



Universidad Católica de la Santísima Concepción  
Facultad de Ingeniería

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Evaluación de Alternativas Tecnológicas Convencionales y no Convencionales que mejoran la Eficiencia Energética en Edificios de Salud de Baja Complejidad de la Comuna de Coronel**

---

Proyecto de Título para Optar al Título Profesional de  
**Ingeniera Civil Industrial**

Alumna: Paulina Javiera Candia Vergara

Profesora Guía: Ana Lorena Narváez Dinamarca

Profesor Informante: Mauricio González

Concepción, Enero 2016



## Dedicatoria

A mis grandes amores:

Mis padres **Olga e Iván**

    Mi esposo **Eduardo** y

    Mi pequeña princesa **Magdalena**

Gracias por siempre estar, por ser mi motivo de vida y mis fuerzas para continuar.

Los amo infinitamente, con todas mis fuerzas, mi alma y mi corazón.



## **Agradecimientos**

A mi **profesora guía Ana Narváez**. Por todo el apoyo, la comprensión y la dedicación entregada en el proceso.

A mi **profesor informante Mauricio González**. Por recibir mí proyecto y ayudarme a finalizar esta etapa de mi vida estudiantil.

A mis **padrinos María y Raúl**. Por estar junto a mí en todo momento apoyando este sueño, a pesar de la distancia han sido un pilar fundamental para que esto sea posible. Gracias por cada detalle y muestra de amor, hoy escribo mi tesis en el computador que con tanto esfuerzo y cariño me regalaron para que todo fuera más fácil cuando partía mi carrera y hoy al final del proceso quiero que sepan que estaré por siempre agradecida de tanta entrega y que los amo con todo mi corazón.

A mis **primos Marco y Elizabeth**. Por brindarme su apoyo económico en los momentos que más los necesité, no imaginan lo importante que fue.

A mis **primos Raúl y María**. Por cada mesada enviada con tanto amor para ayudarme en el día a día.

A mi **prima Andrea** por aportar con su granito de arena lleno de cariño en este proyecto.

A mi **hermana Luz**. Por siempre estar orgullosa de mí y de mis logros y por hacerme sentir siempre que esto era posible.

A mí **sobrino Javier**. Por motivarme con tu sola presencia a buscar un futuro mejor.

A mí amado **padre Iván**. Porque este sueño era más tuyo que mío viejito querido, y aunque te fuiste muy pronto para verlo convertido en realidad sé que siempre has estado a mi lado y que hoy tu corazón se llena de orgullo. Gracias papá por enseñarme a no decaer y a ser fuerte con tu ejemplo de vida, un abrazo al cielo y disfruta este logro que en gran parte es tuyo.



A mí amada **madre Olga**. Mi viejita querida, sin duda alguna esto no habría sido posible sin ti, sin tu amor y tu apoyo incondicional. Gracias por cada noche de compañía en mis estudios, por cada café lleno de cariño para darme fuerzas de seguir adelante y por cuidar con tanto amor a mi pequeña en toda esta última etapa dándome la tranquilidad que necesitaba. Te amo con el alma y este triunfo es sin duda alguna más tuyo que mío.

A mi **amor Eduardo**. Por siempre estar a mi lado en este camino, acompañándome en el trayecto y dándome las fuerzas para mantenerme de pie cada vez que fue necesario. Tu amor me ha llenado el corazón cada vez que he creído que no puedo más, gracias por siempre motivarme a seguir adelante, por hacerme sentir que era capaz y por siempre estar orgulloso de mí. Te amo con el alma.

A mi **hija Magdalena**. Por llegar a llenar mi vida de amor y luz, por reconfortar mi corazón sólo con mirarme y por darme con tu sola presencia las fuerzas y ganas de sacar esto adelante soñando un futuro mejor para ti. Te amo infinitamente princesa mía.



## Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	1
Agradecimientos.....	2
Resumen.....	12
Abstract.....	14
<u>Capítulo 1: Detalles del Proyecto.....</u>	<u>16</u>
1.1 Introducción.....	16
1.2 Objetivos .....	18
Objetivo General.....	18
Objetivo Específico 1.....	18
Objetivo Específico 2.....	18
Objetivo Específico 3.....	18
Objetivo Específico 4.....	18
1.3 Delimitación del Proyecto.....	19
Delimitación 1.....	19
Delimitación 2.....	19
Delimitación 3.....	19
<u>Capítulo 2: Revisión Bibliográfica .....</u>	<u>20</u>
2.1 Situación Energética en Chile.....	21
2.2 Eficiencia Energética en Chile.....	22
2.3 Energías Renovables (ER).....	23
2.3.1 Energía Solar.....	24
2.3.2 Energía Hidroeléctrica.....	25
2.3.3 Energía Eólica.....	26
2.3.4 Energía Geotérmica.....	27
2.3.5 Energía Marina.....	28



## Índice de Contenidos

2.3.6 Energía Biomasa .....	30
2.4 Alternativas Tecnológicas Convencionales.....	31
2.5 Alternativas Tecnológicas no Convencionales.....	32
2.6 ERNC en los Centros de Salud.....	33
2.7 Auditoría Energética .....	34
2.8 Centros de Salud de Baja Complejidad.....	35
2.9 Centros de Salud de Baja Complejidad de Coronel.....	37
<u>Capítulo 3: Metodología Aplicada.....</u>	<u>38</u>
3.1 Metodología Objetivo Específico 1.....	38
3.2 Metodología Objetivo Específico 2.....	40
3.3 Metodología Objetivo Específico 3.....	44
3.4 Metodología Objetivo Específico 4.....	46
<u>Capítulo 4: Antecedentes de los Centros de Salud.....</u>	<u>48</u>
4.1 Caracterización de los CESFAM .....	48
4.1.1 Caracterización CESFAM Lagunillas.....	51
4.1.2 Auditoría Energética CESFAM Lagunillas.....	57
4.1.3 Caracterización CESFAM Yobilo.....	63
4.1.4 Auditoría Energética CESFAM Yobilo.....	70
4.1.5 Caracterización CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	77
4.1.6 Auditoría Energética CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	83
4.2 Caracterización Climática y de Emplazamiento de la comuna de Coronel.....	89
<u>Capítulo 5: Selección de Alternativas Tecnológicas Factibles.....</u>	<u>91</u>
5.1 Selección Alternativas Tecnológicas Convencionales (ATC) CESFAM de Coronel.....	91
5.1.1 Filtros Solares.....	92
5.1.2 Vidrios Dobles.....	95
5.1.3 Evaluación Instalación Caldera.....	99



## Índice de Contenidos

a) CESFAM Lagunillas.....	100
b) CESFAM Yobilo.....	101
c) CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	102
5.2 Selección (ATNC) CESFAM de Coronel.....	106
5.2.1 Paneles Solares Fotovoltaicos.....	106
5.2.2 Aerogeneradores.....	117
<u>Capítulo 6: Evaluación Económica.....</u>	<u>120</u>
<u>Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones.....</u>	<u>127</u>
Referencias Bibliográficas .....	131

## Índice de Tablas



<b>Tabla 1:</b> Capacidad Instalada Sistemas Interconectados Chile (año 2013).....	21
<b>Tabla 2:</b> Características Centros de Salud de Baja Complejidad.....	35
<b>Tabla 3:</b> Centros de Salud de Baja Complejidad de la Comuna de Coronel.....	37
<b>Tabla 4:</b> Calculadoras Energéticas.....	46
<b>Tabla 5:</b> Fechas Visitas a Terreno CESFAM.....	48
<b>Tabla 6:</b> Información CESFAM Lagunillas.....	52
<b>Tabla 7:</b> Composición de las Habitaciones CESFAM Lagunillas.....	52
<b>Tabla 8:</b> Características Internas de Construcción CESFAM Lagunillas.....	53
<b>Tabla 9:</b> Características de Piso CESFAM Lagunillas.....	53
<b>Tabla 10:</b> Características de Techo CESFAM Lagunillas.....	54
<b>Tabla 11:</b> Características de las Ventanas CESFAM Lagunillas .....	55
<b>Tabla 12:</b> Características de las Puertas CESFAM Lagunillas.....	55
<b>Tabla 13:</b> Alternativas Tecnológicas Convencionales CESFAM Lagunillas.....	56
<b>Tabla 14:</b> Características de Consumo Eléctrico Equipos CESFAM Lagunillas.....	59
<b>Tabla 15:</b> Características Equipos de Calefacción Eléctricos CESFAM Lagunillas.....	60
<b>Tabla 16:</b> Características Equipos de Calefacción a Leña CESFAM Lagunillas.....	60
<b>Tabla 17:</b> Resumen Consumo Eléctrico Mensual CESFAM Lagunillas.....	61
<b>Tabla 18:</b> Resumen Consumo Astillas Mensual CESFAM Lagunillas.....	62
<b>Tabla 19:</b> Antecedentes CESFAM Yobilo.....	64
<b>Tabla 20:</b> Composición Habitaciones CESFAM Yobilo.....	65
<b>Tabla 21:</b> Características Internas de Construcción CESFAM Yobilo.....	65
<b>Tabla 22:</b> Características Piso CESFAM Yobilo.....	66
<b>Tabla 23:</b> Características de Techo CESFAM Yobilo.....	66
<b>Tabla 24:</b> Características de las Ventanas CESFAM Yobilo.....	66
<b>Tabla 25:</b> Características Puertas CESFAM Yobilo.....	67

### Índice de Tablas

<b>Tabla 26:</b> Alternativas Tecnológicas Convencionales CESFAM Yobilo.....	69
--	----



<b>Tabla 27:</b> Características de Consumo eléctrico Equipos CESFAM Yobilo.....	72
<b>Tabla 28:</b> Características Equipos de Calefacción Eléctricos CESFAM Yobilo.....	73
<b>Tabla 29:</b> Características Equipos de Calefacción a Leña CESFAM Yobilo.....	73
<b>Tabla 30:</b> Características Equipos de Calefacción a Gas CESFAM Yobilo.....	74
<b>Tabla 31:</b> Resumen Consumo Mensual de Electricidad CESFAM Yobilo.....	75
<b>Tabla 32:</b> Resumen Consumo Energético Equipos de Calefacción CESFAM Yobilo.....	75
<b>Tabla 33:</b> Antecedentes CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	78
<b>Tabla 34:</b> Detalle Composición Habitaciones CESFAM Carlos Pinto Fierro .....	78
<b>Tabla 35:</b> Características de Construcción CESFAM Carlos Pinto Fierro .....	79
<b>Tabla 36:</b> Características Piso CESFAM Carlos Pinto Fierro .....	79
<b>Tabla 37:</b> Características de Techo CESFAM Carlos Pinto Fierro .....	80
<b>Tabla 38:</b> Características de las Ventanas CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	80
<b>Tabla 39:</b> Características de las Puertas del CESFAM Carlos Pinto Fierro .....	81
<b>Tabla 40:</b> Alternativas Tecnológicas Convencionales CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	82
<b>Tabla 41:</b> Comportamiento Consumo Electricidad CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	85
<b>Tabla 42:</b> Características Equipos de Calefacción Eléctricos CESFAM Carlos Pinto Fierro...86	
<b>Tabla 43:</b> Características Equipos de Calefacción a Gas CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	87
<b>Tabla 44:</b> Resumen Consumo Mensual de electricidad CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	88
<b>Tabla 45:</b> Resumen Consumo Mensual de Gas CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	88
<b>Tabla 46:</b> Resumen pre-selección de ATC CESFAM de Coronel.....	91
<b>Tabla 47:</b> Selección de ATC CESFAM Coronel.....	92
<b>Tabla 48:</b> Ahorro Energético Instalación Filtros Solares CESFAM Coronel.....	93
<b>Tabla 49:</b> Consumo Energético Instalación Filtros Solares CESFAM Coronel .....	93
<b>Tabla 50:</b> Ahorro Energético Total CESFAM Instalación de Filtros Solares .....	95
<b>Tabla 51:</b> Ahorro Energético Instalación Vidrios Dobles CESFAM de Coronel.....	96
<b>Tabla 52:</b> Consumo Energético Instalación ATC CESFAM Coronel.....	97



