desde la mayor eficiencia de una caldera de condensación y de la incorporación de forma parcial de un sistema solar térmico.

Tabla 3-5 Consumo de combustible

SIN PROYECTO	CON PROYECTO	BENEFICIO
6410.8 m ³ /año	2656,9 m ³ /año	3753,9 m ³ /año

Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

El beneficio medio ambiental va de la mano con la reducción del consumo de combustible fósil, a su vez aporta directamente en la disminución de la huella de carbono de la repartición.

Tabla 3-6 Factores de emisión de combustible asociado a distintas tecnologías utilizadas en la industria

Tecnología	Configuración	CH ₄ [kg/TJ]	N ₂ O [kg/TJ]	eCO ₂ ¹⁴ [kg/TJ]	eCO ₂ [kg/Ton]	eCO ₂ [kg/m ³]	% $\frac{(\text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O})}{\text{eCO}_2}$
Combustibles líquidos							
Calderas de petróleo combustible		3	0,3	77.564	3.134	2.905	0,21
Calderas diesel		0,2	0,4	74.224	3.192	2.681	0,17
Motores grandes estacionarios de diesel >600hp (447 kW)		4	ND	74.200	3.191	2.680	0,13
Calderas de gas licuados de petróleo		0,9	4	64.315	3.042	1.673	1,89
Combustibles sólidos							
Calderas bituminosas/sub-bituminosas con cargador mecánico de alimentación superior		1,0	0,7	94.833/96.333	2.446/1.820	NA	0,25
Calderas con cargador mecánico de alimentación inferior		14	0,7	95.159	2.455	NA	0,59
Calderas con pulverizado bituminoso/sub-bituminoso	Fondo seco, encendido en la pared	0,7	0,5	94.766/96.266	2.444/1.819	NA	0,18
	Fondo seco, encendido tangencial	0,7	1,4	95.034/96.534	2.451/1.824	NA	0,46
	Fondo húmedo	0,9	1,4	95.039/96.539	2.452/1.824	NA	0,46
Otros cargadores mecánicos esparidores bituminosos		1,0	0,7	94.834	2.447	NA	0,25
Calderas con cargador mecánico y cámara de combustión de lecho fluidizado	Lecho de circulación	1,0	61	112.803	2.910	NA	16,14
	Lecho efervescente	1,0	61	112.803	2.910	NA	16,14
Gas natural							
Calderas		1,0	1,0	56.423	NA	1,985	0,57
Turbinas ² de gas >3MW		4	1,0	56.498	NA	1,987	0,70

Fuente: Informe Final, Determinación de los factores de emisión para los Alcances 1 y 2 de la estimación de la huella de carbono. Instituto de asuntos públicos Chile.

Desde la tabla 3-7 se adopta en la fila "calderas a gas natural" el factor $1,985 \frac{\text{kg CO}_2 \text{eq}}{\text{m}^3}$ para estimar la huella de carbono.

En términos del CO₂eq (dióxido de carbono equivalente) que incluye los seis gases de efecto invernadero acogidos por el Protocolo de Kioto son los siguientes:

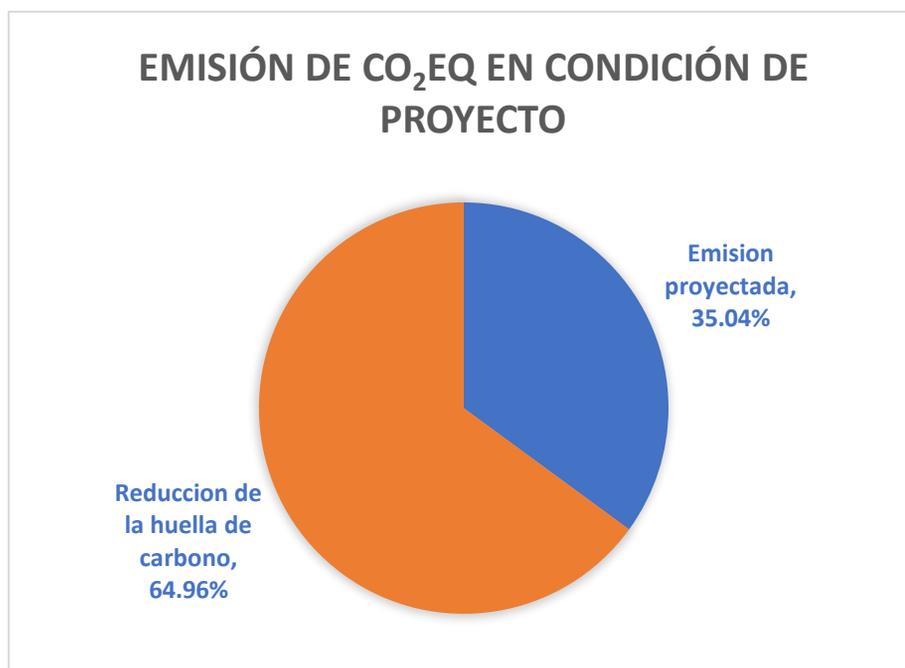
- Dióxido de carbono (CO₂).
- Metano (CH₄).
- Óxido de nitrógeno (N₂O).
- Hidrofluorocarburos (HFC).
- Perfluorocarburos (PFC).
- Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Para el caso de gas natural utilizado en calderas de generación de ACS la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) corresponde a $8.266,3 \frac{kg CO_2eq}{año}$.

$$1,985 \frac{kg CO_2eq}{m^3} \times 4.164,4 \frac{m^3}{año} = 8.266,3 \frac{kg CO_2eq}{año}$$

Por convención se elige el CO² como el equivalente, al grupo de 6 GEI antes expuestos, porque a pesar de tener menor potencial de calentamiento al de los otros gases, mucho menor que el metano (CH₄) y que óxido de nitrógeno (N₂O), es el que más crecimiento ha experimentado en la atmósfera terrestre y el más abundante en porcentaje de todos ellos.

Por consiguiente, se determina que para cubrir la misma demanda de ACS a través de la incorporación de nuevas tecnologías tales como paneles solares, caldera de condensación y un acumulador con mejores prestaciones en términos de eficiencia energética, la huella de carbono de la repartición se reduciría en $8.266,3 \frac{kg CO_2eq}{año}$.



Fuente: Elaboración propia según datos obtenidos

Ecuación 3-1 Emisión de CO₂eq en condición de proyecto

En el gráfico anterior se puede apreciar en términos porcentuales la reducción de la huella de carbono de color naranja y de azul la emisión proyectada que

corresponde a un 35,04% esto es comparando la condición de proyecto contra la condición actual correspondiendo a una reducción de $8.266,3 \frac{kg\ CO^2_{eq}}{año}$.

Atendiendo lo expuesto en el presente capítulo, se establece que adicionar un nuevo criterio de selección resulta muy apropiado para un proyecto de estas características, donde un elemento que tiene la importancia de afectar directamente al beneficio económico sea evaluado a través del tiempo garantizado de rendimiento óptimo de los colectores solares, comparándolo cuantitativamente con el periodo de recuperación de la inversión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Llegado a este punto, y habiéndose realizado la recopilación de datos históricos del año 2017 y con ello el levantamiento de un estudio de perfil de consumo y el cálculo de demanda térmica para ACS. En primer lugar, que la situación inicial de la repartición a la luz de los antecedentes tanto técnico como energéticos queda de manifiesto la situación térmica por lo que se concluye que la planta de generación de ACS presenta una vetustez importante tanto a nivel operacional como logístico, cuyo rendimiento estacional demostrado en el presente estudio es de un 59,6%, muy por debajo del 82% de fábrica y a su vez inferior a las opciones que actualmente se comercializan en el país.

Por otra parte, se considera el recambio de la actual caldera, integrado con un sistema solar térmico en conjunto, que al analizar y comparar diferentes propuestas técnicas de proveedores nacionales en base a la instalación actual y a la demanda térmica a cubrir que responde de mejor forma a los objetivos planteados, donde dos proveedores se ajustan a lo definido.