### Índice de Tablas

<b>Tabla 53:</b> Detalle Requerimientos Caldera Habitaciones CESFAM Lagunillas.....	100
<b>Tabla 54:</b> Requerimiento Caldera CESFAM Lagunillas .....	100
<b>Tabla 55:</b> Detalle Requerimientos Caldera Habitaciones CESFAM Yobilo.....	101
<b>Tabla 56:</b> Requerimiento Caldera CESFAM Yobilo.....	102
<b>Tabla 57:</b> Detalle Requerimientos Caldera Habitaciones CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	103
<b>Tabla 58:</b> Requerimiento Caldera CESFAM Yobilo.....	103
<b>Tabla 59:</b> Costos mensuales funcionamiento caldera.....	104
<b>Tabla 60:</b> % de Ahorro calefacción instalación caldera.....	105
<b>Tabla 61:</b> Consumo Teórico de Energía diseño Sistema Fotovoltaico.....	108
<b>Tabla 62:</b> Radiación Solar diaria comuna de Coronel .....	109
<b>Tabla 63:</b> Coordenadas comuna de Coronel.....	109
<b>Tabla 64:</b> Radiación Solar diaria con inclinación mes de Junio .....	110
<b>Tabla 65:</b> Resumen Diseño Fotovoltaico CESFAM de Coronel.....	115
<b>Tabla 66:</b> Ahorro Energético Paneles Fotovoltaicos CESFAM de Coronel.....	116
<b>Tabla 67:</b> Velocidad Promedio Mensual del viento comuna de Coronel.....	118
<b>Tabla 68:</b> Resumen ATNC de los CESFAM de Coronel .....	119
<b>Tabla 69:</b> Costos de Inversión por CESFAM instalación termopaneles.....	122
<b>Tabla 70:</b> Ahorros Energéticos (\$) termopaneles .....	122
<b>Tabla 71:</b> Resumen Evaluación Económica instalación termopaneles.....	123
<b>Tabla 72:</b> Periodo de Recuperación instalación de termopaneles.....	123
<b>Tabla 73:</b> Cálculo del VAN a distintas tasas Termopaneles.....	124
<b>Tabla 74:</b> Variación de la Inversión inicial Termopaneles.....	125

### Índice de Figuras



<b>Figura 1:</b> Porcentaje de Capacidad Instalada por tipo de Energía en Chile (2013).....	21
<b>Figura 2:</b> Tipos de Energías Renovables (ER).....	22
<b>Figura 3:</b> Sistema de Colectores Energía Térmica.....	24
<b>Figura 4:</b> Sistema de Paneles Fotovoltaicos.....	25
<b>Figura 5:</b> Mini Central de Pasada.....	25
<b>Figura 6:</b> Tecnología Offshore.....	26
<b>Figura 7:</b> Tecnología Onshore.....	26
<b>Figura 8:</b> Sistema de Energía Térmica.....	27
<b>Figura 9:</b> Sistema de Energía Eléctrica .....	28
<b>Figura 10:</b> Sistema de Energía Undimotriz.....	28
<b>Figura 11:</b> Sistema de Energía Mareomotriz.....	29
<b>Figura 12:</b> Sistema Corrientes Oceánicas.....	29
<b>Figura 13:</b> Planta de Procesos Termoquímicos .....	30
<b>Figura 14:</b> Planta de Procesos Bioquímicos .....	30
<b>Figura 15:</b> Estructura Establecimientos de Salud de Baja Complejidad.....	36
<b>Figura 16:</b> Diagrama de Flujo Selección de ATC Factibles.....	46
<b>Figura 17:</b> Vista Frontal CESFAM Lagunillas.....	51
<b>Figura 18:</b> Vista Frontal CESFAM Yobilo.....	63
<b>Figura 19:</b> Vista Frontal CESFAM Carlos Pinto Fierro.....	77
<b>Figura 20:</b> Parámetros Climáticos Comuna de Coronel año 2013 .....	89
<b>Figura 21:</b> Porcentajes de Consumo Energético Instalación ATC CESFAM.....	98
<b>Figura 22:</b> Flujo Efectivo CESFAM Lagunillas.....	122

### Índice de Gráficos y Anexos



<b>Gráfico 1:</b> Ahorro Energético Equipos de Enfriamiento Instalación de Filtros Solares.....	94
<b>Gráfico 2:</b> Ahorro Energético Equipos de Calefacción Instalación Filtros Solares.....	94
<b>Gráfico 3:</b> Ahorro Energético Equipos de calefacción vidrios dobles.....	97
<b>Anexo 1:</b> Descripción Equipos Consumidores de energía CESFAM Coronel.....	134
<b>Anexo 2:</b> Características ATNC.....	137
<b>Anexo 3:</b> Características ATNC: Energía Solar y Eólica.....	139

## Resumen



Debido a la encrucijada energética que se vive actualmente por el alza constante del costo de la energía y la necesidad energética diaria de los Centros de Salud para cumplir con el servicio que brindan a la comunidad, es que nace la necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan aumentar la eficiencia energética de los edificios que albergan estos centros, provocando con este aumento una reducción en los costos de cada centro de salud.

Debido a esto, es que el presente proyecto tiene por objetivo evaluar la posibilidad de implementación de nuevas Alternativas Tecnológicas Convencionales y no Convencionales, en algunos centros de salud representativos de la comuna de Coronel, con la finalidad de aumentar a través de estas tecnologías la eficiencia energética de cada Centro de Salud obteniendo como resultado el ahorro económico deseado.

Considerando para todo efecto del proyecto, como alternativa tecnológica a cualquier solución que permita el aumento de la eficiencia energética en los centros de salud y que necesita recursos tecnológicos para su implementación. Haciendo la distinción dentro de ellas entre Alternativas Tecnológicas convencionales (asociadas a las características de diseño y construcción de los edificios) y Alternativas Tecnológicas no convencionales (asociadas al uso de energías renovables).

Para lograr el objetivo del proyecto, se realizó una auditoria energética del tipo preliminar (describiendo los sistemas: de iluminación, calefacción, enfriamiento, etc.) en cada Centro de Salud (CESFAM Lagunillas, CESFAM Yobilo y CESFAM Carlos Pinto Fierro) para cuantificar a través de ésta la demanda energética actual de cada edificio. Además de manera paralela se caracterizó estructuralmente cada uno de los centros de salud, describiendo las características tanto internas como externas de los edificios (aislantes existentes, tipos de ventanas, espacios libres disponibles, etc.) identificando de esta manera la realidad de cada edificio. Asimismo se caracterizó climáticamente la comuna (niveles de radiación solar, nivel de viento) para definir la posibilidad de instalar tecnologías asociadas al aprovechamiento de las energías renovables disponibles que permitan aumentar la eficiencia energética de los centros de salud. Finalizando el proceso con la selección de las Alternativas Tecnológicas que son factibles de instalar en cada edificio y que permiten el aumento de la eficiencia energética correspondiente de acuerdo al análisis previo realizado.

De la Auditoria Energética realizada se obtuvo que, en los 3 Centros de Salud, el mayor consumo energético se produce por los sistemas de calefacción instalados, los que son muy variados (estufas a gas, estufas a combustión lenta, termoventiladores, etc.).



De la caracterización estructural de los Centros de Salud se determinó que es posible la instalación tanto de Alternativas Tecnológicas Convencionales (filtros solares, cambio de ampollas, etc.) como de Alternativas Tecnológicas no Convencionales, ya que existe el espacio disponible suficiente para ello. Sin embargo, luego de analizar las condiciones climáticas de la comuna se descarta la posibilidad de instalación de tecnologías asociadas a la energía eólica ya que la comuna no cumple con los requerimientos mínimos definidos para el funcionamiento de estas.

Finalmente, luego de evaluadas las diferentes tecnologías disponibles se descarta la instalación de Alternativas Tecnológicas no Convencionales en los Centros de Salud porque el aporte que ellas representan en el aumento de la eficiencia energética de cada CESFAM es mínimo (inferior al 1%).

### **Abstract**

Due to the energetic crossword that is currently being experienced as a result of the constant rise of the energy cost, and the daily energy demand of Health Centers to fulfil the service they provide to the community, the necessity of finding new alternatives that



could enable the increase of the energetic efficiency of buildings that shelter these centers finds its origin, so that this efficiency increase makes possible a decrease of the costs of each health center.

As a result of this, this project aims at evaluating the possibility of implementing new Technological Alternatives in some representative health centers located in Coronel, with the purpose of achieving an increase of the energetic efficiency through the application of these technologies on each Health Center obtaining, consequently, the desired economic saving.

To all extent in this project, a Technological Alternative is considered as any solution that enables the increase of the energetic efficiency in health centers and requires technological resources for its implementation, subcategorizing them into Conventional Technological Alternatives (which are associated with the design and construction of buildings) and Unconventional Technological Alternatives (which are associated with the use of renewable energy).

In order to attain the project's objective, a diagnostic energetic audit was conducted (describing the systems: lighting, heating, cooling, etc.) in each Health Center (CESFAM Lagunillas, CESFAM Yobilo y CESFAM Carlos Pinto Fierro) to measure the current energetic demand of each building. Additionally, at the same time each Health Center was structurally described, illustrating not only the internal characteristics of the buildings, but also the external ones (existing insulating material, types of windows, free space availability, etc.), identifying in this way the reality of each building. Likewise, the weather of the community was characterized (solar radiation levels, wind levels) in order to define the possibility of installing technologies associated with the use of renewable energy available that could enable the increase of energetic efficiency of Health Centers. The process was finished with the selection of Technological Alternatives that are plausible of being installed in each building that could enable the increase of the energetic efficiency corresponding to the data analysis conducted previously.

From the Energetic Audit conducted it was retrieved that in the 3 Health Centers, the highest energetic consumption is produced by the heating systems installed, which are very varied (gas heaters, slow combustion heaters, fan heaters, etc.).

From the structural characterization of the Health Centers, it was determined that the installation of Conventional Technological Alternatives (solar panels, bulbs replacements, etc.) as well as Unconventional Technological alternatives is possible, mainly because there exists enough space availability to do it so. However, after evaluating the weather conditions of the community, the possibility of installing technology associated with wind



energy is rejected, as the community does not meet the minimum defined requirements to permit the functioning of those.

Finally, after having evaluating the different technologies available, the installation of Unconventional Technological Alternatives in the Health Centers is rejected, since its minimum contribution they provide in the increase of the energy efficiency in each CESFAM.

## **Capítulo 1: Detalles del Proyecto**

### **1.1 Introducción**



En la actualidad, tanto en Chile como en el resto del mundo se vive una crisis energética producida por diversos factores como: el uso indiscriminado de las fuentes energéticas, el bajo aprovechamiento de las energías renovables disponibles y el poco desarrollo de una estrategia de construcción sustentable que permita aumentar la eficiencia energética de las edificaciones. Debido a esta crisis es que el tema energético ha tomado importancia en los últimos años en nuestro país, sobre todo en el área de los Sistemas Públicos como son los Centros de Salud.

En la comuna de Coronel existen 13 Centros de Salud Primarios que brindan diversos servicios a la comunidad, dentro de los cuales se seleccionaron para el proyecto los 3 Centros de Salud Familiar (CESFAM) existentes. Estos CESFAM deben contar a diario con las tecnologías que permitan el correcto cumplimiento de los tratamientos y procedimientos que en ellos se brindan, las que van tomadas de la mano con el consumo de energía, además de requerir de las condiciones apropiadas para la atención de los pacientes beneficiarios (calefacción, aire acondicionado, iluminación, etc.) las que también representan un permanente consumo de energía para cada Centros de Salud.

De esta manera surge la necesidad de encontrar nuevas Alternativas Tecnológicas que permitan aumentar la eficiencia energética de cada uno de estos edificios, generando cambios desde el punto de vista de diseño y estructural de cada edificio (Alternativas Tecnológicas Convencionales: instalación de nuevos materiales aislantes en techos y paredes, cambio de tipo de vidrio en ventanales, instalación de filtros solares en ventanales, etc.) y cambios más profundos como la instalación de nuevas tecnologías que utilicen energías renovables para su funcionamiento (Alternativas Tecnológicas no Convencionales: Paneles Solares y Aerogeneradores) con el objetivo de disminuir el consumo de energía de cada Centro de Salud.

En búsqueda de estas Alternativas Tecnológicas se realizó de manera independiente una Auditoría Energética para cada CESFAM, la que entregó una visión de la realidad actual de cada Centro de Salud en cuanto a demanda energética se refiere, describiendo de forma detallada los Equipos de Iluminación, Calefacción, Enfriamiento, Equipos Médicos y Otros Equipos consumidores de energía menores, definiendo así para cada CESFAM los sectores críticos desde el punto de vista energético.

De manera paralela se realizó la caracterización estructural de cada Centro de Salud determinando a través de ella los sectores en los que se pueden realizar mejoras con Alternativas Tecnológicas Convencionales (instalación de filtros solares, instalación de materiales aislantes, cambio de ampolletas, etc.) además de definir la cantidad de espacio



libre disponible en techos y patios para la posible instalación de Alternativas no Convencionales (paneles solares, aerogeneradores, etc.).

Toda esta información fue complementada con las características climáticas de la comuna definiendo así las Alternativas Tecnológicas que podrían ser instaladas en los diferentes Edificios de Salud, para terminar el proceso con la evaluación del ahorro energético, aumento de la eficiencia energética y la evaluación económica de cada una de ellas.

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo General**



Proponer Alternativas Tecnológicas Convencionales y no Convencionales que permitan aumentar la eficiencia energética en los Centros de Salud de baja complejidad de la comuna de Coronel.

### **Objetivo Específico 1**

Determinar la cantidad de energía consumida actualmente por cada uno de los Centros de Salud en estudio, identificando las fuentes energéticas utilizadas para producirla.

### **Objetivo Específico 2**

Identificar las características de diseño, materialidad y construcción de los Centros de Salud y de las Alternativas Tecnológicas Convencionales existentes actualmente en ellos.

### **Objetivo Específico 3**

Determinar para cada Centro de Salud, la factibilidad de instalación de Alternativas Tecnológicas no Convencionales asociadas al uso de Energías Renovables.

### **Objetivo Específico 4**

Evaluar las diferentes Alternativas Tecnológicas Convencionales y no Convencionales, que permitan el aumento de la Eficiencia Energética para cada uno de los Centros de Salud.

## **1.3 Delimitación del Proyecto**

### **Delimitación 1**



En la Comuna de Coronel existen 13 Centros de Salud de baja complejidad, dentro de los cuales se han seleccionado para el desarrollo del proyecto los 3 CESFAM (Centros de Salud Familiar): CESFAM Lagunillas, CESFAM Yobilo y CESFAM Carlos Pinto Fierro. Seleccionados por ser los que traen asociados a su funcionamiento un mayor consumo energético mensual.

## **Delimitación 2**

No se considerarán aspectos de mantención y gestión utilizados por cada CESFAM.

## **Delimitación 3**

En el ámbito de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales se considerarán solamente aquellas asociadas a Energía Solar y Energía Eólica por ser actualmente las más desarrolladas en el país.

## **Capítulo 2: Revisión Bibliográfica**

### **2.1 Situación Energética en Chile**



En la actualidad Chile presenta diversos desafíos asociados al sector energético, los que pueden resumirse en los siguientes puntos:

Cifras entregadas por el Ministerio de Energía de Chile en el último Balance Nacional de Energía disponible (BNE año 2011), indican que el consumo de energía de Chile aumentó un 122% entre los años 1991 y 2011. Crecimiento que seguiría en aumento y de manera exponencial con el paso de los años y que se asocia directamente al crecimiento económico del país, por lo que se espera que el aumento de la demanda de energía sea sostenido en el tiempo.

Además de los antecedentes asociados al aumento en la demanda energética del país, el BNE indica que en el año 2011 el 78% de los combustibles utilizados en el país para la generación de energía fueron importados, lo que vuelve a Chile muy vulnerable y dependiente de las oscilaciones de los precios y del abastecimiento desde el extranjero.

Además desde otro punto de vista, el último Informe del Estado del Medio Ambiente entregado el año 2011 por el Ministerio respectivo, Chile sólo emite el 0,26% de los gases de efecto invernadero del mundo, lo que lo clasifica dentro de los emisores poco relevantes del planeta. Sin embargo, es preocupante el constante aumento de estas emisiones en el país, existiendo un crecimiento del 124,6% entre los años 1990 y 2010 (69,7 toneladas de CO<sub>2</sub> el año 2010).

Estudios del Ministerio de Energía proyectan que el consumo eléctrico de Chile puede aumentar entre un 5,5% y 6,5% anualmente, situación que genera automáticamente la necesidad de un aumento en la capacidad de generación de energía eléctrica del país.

En la actualidad en Chile existen 2 grandes sistemas eléctricos:

- Sistema Interconectado Norte Grande (SING): cubre las regiones de Arica, Iquique y Antofagasta y representa el 23,7% de la capacidad instalada del país.
- Sistema Interconectado Central (SIC): cubre desde el sur de Antofagasta hasta Chiloé y representa el 75,2% de la capacidad instalada del país.

A esto se suman 2 pequeños sistemas interconectados: de Aysén y Magallanes, los que en conjunto representan el 1,1% de la capacidad instalada del país.

Todos estos sistemas interconectados se caracterizan por el uso masivo de combustibles fósiles como: carbón mineral, petróleo y gas natural para la generación de energía, además de la construcción y el uso de grandes Hidroeléctricas. Dejando muy poco espacio al uso de Energías Renovables.

Esta realidad se refleja de manera clara tanto en la Tabla 1 como en la Figura 1 que se muestran a continuación:

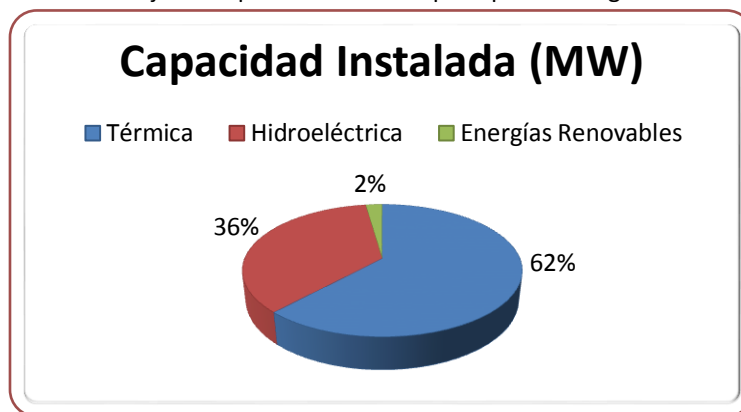
**Tabla 1:** Capacidad Instalada Sistemas Interconectados Chile (año 2013)

Tipo de Energía	SING	SIC	Aysén	Magallanes
Térmica	100%	50%	47%	100%
Hidroeléctrica	0%	47%	53%	0%
Energías Renovables	0%	3%	0%	0%
Capacidad Instalada (Kw)	3.964.000	12.581.000	81.000	100.000

Elaboración Propia

Fuente: Ministerio de Energía

**Figura 1:** Porcentaje de Capacidad Instalada por tipo de Energía en Chile (2013)



Elaboración Propia

Fuente: Ministerio de Energía

A medida que el país crece y alcanza el desarrollo, los requerimientos de energía para lograrlo son mayores, debido a esta creciente necesidad es que el gobierno, a través de su Ministerio de Energía se ha preocupado de incentivar y promover el uso de energía limpia, segura y económica que propicie la eficiencia energética del país.

## 2.2 Eficiencia Energética en Chile

De acuerdo a la descripción entregada por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), podemos definir eficiencia energética como el “ahorro de energía producido por



un conjunto de acciones que sin perjudicar el bienestar de la población ni los niveles de producción permiten asegurar el suministro y generar además un ahorro desde el punto de vista económico”.

Considerando la importancia de la Eficiencia Energética es que el gobierno ha generado acciones concretas para su fomento, destacando:

- Creación del Programa País de Eficiencia Energética (PPEE) en el año 2005, el cual consiste en un plan de acción que fomenta la innovación de tecnologías que permitan el ahorro de energía.
- Creación del Ministerio de Energía en el año 2010, que posee una división encargada de generar y proponer políticas públicas de Eficiencia Energética.
- Elaboración del Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020 (PAEE20).

A partir de la información entregada en el PPEE y el PAEE20, podemos afirmar que a nivel país la importancia de la Eficiencia Energética radica en los diversos y relevantes beneficios que trae asociados: la disminución del consumo de energía, la reducción de la dependencia de otros países y el aumento de la seguridad del suministro.

Dentro del PAEE20 se encuentran una serie de lineamientos que guían tanto al sector público, al que pertenecen los Centros de Salud en estudio, como privado para aumentar la eficiencia energética en sus actividades a través de la implementación de una serie de medidas que se encuentran estipuladas de forma clara en el Plan de Acción.

### **2.3 Energías Renovables (ER)**

Las Energías Renovables (ER) son energías limpias producidas por la naturaleza, caracterizadas por ser inagotables y por generar impactos ambientales casi nulos

comparativamente con las fuentes energéticas convencionales. Las ER pueden ser aprovechadas para la generación de electricidad y calefacción entre otros usos y dentro de ellas se encuentra la energía: hidráulica, geotermia, solar, marina, eólica y bioenergía (biomasa).Figura 2. (Ministerio de Energía, 2014)

**Figura 2:** Tipos de Energías Renovables (ER)



Elaboración Propia

Fuente: Centro de Energías Renovables, 2014

Chile posee todas las características geográficas necesarias para el desarrollo de este tipo de energías: altos niveles de radiación solar en el Desierto de Atacama, recursos eólicos importantes disponibles a lo largo de todo el país, posibilidad real de desarrollar la energía de los mares debido a sus extendidas costas y una gran cordillera que presenta recursos hídricos y geotérmicos.

Dependiendo del nivel de desarrollo de las tecnologías que permiten su uso y la penetración en los mercados energéticos las energías renovables se clasifican en convencionales (ERC) y no convencionales (ERNC).El Ministerio de Energía de Chile, entrega la siguiente clasificación:

En las **ERC** se encuentra la Energía Hidráulica a gran escala, siendo actualmente la energía renovable más importante y aprovechada en nuestro país para la generación de electricidad.

En las **ERNC** se encuentran: Energía Eólica, las Pequeñas Hidroeléctricas (centrales que generan hasta 20 MW), Energía Solar, Biomasa, Geotermia y Energía Marina.

A pesar de las privilegiadas condiciones climáticas que Chile posee para el uso de Energías Renovables, en el año 2012 sólo el 2% de la Matriz Eléctrica del país fue constituida por este tipo de energías y dentro de este pequeño porcentaje el uso de ERNC es casi despreciable.

Se deduce que la poca utilización de las Energías Renovables se debe al alto costo asociado a la instalación de las tecnologías necesarias para su aprovechamiento, sin embargo, contrarrestando esta teoría se tiene la información entregada el año 2010 por la Asociación Chilena de Energías Renovables (ACERA) que indica que una inyección del 3% en ERNC en la matriz eléctrica del Sistema Interconectado Central (SIC) redujo el costo operacional de ese mismo año en 129 millones de dólares y disminuyó en un 3,3% los costos marginales de la energía.

### 2.3.1 Energía Solar

Es la energía proveniente del sol que recibe la superficie de la tierra en forma de luz, calor o rayos ultravioletas principalmente. La cantidad de energía solar recibida por la superficie en una hora equivale al total de energía consumida en un año por todo el mundo, lo que la convierte en el recurso energético más abundante de la tierra. La energía solar puede ser aprovechada de 2 formas: para la generación de calor (energía térmica) o para la generación de electricidad (conversión fotovoltaica). (Centro de Energías Renovables CER, 2014)

**La energía térmica**, utilizada para la generación de calor se obtiene a través de la conversión térmica de alta temperatura. Proceso que transforma la energía solar en energía térmica acumulada en un fluido que es calentado gracias a dispositivos especializados llamados colectores. Figura 3. (CER, 2014).

**Figura 3:** Sistema de Colectores Energía Térmica



**Fuente:** Centro de Energías Renovables, 2014

**La conversión fotovoltaica**, transforma de forma directa la energía luminosa en energía eléctrica. Dicho aprovechamiento es materializado por dispositivos especializados denominados paneles solares que se incorporan generalmente en las techumbres de las construcciones. Figura 4. (CER, 2014).