Para la evaluación económica de proyecto se realizó en base al proveedor donde el criterio principal es que el periodo de recuperación de la inversión (PRI) sea igual o menor a la garantía del panel solar que está asociado directamente al tiempo garantizado de rendimiento óptimo de este.

Para el proveedor COSMOPLAS entrega una garantía de 5 años para los paneles solares y el indicador PRI es de 5 años, 11 meses por lo que no cumpliría con el objetivo, en cambio para el proveedor ANWO la garantía de los paneles solares es de 10 años con un PRI de 6 años 11 meses, por lo que la realización del presente proyecto ANWO satisface los objetivos del proyecto.

Como recomendación para proyectos que utilicen elementos como el panel termo solar es fundamental más allá del bajo PRI que presente cierta alternativa, es considerar la garantía de este elemento, debido a que es este el periodo donde se garantiza que el panel solar funciona eficientemente y que por lo tanto no incidirá directamente en el beneficio económico.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

1. ABARCA, Pedro. Descripción de Calderas y Generadores de Vapor. Santiago: ACHS, [s.a.].
2. Armada de Chile. Responsabilidad Social Institucional [en línea]. 2017[consulta 20 de septiembre 2018]. Disponible en: < <https://www.armada.cl/armada/la-armada/responsabilidad-social-institucional/2014-04-28/165458.html> >.
3. CHILE. Ministerio de salud. Decreto número 10. Ley 16.744. Aprueba reglamento de calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua. Diario oficial de la república de Chile. Nº 62.986. Santiago, Chile, 19 de octubre de 2013. pp. 2.
4. GASVALPO, Listado de tipos de servicios de gas prestados por Gasvalpo [en línea]. 2018 [Consulta 10 de octubre de 2018]. Disponible en: <<https://www.gasvalpo.cl/pdfs/Cambio%20tarifas%20GasValpo%205Jul18.pdf>>.
5. INSTITUTO DE ASUNTOS PUBLICOS, Informe Final, Determinación de los factores de emisión para los Alcances 1 y 2 de la estimación de la huella de carbono. Santiago; UNIVERSIDAD DE CHILE, 2011. 40 p.
6. MARTINEZ, Juan C. Manual práctico del técnico solar Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria En viviendas unifamiliares. Chile: Santiago, 2013.
7. MARTÍNEZ, Juan C. NOCETO, Pablo F. y SUAREZ, Rodrigo S. Manual técnico de energía solar térmica. Uruguay: Universidad de la Republica, 2013. Volumen II.
8. METROGAS. Calderas de condensación [en línea] [s.a.][consulta 7 de octubre de 2018] Disponible en: < <http://www.metrogas.cl/administradores/noticia2> >.
9. METALURGIA WINTER. Instrucciones para uso e instalación de la caldera a gas [en línea]. [s.a.] [Consulta el 15 de septiembre de 2018]. Disponible en: <<https://www.ambientalltda.cl/pdf/Caldera%20WINTER%20a%20gas.pdf>>.
10. MINISTERIO DE ENERGÍA. Energías Renovables [en línea]. [201-][consulta 29 de septiembre de 2018]. Disponible en: < <http://www.energia.gob.cl/energias-renovables> >.
11. MINISTERIO DE ENERGIA. Factores de emisiones para combustibles utilizados en Chile [en línea]. 2009 [Consulta 20 de octubre de 2018]. Disponible en: <<http://huelladecarbono.minenergia.cl/combustible-chile>>.
12. OCHOA, Juan. TITO, Daria. URIBAZO, Pedro. Influencia de las calderas sobre el medio ambiente. Estudio cualitativo. Santiago de Cuba; Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. 2006.