**Figura 4:** Sistema de Paneles Fotovoltaicos



Fuente: Centro de Energías Renovables, 2014

### 2.3.2 Energía Hidroeléctrica

Tipo de energía proveniente del flujo superficial de las aguas y que es aprovechada por las Centrales Hidroeléctricas que transforman esta energía potencial gravitatoria generada por el flujo del agua en energía eléctrica. Una Central Hidroeléctrica es considerada renovable no convencional cuando posee una potencia menor a 20MW (Mini Central de Pasada). Figura 5. (Ministerio de Energía, 2014).

Figura 5: Mini Central de Pasada



Fuente: Ministerio de Energía, 2014

### 2.3.3 Energía Eólica

Tipo de energía renovable proveniente del viento y que es aprovechada por sistemas basados en turbinas que se encargan de transformar la energía cinética del viento en energía mecánica, la que posteriormente se convierte en energía eléctrica por medio de un generador. Este tipo de energía se clasifica en base al lugar donde se instalan los

mecanismos que la aprovechan: offshore (ubicados en el mar) y onshore (ubicados en tierra) (Ministerio de Energía, 2014).

**La energía eólica offshore**, se caracteriza por tener sistemas de aprovechamiento ubicados físicamente en el mar, anclados en el fondo de este y utilizados para la generación de electricidad. Figura 6. (Ministerio de Energía, 2014).

**Figura 6:** Tecnología Offshore



**Fuente:** Ministerio de Energía, 2014

Por su parte, **la energía eólica onshore** se caracteriza por poseer sus mecanismos de aprovechamientos instalados en tierra firme principalmente en zonas costeras o de alta incidencia de vientos los que son aprovechados para la generación de electricidad. Figura 7. (Ministerio de Energía, 2014).

**Figura 7:** Tecnología Onshore



**Fuente:** Ministerio de Energía, 2014

### 2.3.4 Energía Geotérmica

La Energía Geotérmica se encuentra presente principalmente en zonas de actividad volcánica y fallas geológicas, de esta manera las tecnologías que aprovechan este tipo de energía generan electricidad y energía térmica a partir del calor contenido en el interior de la tierra. Chile presenta gran potencial para el aprovechamiento de este tipo de energía



por la existencia de más de 300 fuentes de aguas termales a lo largo del territorio, a pesar de esto el aprovechamiento de la energía geotérmica disponible es muy bajo debido a la falta de caracterización de las fuentes disponibles, el alto costo de inversión y los riesgos involucrados en su desarrollo. (Ministerio de Energía, 2014).

**La energía térmica**, se utiliza para climatizar edificios y se obtiene por sistemas de captación de calor compuestos por tuberías que aprovechan la temperatura existente al interior de la tierra para calentar o enfriar fluidos. Figura 8. (CER, 2014).

**Figura 8:** Sistema de Energía Térmica



**Fuente:** Centro de Energías Renovables, 2014

Por su parte **la energía eléctrica**, se obtiene a partir de sistemas que obtienen agua, vapor o aire caliente a partir de afloramientos de agua a altas temperaturas y presiones los que son aprovechados para generar electricidad. Figura 9. (CER, 2014).

**Figura 9:** Sistema de Energía Eléctrica



**Fuente:** Centro de Energías Renovables, 2014

### 2.3.5 Energía Marina

Energía proveniente del océano, que es aprovechada de diferentes formas y mayoritariamente para la generación de electricidad. En la actualidad las tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de esta fuente de energía son casi nulas, lo que implica que presenten baja eficiencia y altos costos. (Ministerio de Energía, 2014).

**La Energía Undimotriz** corresponde a la energía del movimiento de las olas que es aprovechada por maquinarias especializadas para generar electricidad. Figura 10. (CER,2014)

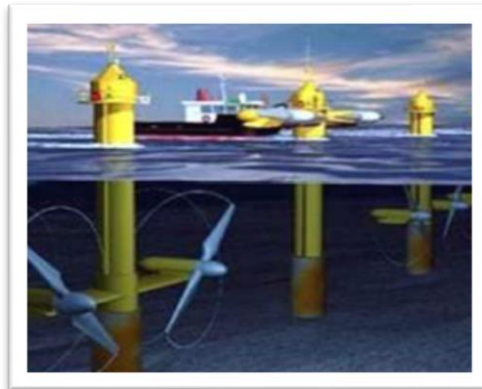
**Figura 10:** Sistema de Energía Undimotriz



**Fuente:** Centro de Energías Renovables, 2014

**La Energía Mareomotriz** corresponde a la energía asociada a la variación de la altura de las mareas, la que es aprovechada por tecnología basada en el movimiento de aspas que generar electricidad. Figura 11. (CER, 2014).

**Figura 11:** Sistema de Energía Mareomotriz



**Fuente:** Centro de Energías Renovables, 2014

**Las corrientes oceánicas** del mar son un tipo de movimiento continuo del mismo que traen asociadas consigo a la energía hidrocínética, la que es aprovechada a través de los mecanismos apropiados para la generación de electricidad. Figura 12. (CER, 2014).

**Figura 12:** Sistema Corrientes Oceánicas



Fuente: Centro de Energías Renovables, 2014

### 2.3.6 Energía Biomasa

Fuente de energía proveniente de la materia orgánica de origen vegetal o animal obtenida por un proceso biológico y que permite generar bioenergía. La obtención de energía a partir de la biomasa se produce a través de procesos termoquímicos y procesos bioquímicos. El desarrollo e implementación de tecnologías enfocadas en el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía se encuentra limitado debido a la baja eficiencia de conversión de ésta. (Ministerio de Energía, 2014).

**Los procesos termoquímicos** permiten la generación de energía eléctrica, a partir de la transformación de la biomasa en un producto que posee un mayor poder calorífico comparado con su estado natural. Figura 13. (CER, 2014).

Figura 13: Planta de Procesos Termoquímicos



Fuente: Centro de Energías Renovables, 2014

**Los procesos bioquímicos** por su parte permiten la generación de energía eléctrica y/o térmica a partir de procesos metabólicos de microorganismos. Figura 14. (CER, 2014).

Figura 14: Planta de Procesos Bioquímicos



Fuente: Centro de Energías Renovables, 2014

## 2.4 Alternativas Tecnológicas Convencionales

Como ya se ha definido previamente las Alternativas Tecnológicas Convencionales son todas aquellas que permitan aumentar la eficiencia energética de los Centros de Salud a través de modificaciones en las características actuales de diseño y construcción de los mismos. (Ministerio de Energía, 2014). Dentro de este tipo de Alternativas Tecnológicas se consideraron para el proyecto:

- **Materiales Aislantes:** Aislar de manera correcta una edificación puede significar un ahorro energético sustancial para su posterior funcionamiento. de esta manera se consideran 2 aspectos importantes asociados a estos materiales y a su relación con la eficiencia energética de cada edificio:
  - ✓ Verificar existencia de materiales aislantes instalados tanto en paredes como en techumbres.
  - ✓ Evaluar la posibilidad de instalación de aislantes en las habitaciones de cada CESFAM que no poseen.
- **Ventanas:** dentro de este ítem existen 3 aspectos importantes a considerar para el análisis de eficiencia energética de cada edificio:
  - ✓ Tipo de vidrio utilizado: que puede ser simple o doble y con separaciones entre cada capa, para aumentar la aislación.



- ✓ Tipo de perfil utilizado: actualmente en el mercado chileno existe una variedad de de perfiles de ventanas que poseen diferentes propiedades y características, tanto de aislación como de precio y durabilidad.
- ✓ Existencia de Sellos: la instalación de sellos en las ventanas impiden que estas puedan ser manejadas según las condiciones climáticas.
- **Puertas:** dentro de este ítem se deben analizar 2 aspectos relevantes asociados a la eficiencia energética de cada Centro de Salud:
  - ✓ Material de la puerta: determinar el tipo de material con el que está fabricada una puerta para así definir la capacidad aislante de esta y la posibilidad de aumento de la misma.
  - ✓ Mecanismo de cierre: se debe determinar si la puerta posee algún tipo de cierre automático que permita disminuir la salida del calor existente en una habitación y de no ser así evaluar la factibilidad de instalarla.
- **Filtros Solares:** Mecanismo que puede ser instalado en puertas y ventanas de vidrios, caracterizado por la instalación de una placa protectora en ellos. Los beneficios de la instalación de estos filtros solares son numerosos y en su mayoría se encuentran asociados al ahorro energético:
  - ✓ Fácil instalación.
  - ✓ Rechazan hasta el 80% del calor que entra a través de los vidrios, lo que optimiza el rendimiento de los mecanismos de enfriamiento de un edificio.
  - ✓ Proporcionan seguridad.

De esta forma, para cada CESFAM se determinará la posibilidad de mejoras asociadas a las Alternativas Tecnológicas no Convencionales (materiales aislantes, ventanas, puertas y filtros solares), con el objetivo de obtener a través de ellas una mayor eficiencia energética con su correspondiente ahorro asociado.

## 2.5 Alternativas Tecnológicas no Convencionales



Como se definió con anterioridad se considera como alternativa tecnológica no convencional a toda aquella que aumente la eficiencia energética de los centros de salud a través del uso de las energías renovables. (Ministerio de Energía, 2014).

De acuerdo a la información entregada el año 2014, por el área de energías renovables del Ministerio de Energía se sabe que actualmente en el país las energías renovables más desarrolladas son: Energía Solar, Energía Eólica y Energía Hidráulica. Existiendo el desarrollo de tecnologías como: paneles solares desarrollados tanto para la generación de electricidad como para la calefacción de agua y diversos tipos de aerogeneradores encargados de la generación de electricidad a través del aprovechamiento de la energía del viento. El bajo desarrollo e implementación en nuestro país de Alternativas Tecnológicas asociadas al aprovechamiento de la Energía Geotérmica y Marina se debe principalmente al gran número de requerimientos que necesitan, el elevado costo monetario asociado a ellas y la baja eficiencia de conversión de energía que poseen. (Ministerio de Energía, 2014).

En otra vereda de las Energías Renovables, tímidamente se han comenzado a comercializar tecnologías enfocadas en el aprovechamiento de la Energía Biomasa, creando por ejemplo: calderas que utilizan la Biomasa como combustible y cuyo calor generado puede ser usado para calefaccionar o generar electricidad.

## **2.6 ERNC en los Centros de Salud.**

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de Energías Renovables no Convencionales es un tema poco desarrollado en nuestro país, por lo que la experiencia existente en la implementación de estas Alternativas Tecnológicas en centros de salud es precaria.

Dentro de esta escasa experiencia existente, destaca el Proyecto del Servicio de Salud de la Araucanía Sur desarrollado en Febrero de 2010 y consistente en la instalación de paneles solares en los 11 Centros de Salud Rurales existentes en la IX Región, instalados con el objetivo de otorgar independencia energética a cada uno de estos Centros de Salud. El proyecto fue implementado en un periodo de 18 meses y constó con una inversión por parte del gobierno de \$200.000.000, siendo las postas de Ñancul, Añilco y Liumalla las primeras postas beneficiadas.

Además destaca, por su envergadura, el Convenio firmado el 21 de Septiembre de 2011 entre el Ministerio de Energía y la Universidad de Chile con el objetivo de transformar el



Hospital Clínico de dicha casa de estudios en el primer Hospital Público de Chile con tecnología de Colectores solares.

El Convenio implica un aporte de \$354.000.000 por parte del gobierno para ser utilizados en la instalación de las tecnologías necesarias que permitan el aprovechamiento de la energía solar para la obtención del agua caliente sanitaria del recinto. Se estima que la instalación de estos paneles solares en el techo del recinto de salud beneficiara a 43.000 pacientes al año y producirá un ahorro de \$50.000.000 anuales equivalentes al 38% del gasto anual del Hospital en combustibles. A fines del 2012 la totalidad de los paneles solares fueron instalados en el Centro de Salud y hoy en día el proyecto se encuentra en la etapa de monitoreo e investigación con el objetivo de obtener toda la información necesaria para replicar este tipo de iniciativas en otros centros de salud pública.

Para el desarrollo de este proyecto se estudiaron las experiencias existentes hasta hoy en lo relativo al uso de ERNC en centros de salud, con el fin de poder extrapolar las buenas prácticas y tecnologías implementadas, para el logro de esto se consideraron también experiencias internacionales de países más desarrollados en este ámbito.

## 2.7 Auditoría Energética

Consiste en el estudio y análisis de los flujos de energía de un edificio, proceso o sistema y que tiene por objetivo buscar oportunidades que permitan reducir el consumo de energía sin afectar el funcionamiento del mismo. Una Auditoría Energética posee 2 etapas claras: Estudio de la situación actual e identificación de las áreas o equipos susceptibles a mejoras que permitan el ahorro de energía. (Agencia Chilena de la Eficiencia Energética (AChEE), 2014). Existen tres tipos de Auditorías Energéticas.

- **Auditoría Preliminar:** Tipo de Auditoría Energética simple y rápida que consiste en recopilación de información referente a la infraestructura y las instalaciones del lugar sumado a una visita a terreno que permite identificar las zonas de desperdicio de energía del lugar y las posibles oportunidades de mejoras en lo que ahorro energético se refiere. Este tipo de auditoría se caracteriza por: identificar sólo las principales áreas de ineficiencia energética y las posibles mejoras se describen brevemente. (AChEE, 2014).
- **Auditoría General:** Tipo de Auditoría más profunda que la Auditoría Preliminar descrita anteriormente, se recopila información más detallada de la infraestructura



del edificio y del funcionamiento del mismo, considera datos de entre 12 y 36 meses referentes a los consumos energéticos para determinar la demanda energética del lugar. Incluye también entrevistas profundas con el personal para facilitar la determinación de los principales consumidores de energía del lugar. (AChEE, 2014).

- **Auditoría Completa:** Tipo de auditoría que basa su análisis y decisión en el criterio financiero considerando para cada propuesta de mejora la tasa de retorno de la inversión (TIR). El análisis financiero va acompañado del análisis de las características de la edificación, el que se realiza de la misma manera que en una Auditoría general. (AChEE, 2014).

## 2.8 Centros de Salud de Baja Complejidad

En Chile los centros de Salud de Baja Complejidad, considerados establecimientos de nivel primario, se caracterizan por ser la puerta de entrada a la atención de salud pública chilena. (Ministerio de Salud, 2014). Los establecimientos considerados de baja complejidad corresponden en su mayoría a distintas variedades de consultorios con características comunes, que se detallan en la Tabla 2 presentada a continuación:

**Tabla 2:** Características Centros de Salud de Baja Complejidad

<b>Complejidad</b>	<input type="radio"/> Baja
<b>Cobertura Poblacional</b>	<input type="radio"/> Alta
<b>Atención</b>	<input type="radio"/> Ambulatoria
<b>Actividades</b>	<input type="radio"/> Controles <input type="radio"/> Consultas <input type="radio"/> Visitas domiciliarias <input type="radio"/> Vacunaciones <input type="radio"/> Alimentación Complementaria.
<b>Tipo de Establecimientos</b>	<input type="radio"/> Consultorios Generales <input type="radio"/> Centro de Salud <input type="radio"/> Servicios de Urgencia <input type="radio"/> Postas de Salud <input type="radio"/> Estaciones médicas.

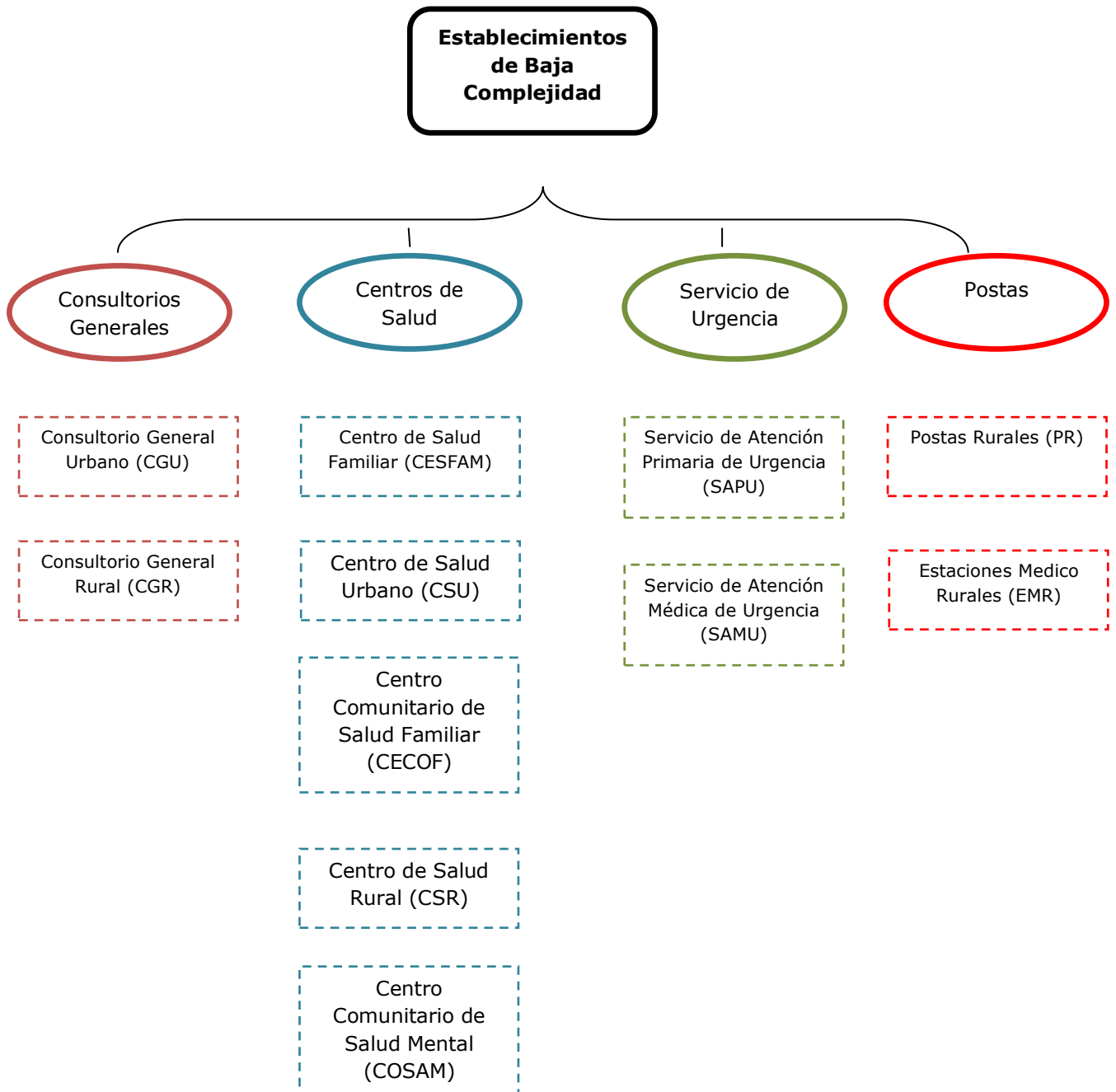
**Elaboración Propia**

**Fuente:** Ministerio de Salud Chile

De manera complementaria a continuación en la Figura 15, se presenta un esquema de la **Estructura de los Establecimientos de Salud de Baja Complejidad de Chile.**



**Figura 15:** Estructura Establecimientos de Salud de Baja Complejidad



**Elaboración Propia**

**Fuente:** Ministerio de Salud Chile

### **2.9 Centros de Salud de Baja Complejidad de Coronel**



Según la información entregada por el Departamento Municipal de Coronel, en la comuna existen 13 Centros de Salud que pueden ser clasificados dentro del segmento de baja complejidad. Ver Tabla 3.

**Tabla 3:** Centros de Salud de Baja Complejidad de la Comuna de Coronel

Tipo de Centro	Cantidad
Centro de Salud Familiar (CESFAM)	3
Centro Comunitario de Salud Familiar (CECOF)	3
Postas Rurales	2
Servicio de Atención Primaria de Urgencia	2

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Departamento de Salud Municipal de Coronel

Como se ha definido con anterioridad, los Centros de Salud de Baja Complejidad seleccionados para el proyecto corresponden a los Centros de Salud Familiar (CESFAM) existentes en la comuna:

- CESFAM Yobilo
- CESFAM Lagunillas
- CESFAM Carlos Pinto Fierro

Este tipo de establecimientos (CESFAM) posee 3 características principales:

- Sectorización: subdivisión de un área geográfica de la población de acuerdo a determinados criterios, con el objetivo de facilitar su conocimiento y las relaciones con el personal de salud.
- Equipo de Salud Multidisciplinario: corresponde a todo el equipo de salud que en su conjunto asume la responsabilidad de la oportunidad y calidad de las atenciones de las familias que atiende.
- Población a Cargo: el equipo de salud asumirá la responsabilidad por el cuidado de la salud de un número definido de personas que le son asignadas, cada una de las cuales debe ser beneficiaria del sector público.

### **Capítulo 3: Metodología Aplicada**



La Metodología aplicada para el Proyecto se basó en el desarrollo de una serie de actividades, que en conjunto, permitieron el cumplimiento metódico y ordenado de los objetivos específicos planteados.

### **3.1 Metodología Objetivo Específico 1**

*Objetivo Específico 1: Determinar la cantidad de energía consumida actualmente por cada uno de los Centros de Salud en estudio, identificando las fuentes energéticas utilizadas para producirla.*

- **Auditoría Energética**

Basada en la recopilación, estudio y análisis de datos levantados en terreno referentes a los consumos energéticos y las características de construcción de cada CESFAM. Se realizó una Auditoría Energética del tipo Preliminar independiente para cada Edificio de Salud, la cual contempló:

- ✓ Recopilación de los datos referentes a la cantidad de consumo de energía de cada CESFAM, para su posterior análisis y clasificación por tipo de fuente de energía utilizada para generarla (ejemplo: petróleo, gas natural, carbón, energías renovables, etc.)
- ✓ Descripción de los Sistemas de Iluminación. Incorporando información sobre los mecanismos utilizados para iluminar cada edificio y la cantidad de horas diarias que se utiliza cada uno de ellos (ejemplo: número y tipo de ampolletas).
- ✓ Descripción de los Sistemas de Calefacción. Detallando los equipos y mecanismos utilizados tanto para la calefacción central de cada edificio como para el calentamiento del agua (si existiese) incorporando además, la Fuente Energética utilizada y las horas diarias de funcionamiento.
- ✓ Descripción de los Sistemas de Enfriamiento. Definiendo las características de los equipos utilizados para enfriar el edificio, la Fuente Energética utilizada y las horas de funcionamiento diario.
- ✓ Descripción de los Equipos Médicos. Especificando las características de cada uno de los dispositivos médicos existentes, incorporando número, potencia, consumo energético y horas diarias de funcionamiento de cada equipo.



- ✓ Descripción de Otros Equipos y Artefactos utilizados en los CESFAM (ejemplo: computadores, refrigeradores, hervidores de agua, impresoras, etc.), incluyendo la cantidad de equipos y las horas de funcionamiento diario.
- ✓ Estandarización de los diferentes consumos energéticos registrados para cada Centro de Salud en kWh, con el objetivo de facilitar análisis y cálculos posteriores.
- **Cuantificación de la Demanda Energética**

Se cuantificó la demanda energética de cada Centro de Salud (kWh) extrayendo la información de los datos levantados en terreno en la etapa previa de Auditoría Energética. La Cuantificación de la Demanda Energética se realizó de manera independiente para cada CESFAM y por sectores de consumo dentro de los mismos:

- ✓ Cuantificación de la demanda energética semanal de los Sistemas de Iluminación existentes (kWh).
- ✓ Cuantificación de la demanda energética semanal de los Sistemas de Calefacción existentes (kWh).
- ✓ Cuantificación de la demanda energética semanal de los Sistemas de Enfriamiento existentes (kWh).
- ✓ Cuantificación de la demanda energética semanal de los Equipos Médicos existentes (kWh).
- ✓ Cuantificación de la demanda energética de otros Equipos y Artefactos existentes (kWh).