13. OELKER B. Arnulfo, análisis de la eficiencia en calderas [en línea]. Thermal engineering ltda, [s.a.] [consulta 30 de septiembre 2018].
14. QUIROGA, Carolina. FONFACH, Katherine y BALDERRAMA, Rodrigo. Manual de gestión energética. Chile, 2012.
15. SEDIGAS. Asociación Española de gas [en línea]. [201-] [Consulta 11 de octubre de 2018]. Disponible en: < <https://www.sedigas.es/pagina.php?p=243>>
16. SEDIGAS. Asociación Española de gas [en línea]. [201-] [Consulta 11 de octubre de 2018]. Disponible en: < <https://www.sedigas.es/pagina.php?p=244> >.
17. SOTO, Guillermo. Guía de evaluación inicial de edificios para la instalación de sistemas fotovoltaicos [en línea]. 2016 [Consultado 8 de diciembre de 2018]. Disponible en: <<http://www.minenergia.cl/techossolares/wp-content/uploads/2017/04/Guia-de-evaluacion-inicial-de-edificios.pdf>>.
18. Tipos de calderas y calentadores - foro informativo sobre calderas [en línea]. Madrid: IngenioVirtual [s.a.] - [citado el 12 de octubre de 2018] Disponible en : < <https://www.ingeniovirtual.com/tipos-de-calderas-y-calentadores/>>.
19. TRIANGULAR. Descubrí la eficiencia de las calderas de condensación [en línea]. 2017[consulta 12 de octubre de 2018]. Disponible en: < <http://triangularsa.com.ar/noticias/descubri-la-eficiencia-de-las-calderas-de-condensacion/> >.

ANEXOS.

ANEXO A: CUADRO RESUMEN

Facturación eléctrica año 2017

MES	GASTO	CONSUMO KWH
Enero	\$ 1,441,954	6681.20
Febrero	\$ 2,055,281	13615.90
Marzo	\$ 2,023,623	13346.00
Abril	\$ 2,020,109	13127.40
Mayo	\$ 1,963,651	12242.00
Junio	\$ 2,122,360	14382.30
Julio	\$ 2,004,579	14031.70
Agosto	\$ 2,039,136	13415.60
Septiembre	\$ 1,952,909	12960.80
Octubre	\$ 1,734,247	13560.80
Noviembre	\$ 2,185,502	14456.30
Diciembre	\$ 1,811,330	10806.80
	\$ 23,354,681	152626.80

Facturación gas natural

MES	TOTAL MES	CONSUMO (M ³)	\$/M ³
Enero	\$ 756,710	923.60	819
Febrero	\$ 377,471	428.00	882
Marzo	\$ 617,940	735.16	841
Abril	\$ 583,788	688.18	848
Mayo	\$ 566,600	673.23	842
Junio	\$ 622,910	741.11	841
Julio	\$ 617,940	748.00	826
Agosto	\$ 670,070	804.59	833
Septiembre	\$ 660,950	744.11	888
Octubre	\$ 656,050	745.11	880
Noviembre	\$ 681,790	746.11	914
Diciembre	\$ 588,207	693.06	849
	\$ 7,400,426	8,670.26	855.2

ANEXO B: FACTORES DE EMISIONES PARA COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN CHILE

Factores de emisiones para combustibles utilizados en Chile

Estos factores son para ser utilizados solo en alcance 1.

Combustible	kg CO ₂ /TJ	kg CO ₂ /m ³	kg CO ₂ /ton	PCI kcal/kg	Densidad kg/m ³	
Gasolina para vehículos	69.3	2.241	3.07	10.583	730	
Kerosene de aviación	71.5	2.554	3.153	10.536	810	
Diesel	74.1	2.676	3.186	10.273	840	
Petróleo combustible	Petróleo combustible N°5	77.4	2.899	3.127	9.652	927
	Petróleo combustible N°6	77.4	2.955	3.127	9.652	945
	Petróleo combustible IFO 180	77.4	2.927	3.127	9.652	936
Gas licuados de petróleo	63.1	1.642	2.985	11.3	550	
Gas natural	56.1	1,97	-	8.407	-	
Carbón bituminoso	94.6	-	2.441	6.164	-	
Carbón sub- bituminoso	96.1	-	1.816	4.515	-	

Fuente: Elaboración propia en base a las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero cuadro 1.2, cuadro 2.2 y al Balanc