Para cuantificar el valor (kWh) consumido por cada sector previamente mencionado, se contabilizaron todos los artefactos consumidores de energía existentes en los Centros de Salud, definiendo además la potencia de cada uno de ellos (W) y las horas de funcionamiento semanales, datos que fueron relacionados de la siguiente manera:

$$\text{Consumo Semanal (kWh)} = \frac{\text{cantidad} * \text{potencia (W)} * \text{horas de uso semanal}}{1000}$$



### **3.2 Metodología Objetivo Específico 2:**

*Objetivo Específico 2: Identificar las características de diseño, materialidad y construcción de los Centros de Salud y de las Alternativas Tecnológicas Convencionales existentes actualmente en ellos.*

#### **1. Caracterización de los CESFAM**

Se realizaron de manera independiente para cada CESFAM. Basándose en la información obtenida a través de la observación en terreno de los Centros de Salud además de la investigada de manera independiente. Considerando en ella los siguientes aspectos:

- ✓ Características Históricas: identificando el año de construcción de cada edificio, para determinar con ello la Norma de Construcción que lo rige.
- ✓ Características Internas de la Edificación: detallando los materiales utilizados en la obra gruesa de cada edificio y en la aislación de los mismos. Definiendo al mismo tiempo el tamaño de éstos y la distribución de los espacios existentes.
- ✓ Características Externas de la Edificación: definiendo tanto las particulares de la fachada externa del edificio como del entorno que lo rodea. Considerando tipo de techumbre utilizada y espacios disponibles para nuevas instalaciones.
- ✓ Orientación de la Construcción: considerando como frente a aquella cara de la construcción en que se encuentre la entrada principal del recinto.
- ✓ Tipos de Ventanas Existentes: identificando las dimensiones de éstas, el tipo de vidrio utilizado, la existencia de filtros en ellas y el tipo de marcos utilizados para su instalación.
- ✓ Tipos de Puertas Utilizadas: determinar materialidad de éstas e identificar los mecanismos de cierre de cada una de ellas.

#### **2. Determinación de Alternativas Tecnológicas Convencionales Factibles**



En esta etapa del proyecto se definieron las Alternativas Tecnológicas Convencionales (asociadas a las características actuales de diseño y construcción de los edificios) que podrían ser instaladas en cada Centro de Salud con el objetivo de producir un aumento en la eficiencia energética de cada uno de ellos. Dentro de estas Tecnologías Convencionales se consideraron:

- ✓ Instalación de nuevos materiales aislantes.
- ✓ Cambio de techumbre.
- ✓ Instalación de vidrios dobles en ventanas.
- ✓ Instalación de filtros solares.
- ✓ Cambio de ventanas (tipo de vidrio y marco).
- ✓ Instalación de cierres automáticos en puertas.
- ✓ Cambio de tipo de ampollitas.

En cada caso las características referentes al ahorro energético que la instalación de éstas representaría para cada edificio, % de eficiencia de cada una, sus condiciones de uso y los espacios necesarios para la instalación vienen estipulados por el fabricante de cada tecnología.

Para definir las Alternativas Tecnológicas Convencionales factibles a instalar en cada Edificio de Salud, se consultó al experto Iván Orellana Yáñez, Arquitecto de la Universidad de Concepción, Magíster en Diseño y Construcción Sustentable y Consultor Independiente de la ciudad de Concepción los lineamientos a seguir para desarrollar de buena manera este proceso. Obteniendo de su parte la recomendación de realizar una evaluación diferenciada para cada Centro de Salud, considerando como aspecto crítico para esto, el año de construcción de cada edificio.

Dicho aspecto crítico fue seleccionado considerando las modificaciones producidas en el año 1994 a la Normativa Chilena de Construcción, las que consideraron por primera vez aspectos asociados a la construcción sustentable y la eficiencia energética. Estas modificaciones están centradas tanto en el tipo de materiales utilizados para construir,

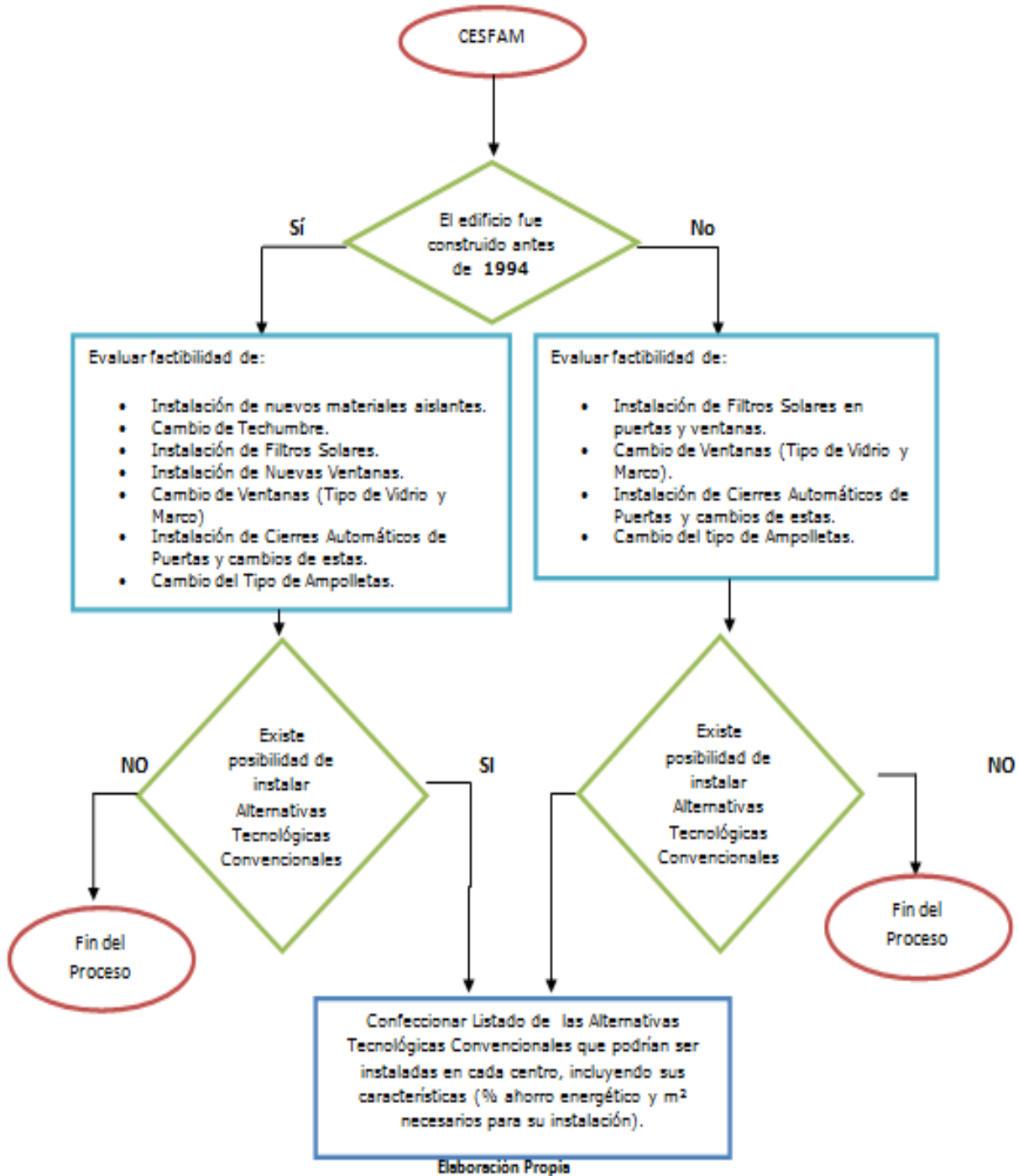


como en los aislantes instalados en cada edificio definiendo así, los requerimientos mínimos que deben cumplir las nuevas construcciones.

De esta manera se considera, para la evaluación de la Alternativas Tecnológicas Convencionales, que los Centros de Salud construidos posterior a esta fecha no deberían presentar problemas asociados a estos aspectos, quedando con esto fuera de la evaluación: cambio de techumbre, instalación de nuevas ventanas e instalación de nuevos materiales aislantes.

A continuación se presenta el Diagrama de Flujo diseñado para esta evaluación y que indica el proceso a seguir para la Evaluación de factibilidad de las Alternativas Tecnológicas Convencionales. Figura 16.

Figura 16: Diagrama de Flujo Selección de Alternativas Tecnológicas Convencionales Factibles



### 3.3 Metodología Objetivo Específico 3



*Objetivo Específico 3: Determinar para cada Centro de Salud, la factibilidad de instalación de Alternativas Tecnológicas no Convencionales asociadas al uso de Energías Renovables.*

- **Caracterización de Emplazamiento y Climática :**

La caracterización de Emplazamiento de cada uno de los CESFAM se realizó con la información entregada por Mapas de la Comuna disponibles en la web, específicamente a través del sitio [www.maps.google.cl](http://www.maps.google.cl).

La caracterización Climática se realizó de manera general para toda la Comuna de Coronel. Considerando que la cercanía de ubicación de los 3 Centros de Salud en Estudio permite estandarizar las condiciones climatológicas para ellos.

Para la estandarización Climática se utilizaron 2 frentes de información:

En primer lugar basándose en la información existente en los Informes y Boletines oficiales de las siguientes páginas web chilenas especializadas en el tema:

- ✓ <http://met.dgf.uchile.cl> (Boletín Climatológico de la Universidad de Chile).
- ✓ <http://www.meteochile.gob.cl/climatologia.php> (Informe Climatológico de la Dirección Meteorológica de Chile).

Información que fue complementada con los datos arrojados por la herramienta de software RESTscreen Plus. Herramienta especializada tanto en la gestión de energía en proyectos como en la caracterización climática de diferentes partes del mundo, incluyendo dentro de ellos a la Comuna de Coronel.

Además basándose en la Delimitación 4 del Proyecto que indica el uso de Alternativas no Convencionales solo asociadas al uso de la Energía Solar y de la Energía Eólica, se considera como información crítica en este punto lo siguiente:

- ✓ Energía Solar: nivel de Radiación Solar promedio mensual (kWh/m<sup>2</sup>).
- ✓ Energía Eólica: nivel de Viento promedio mensual (m/s).

Considerando, en ambos casos, para su posterior uso al menor valor promedio mensual obtenido. Resguardando con esto el nivel mínimo de energía necesaria para el correcto



funcionamiento de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales propuestas posteriormente.

- **Caracterización de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales**

Basándonos en la delimitación del Proyecto, en esta etapa se caracterizaron las Alternativas Tecnológicas disponibles en el mercado chileno que basan su funcionamiento en el aprovechamiento de la energía renovable eólica y solar. (Anexo 1: Características ATNC (Energía Solar y Eólica)).

Dentro de estas Alternativas Tecnológicas no Convencionales se encuentran:

- ✓ Paneles Solares Fotovoltaicos (generación de electricidad).
- ✓ Tecnología Eólica Offshore (generación de electricidad).

Detallando, para cada una de ellas los siguientes aspectos importantes:

- ✓ Mínimo de Energía Renovable requerida para el óptimo funcionamiento de la Alternativa Tecnológica no Convencional.
- ✓ Espacio Necesario para la instalación (m<sup>2</sup>).
- ✓ Nivel de Eficiencia de Conversión (%).
- ✓ Cantidad de Energía Generada (kWh) por cada tecnología.

- **Elección de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales**

En este punto del Proyecto se seleccionaron dentro de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales caracterizadas en el punto anterior, a aquellas que poseen factibilidad de instalación en cada Centro de Salud.

Para la selección de las mismas se consideró y contrastó la siguiente información:

- ✓ La realidad actual de cada Edificio de Salud: consumo mensual en kWh, espacio disponible para la instalación de nuevas tecnologías, etc.
- ✓ Las características de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales estudiadas anteriormente: espacio necesario para la instalación, cantidad de energía generada, etc.



Considerando así como factibles a las tecnologías que pueden ser instaladas en el espacio disponible actualmente y que permiten generar la cantidad de energía (electricidad), necesaria para el correcto funcionamiento de cada CESFAM a través del aprovechamiento de las Energías Renovables disponibles.

### 3.4 Metodología Objetivo Específico 4:



*Objetivo Específico 4: Evaluar las diferentes Alternativas Tecnológicas Convencionales y no Convencionales, que permitan el aumento de la Eficiencia Energética para cada uno de los Centros de Salud.*

- **Cuantificación del Ahorro Energético**

En esta etapa del Proyecto se hicieron los cálculos referentes al ahorro energético que representaría la instalación de cada una de las Alternativas Tecnológicas (Convencionales y no Convencionales) definidas en etapas anteriores como tecnologías de factible instalación para cada CESFAM.

Los cálculos se realizaron, en su mayoría, a través del Software Excel complementándolos en los casos que fue necesario con el apoyo de calculadoras especializadas en ahorro energético disponibles de manera gratuita en la web. (Tabla 4).

**Tabla 4:** Calculadoras Energéticas

Calculadora	Tipo de Cálculo
 Nature power light	Especializada en el cálculo del ahorro energético, producido por cambios en los sistemas de iluminación de un edificio.
	Especializada en el cálculo del ahorro energético asociado a la implementación de Tecnologías ligadas al uso de Energías Renovables.

Fuente: [www.queenergia.com](http://www.queenergia.com)/[www.ledbox.es](http://www.ledbox.es)

- **Selección de Alternativas Tecnológicas Factibles**

Corresponde a una de las etapas finales del Proyecto y consiste en la selección de las Alternativas Tecnológicas que representan un mayor incremento de la eficiencia energética para cada Edificio de Salud estudiado.

La selección de las mismas se realizó de manera independiente para cada CESFAM, considerando 4 aspectos previamente desarrollados:



- ✓ **Realidad actual del edificio** (diseño y materialidad): permite determinar falencias asociadas a la construcción de cada CESFAM que pueden ser solucionadas o mejoradas con la instalación de Alternativas Tecnológicas Convencionales.
- ✓ **Consumos Críticos** (mayor demanda energética): que permiten definir en qué sector de consumo (iluminación, calefacción, enfriamiento, etc.) enfocar los esfuerzos para obtener un mayor aumento de la eficiencia energética.
- ✓ **Caracterización de las Alternativas Tecnológicas**: definir los requerimientos necesarios para la instalación de las Alternativas Tecnológicas disponibles en el mercado permite definir si son factibles a instalar en cada Edificio de Salud.
- ✓ **Aumento de la Eficiencia Energética**: Ahorro energético asociado a la instalación de las diferentes Alternativas Tecnológicas previamente caracterizadas.

De esta forma, la selección de las Alternativas Tecnológicas factibles de instalar en cada edificio fue realizada en base al cruce de la información obtenida en los cuatro aspectos previamente desarrollados. Seleccionando a aquellas que representen el mayor ahorro energético para cada CESFAM.

- **Evaluación Económica de las Alternativas Tecnológicas Factibles**

En esta etapa se evaluaron económicamente sólo aquellas Alternativas Tecnológicas definidas anteriormente como factibles para cada Centro de Salud.

La evaluación consideró el cálculo del VAN de cada proyecto, la Tir del mismo, además de un correspondiente análisis de sensibilidad y la consideración del periodo de recuperación.

Los cálculos se desarrollaron de forma independiente para cada CESFAM, considerando como criterio de aceptación del proyecto un VAN positivo.

#### **Capítulo 4: Antecedentes de los Centros de Salud**



En el presente Capítulo se presentan los antecedentes recopilados en cada una de las Etapas del Proyecto, referentes a la situación actual que rodea a cada uno de los Centros de Salud que se encuentran en estudio. Considerando dentro de esta información como relevante a: las caracterizaciones de cada CESFAM, las condiciones climáticas en la comuna y las características de las Alternativas Tecnológicas disponibles en el Mercado Chileno para cada caso.

#### 4.1 Caracterización de los CESFAM

Estas se elaboraron para cada Centro de Salud, a partir de la información obtenida en terreno; considerando para ello una primera visita a cada CESFAM enfocada en la Inspección Visual de la Infraestructura de cada edificio y una segunda visita enfocada en el desarrollo de una Auditoría Energética orientada en obtener la descripción de los diferentes Equipos Consumidores de Energía existentes.

Destacando en este punto que los Centros de Salud considerados se mencionan a continuación:

- CESFAM Lagunillas.
- CESFAM Yobilo.
- CESFAM Carlos Pinto Fierro.

A continuación se muestra la cronología de las fechas en que se realizaron las Visitas a Terreno.

**Tabla 5:** Fechas Visitas a Terreno CESFAM

Fecha	CESFAM	Tipo de Visita
23/04/2014	Lagunillas	Inspección Visual Infraestructura
24/04/2014	Lagunillas	Descripción de Equipos (Auditoría Energética )
28/04/2014	Yobilo	Inspección Visual Infraestructura
29/04/2014	Yobilo	Descripción de Equipos (Auditoría Energética )
05/05/2014	Carlos Pinto Fierro	Inspección Visual Infraestructura
06/05/2014	Carlos Pinto Fierro	Descripción de Equipos (Auditoría Energética )

**Elaboración Propia**

La Auditoría Energética realizada en cada uno de los CESFAM corresponde a una **Auditoría Energética Preliminar**, caracterizada por:



- Caminata a través del edificio para identificar zonas críticas desde el punto de vista energético.
- Complementar lo observado en la caminata con la investigación de la información disponible del Centro de Salud.
- Considerar las opiniones de los funcionarios referentes a las instalaciones en evaluación.

De esta forma los esfuerzos de la etapa de Auditoría Energética se centraron en la descripción de todos los equipos y artefactos consumidores de energía existentes en cada CESFAM. Ver Anexo 1: Descripción Equipos Consumidores de Energía CESFAM Coronel.

Sectorizando para esto, a los artefactos instalados de la siguiente manera:

- Equipos de Iluminación.
- Equipos de Calefacción.
- Equipos de Enfriamiento.
- Equipos Médicos.
- Otros Artefactos y Equipos menores.

Para determinar el número de Equipos Consumidores existentes en cada Edificio de Salud, se realizó una inspección de cada una de las habitaciones que componen el CESFAM, contabilizando y describiendo en cada una de ellas todos los equipos que consumen energía.

Información que se complementó posteriormente con las características teóricas de los mismos equipos, información obtenida mediante el estudio previo de las características de funcionamiento y consumo declaradas por los fabricantes de cada caso.

Finalmente para obtener el consumo energético asociado a los diferentes Equipos (Iluminación, Calefacción, Enfriamiento, etc.) se cruzó la información levantada en terreno durante la Auditoría Energética con la asociada a las horas y días de funcionamiento de cada artefacto.



De esta manera, para llegar a los valores (consumo semanal de energía KWh) que se presentarán de aquí en adelante para cada uno de los CESFAM se trabajó con las siguientes fórmulas o relaciones:

$$\text{horas uso semanal} = \text{horas diarias uso} * \text{dias uso semanal}$$

$$\text{consumo semanal (Kwh)} = \frac{\text{cantidad} * \text{potencia(wh)} * \text{horas uso semanal}}{1000}$$

#### 4.1.1 Caracterización CESFAM Lagunillas



Dentro de los centros de salud considerados para el proyecto, el CESFAM Lagunillas es el más grande en cuanto a infraestructura se refiere (1720 m<sup>2</sup> construidos), por lo que se espera que sea el que muestre un mayor consumo energético. Ver Figura 17.

**Figura 17: Vista Frontal CESFAM Lagunillas**



**Elaboración Propia**

Este Centro de Salud se encuentra inmerso en el sector del mismo nombre, teniendo como dirección exacta Los Álamos 2428, sector Lagunillas, Coronel.

En la Tabla 6 que se muestra a continuación se presenta la información general del CESFAM Lagunillas. Considerando los siguientes aspectos:

- Autoridades.
- m<sup>2</sup> construidos y disponibles.
- Días y horarios de funcionamiento.

**Tabla 6: Información CESFAM Lagunillas**



<b>CESFAM Lagunillas</b>	
Director Departamento de Salud	Neil Palma
Directora CESFAM	Gladys Torres
m <sup>2</sup> Construidos	1.720 m <sup>2</sup>
m <sup>2</sup> Disponibles (libre de construcción)	240 m <sup>2</sup>
días de atención policlínico	lunes a viernes
días de atención urgencia	lunes a domingo
días de atención laboratorio	lunes a viernes
horario de atención policlínico (hrs)	08:00 – 17:00
horario de atención urgencia (hrs)	08:00 – 24:00
horario de atención laboratorio (hrs)	08:00 – 20:00

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Dirección de Salud Municipal Coronel

Como se puede apreciar en la Tabla 6 el CESFAM Lagunillas se encuentra dividido en 3 sectores de funcionamiento: sector policlínico, sector laboratorio y sector urgencia, cada uno de los cuales presenta diferentes horarios y días de funcionamiento.

En la Tabla 7 se muestra el detalle de la **Composición de las Habitaciones** del CESFAM Lagunillas, considerando como habitación a las bodegas, box de atención, oficinas, Salas de Espera, Salas de Atención y Espacios Comunes.

**Tabla 7:** Composición de las Habitaciones CESFAM Lagunillas

<b>Tipo de Habitación</b>	<b>N° por CESFAM</b>
Bodegas	2
Box de Atención	39
Oficinas	7
Sala de Espera	5
Salas de Atención	7
Comedor	1
Farmacia	1
Vestidores	2
Pasillos	20
Total Habitaciones	84

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura

Desde ahora en adelante, el análisis de los aspectos asociados tanto al tipo de construcción como al consumo energético del lugar serán realizados habitación por



habitación considerando a las 84 habitaciones existentes en el CESFAM como el 100% para efectos de análisis

Desde el punto de vista de las **Características Internas de Construcción** se observó, en terreno, que la mayoría de las habitaciones (86%) posee una estructura basada en construcción sólida distribuyéndose el porcentaje restante (14%) en construcción mixta, de madera y sólida con cerámico en las paredes. Ver Tabla 8.

**Tabla 8:** Características Internas de Construcción CESFAM Lagunillas

Tipo de Construcción	N° habitaciones	% Habitaciones
Sólida	72	86%
Mixta	1	1%
Madera	2	2%
Sólida con Cerámico en las paredes	9	11%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

Además se observa, que el 98% de las habitaciones (construcción: sólida, mixta y sólida con cerámico en las paredes) posee instalados sus correspondientes aislantes en las paredes, por lo que se considera que este aspecto del CESFAM se encuentra resuelto y no deben hacerse modificaciones.

Referente a las **Características de Piso** del centro de salud, se observa que el 98% de las habitaciones posee piso recubierto con cerámico, lo que se debe a requerimientos higiénicos estipulados por el Ministerio de Salud de nuestro país, por lo que en este aspecto no se pueden hacer cambios estructurales. Ver Tabla 9.

**Tabla 9:** Características de Piso CESFAM Lagunillas

Tipo de Piso	N° Habitaciones	% Habitaciones
Cerámico	82	98%
Alfombra	1	1%
Madera	1	1%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

En las **Características de Techo** del CESFAM destaca que el 97% de las habitaciones posee techo de construcción sólida con aislantes asociados, restando solo un 3% de ellas (madera y cielo falso) que no posee aislantes en sus techos. Determinando con esta



realidad que este aspecto se encuentra controlado en lo que a aislación se refiere. Ver Tabla 10.

**Tabla 10:** Características de Techo CESFAM Lagunillas

Tipo de Techo	N° habitaciones	% Habitaciones
Cielo Falso	1	1%
Madera	2	2%
Sólido	81	97%

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura

En la inspección visual realizada se observaron los siguientes aspectos asociados a las **Características de las Ventanas** del CESFAM:

- El 99% se clasifican dentro del tipo ventanal debido a su tamaño (sobre 4m<sup>2</sup>).
- Ninguna de las ventanas posee instalados filtros solares.
- El 99% posee marcos de aluminio y vidrios simples.
- El 66% de los ventanales se encuentran sellados (ventanal 1), lo que impide que los funcionarios puedan manejarlas libremente dependiendo de las condiciones climáticas y sus necesidades. Situación provocada por ordenanza de autoridades anteriores a las actuales.
- El 33% de los ventanales se encuentran sin sellos (ventanal 2).
- Existe dentro del centro de salud, una ventanilla (sin vidrio) que se mantiene abierta todo el tiempo enfriando la habitación en la que se encuentra.



En la Tabla 11 se muestra de manera sintetizada la realidad descrita:

**Tabla 11:** Características de las Ventanas CESFAM Lagunillas

Tipo de Ventana	Puede Abrirse	Posee Filtro	N° Ventanas CESFAM	% Ventanas
Ventanal 1	SI	NO	67	33%
Ventanal 2	NO	NO	136	66%
Ventanilla	SI	NO	1	1%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

Dentro de las **Características de las Puertas** del CESFAM, destaca la existencia de 60 puertas interiores fabricadas en su totalidad en fibra de madera de alta densidad sin aislantes intermedios, ninguna de las cuales posee sistemas de cierre automático, por lo que su funcionamiento depende sólo de los requerimientos del usuario (pacientes y funcionarios). Además en el edificio existen 3 puertas externas, fabricadas totalmente en vidrio y con marcos de aluminio las que tampoco poseen sistemas de cierre automático por lo que se mantienen abiertas constantemente.

**Tabla 12:** Características de las Puertas CESFAM Lagunillas

Tipo Puerta	Material	Cierre Automático	N° Puertas CESFAM	% Puertas
Interna	Madera alta densidad	NO	60	95%
Externa	Vidrio	NO	3	5%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

Referente a las **Características Externas y de Emplazamiento de la Edificación** se observa que el CESFAM Lagunillas se encuentra emplazado en el sector de la comuna de Coronel que posee el mismo nombre, inmerso en un sector urbano y colindando con una cancha de fútbol de la Población cercana.

Observando externamente la infraestructura del CESFAM se muestran 2 realidades:

- En la cara frontal se aprecian características comunes de infraestructura; construcción sólida, techos del mismo tipo y existencia de aislantes.
- En la cara posterior se aprecian construcciones mixtas y construcciones de madera con carencia absoluta de aislantes que protejan la construcción.



Además al observar externamente el CESFAM destaca la existencia de espacio libre disponible (240 m<sup>2</sup>) para la posible instalación de nuevas Alternativas Tecnológicas.

De esta manera, luego de analizar la información obtenida de la Inspección Visual realizada al CESFAM Lagunillas y cumpliendo el Diagrama de Flujo: Selección de Alternativas tecnológicas Convencionales Factibles diseñado en la Metodología del objetivo específico 2, se tiene la siguiente realidad para el Centro de Salud Lagunillas (construido antes de 1994). Ver Tabla 13.

**Tabla 13:** Alternativas Tecnológicas Convencionales CESFAM Lagunillas

Alternativas Tecnológicas Convencionales	Situación Actual	Implementación de Nuevas Alternativas Tecnológicas Convencionales
Materiales Aislantes en Paredes	El 98% de las habitaciones posee aislantes instalados en sus paredes.	<b>NO</b> , la implementación de nuevas tecnologías traería cambios marginales en el aumento de la eficiencia energética.
Cambio de Techumbre	El 97% de las habitaciones posee aislantes instalados en sus techos.	<b>NO</b> , la techumbre del CESFAM se encuentra en buenas condiciones y la mayoría (97%) posee materiales aislantes por lo que la implementación de nuevas tecnologías traería aumentos marginales de eficiencia energética.
Instalación de Vidrios Dobles en las ventanas	Actualmente todas las ventanas del CESFAM poseen vidrios simples.	<b>SI</b> , el cambio de la totalidad de los vidrios simples instalados actualmente en el las ventanas del CESFAM por vidrios dobles permitiría un ahorro en calefacción de hasta el 20%, dependiendo de la calidad del mismo.
Filtros Solares Ventanas	El 100% de las ventanas no posee filtros solares instalados.	<b>SI</b> , la instalación de filtros solares en la totalidad de las ventanas del CESFAM traería consigo asociado un ahorro de hasta el 72% en la energía consumida para enfriar el Centro de Salud y de hasta un 20% en la energía consumida para calentar en edificio.
Sellos Ventanas	El 66% de las ventanas se encuentran selladas.	<b>SI</b> , eliminar sellos del 64% de las ventanas del CESFAM permitiría que los usuarios pudieran utilizarlas según sus necesidades, por lo que se produciría un ahorro de energía asociado a los equipos de enfriamiento que no se puede cuantificar.
Cierre Automático Puertas Exteriores	El 100% de las puertas exteriores no poseen cierres automáticos.	<b>SI</b> , instalación de cierres automáticos en las puertas exteriores permitiría mantenerlas cerradas y evitar con ello perdidas de calor, lo que produciría un ahorro desde el punto de vista de la calefacción del edificio que no es cuantificable.
Cambio del Tipo de Ampolletas	El uso de ampolletas en el CESFAM es mínimo (1 ampolleta)	<b>NO</b> , la instalación de ampolletas de ahorro energético traería asociado un ahorro marginal de electricidad.

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura



De esta manera, de la información entregada en la Tabla 13 podemos recomendar, en primera instancia, la implementación de las siguientes Alternativas Tecnológicas Convencionales para el CESFAM Lagunillas:

- Instalación de Vidrios Dobles en las ventanas.
- Instalación de Filtros Solares en las ventanas.
- Eliminación de los Sellos de las ventanas.
- Eliminación de los Cierres de las puertas exteriores.

#### 4.1.2 Auditoría Energética CESFAM Lagunillas

A continuación se presenta la información obtenida en la Auditoría Energética Preliminar realizada al Edificio de Salud que alberga al CESFAM Lagunillas.

De manera general se tiene:

- Actualmente en el edificio no se utiliza agua caliente por lo que no se considerará la implementación de Alternativas Tecnológicas asociadas a este uso.
- Los **Equipos de Iluminación, Enfriamiento, Médicos y Artefactos Menores** funcionan en base a electricidad.
- Los **Equipos de Calefacción** instalados basan su funcionamiento en consumo de electricidad y astillas.

Referente a los **Equipos de Iluminación** instalados se pueden definir los siguientes aspectos:

- La mayor parte del CESFAM posee tubos fluorescentes, de 58 W de potencia para su iluminación.
- En general, no existe conciencia por parte de los funcionarios de apagar los Equipos cuando estos no se estén utilizando o se pueda aprovechar la luz natural.



Referente a los **Equipos de Enfriamiento** del CESFAM se tiene:

- No existen equipos de enfriamiento en todas las habitaciones del CESFAM.
- Los equipos existentes poseen funcionamiento autónomo, por lo que las horas diarias de funcionamiento dependen de los requerimientos de los funcionarios de cada habitación.

Asociada a los **Equipos Médicos** existentes en el CESFAM se tiene la siguiente información:

- En este CESFAM se encuentra el Laboratorio Comunal, encargado de analizar las muestras de todos los exámenes realizados en la comuna por lo que existe variedad de Equipos Médicos que funcionan durante todo el turno del Laboratorio.
- La existencia de Equipos Médicos en las diversas habitaciones del CESFAM es casi nula.

En el área de **Otros Equipos y Artefactos Menores** se identificaron las siguientes realidades:

- En el 100% de las habitaciones del Centro de Salud existen computadores, los que en su mayoría funcionan de manera continuada durante todo el turno del CESFAM (9 horas).
- Los artefactos asociados al comedor del CESFAM (hervidor, horno eléctrico, horno microondas) provocan problemas en el suministro de luz. Los funcionarios señalan que es común tener cortes de luz en el horario de almuerzo, los que afectan a todo el edificio.
- Los televisores se mantienen encendidos durante todo el horario de funcionamiento del Centro de Salud (9 horas).

En la Tabla 14 que se muestra a continuación se presenta la información resumida del comportamiento de consumo eléctrico de los sectores previamente detallados:



**Tabla 14: Características de Consumo Eléctrico Equipos CESFAM Lagunillas**

Sector de Consumo	Tipo de Aparato	Cantidad n°	Potencia W	Horas de uso semanal			Wh semanal	Consumo Semanal kWh
				Horas Diarias	Días uso por Semana	Horas por Semana		
Equipos de Iluminación	Tubos Fluorescentes	9	58	1	5	5	2.610	650,56
	Tubos Fluorescentes	6	58	2	5	10	3.480	
	Tubos Fluorescentes	120	58	9	5	45	313.200	
	Tubos Fluorescentes	49	58	12	5	60	170.520	
	Tubos Fluorescentes	16	58	24	7	168	155.904	
	Lámpara de Escritorio	1	40	9	5	45	1.800	
	Focos Led Embutidos	12	0,1	9	5	45	54	
	Ampolleta Bajo Consumo	1	25	24	5	120	3.000	
Equipos de Enfriamiento	Extractor de Aire	2	10	12	5	60	1.200	78,95
	Ventilador de Pie	43	50	5	5	25	53.750	
	Ventilador de Techo	16	60	5	5	25	24.000	
Equipos Médicos	Centrífuga Muestras	4	750	12	5	60	180.000	534,43
	Ecógrafo	2	45	5	5	25	2.250	
	Electrobisturí	1	250	9	5	45	11.250	
	Equipo de Análisis Orina	1	20	12	5	60	1.200	
	Equipo de Química	1	30	12	5	60	1.800	
	Equipo de Rx Dentales	1	1500	5	5	25	37.500	
	Estufa de Esterilización	1	5000	12	5	60	300.000	
	Microscopio de Análisis	2	3,6	12	5	60	432	
Otros Equipos y Artefactos Menores	Computador	1	110	1	5	5	550	1.803,96
	Computador	69	110	9	5	45	341.550	
	Computador	16	110	12	5	60	105.600	
	Computador	2	110	24	7	168	36.960	
	Data	1	498	1	5	5	2.490	
	Fotocopiadora	1	900	12	5	60	54.000	
	Frigobar	1	12	24	7	168	2.016	
	Hervidor	14	45	3	5	15	9.450	
	Horno Eléctrico	1	15	3	5	15	225	
	Impresora	7	1300	9	5	45	409.500	
	Horno Microondas	4	27	3	5	15	1.620	
	Impresora	12	1300	9	5	45	702.000	
	Radio	3	80	9	5	45	10.800	
	Refrigerador	7	70	24	7	168	82.320	
	Televisor Plasma	4	110	12	5	60	26.400	
Televisor Plasma	1	110	24	7	168	18.480		
<b>Consumo Eléctrico Mensual kWh (Equipos: Iluminación, Enfriamiento, Médicos y Menores)</b>								<b>3067,901</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética



Desde la vereda de los **Equipos de Calefacción** se identificaron los siguientes aspectos:

- El CESFAM no posee Sistema de Calefacción Central.
- Existe variedad de Equipos de Calefacción funcionando en el CESFAM: Panel de Ahorro de Energía, Estufa Eléctrica, Termoventilador y Estufa a Combustión Lenta.
- No existe una Normativa Interna que regule las horas de funcionamiento de los Equipos de Calefacción existentes.

Las Tablas 15 y 16, que se presentan a continuación, muestran de manera resumida la información asociada a los Equipos de Calefacción existentes en el edificio, además del consumo semanal en kWh que estos representan.

**Tabla 15:** Características Equipos de Calefacción Eléctricos CESFAM Lagunillas

Tipo de Aparato	cantidad N°	fuente energética	potencia W	horas uso semanal			consumo semanal kWh
				Horas uso diario	días uso semanal	horas uso semanal	
Panel Ahorro Energía	30	Electricidad	500	5	5	45	675
Panel Ahorro Energía	3	Electricidad	500	9	5	45	67,5
Estufa Pequeña	3	Electricidad	750	9	5	45	101,25
Estufa Pequeña	4	Electricidad	500	12	5	60	120
Termoventilador	41	Electricidad	1.500	5	5	25	1.537,50
<b>Consumo Semanal Calefacción (Electricidad kWh)</b>							<b>2.501,25</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética

**Tabla 16:** Características Equipos de Calefacción a Leña CESFAM Lagunillas

Tipo de Aparato	cantidad N°	fuente energética	Astillas por hora	Horas uso semanal			consumo semanal astillas
				Horas uso diario	días uso semanal	horas uso semanal	
Estufa Combustión Lenta	6	Astillas	5	3	5	15	450
Estufa Combustión Lenta	1	Astillas	5	24	5	120	600
<b>Consumo Semanal Calefacción (astillas)</b>							<b>1050</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética



Obtenida esta información se necesita estandarizar todos los consumos en Kwh, por lo que se debe trabajar con el consumo de los Equipos de Calefacción que utilizan astillas.

Se sabe que 1 kilogramo de madera al 20% de humedad (en astillas) equivale a 4 kW. (Buen uso de la leña, Ministerio de Energía, 2014).

De esta manera, considerando un tamaño promedio de las astillas utilizadas en el CESFAM Lagunillas (500 gr) se tiene que se consumen 525 Kilogramos semanales por los Equipos de Calefacción. Por consiguiente:

$$\text{Consumo Mensual kWh} = \text{Consumo Semanal Astillas (Kilos)} * 4 \text{ semanas} * 4 \text{ Kw}$$
$$\text{Consumo Mensual kWh} = 525 * 4 \text{ semanas} * 4 \text{ Kw} = 8.400 \text{ Kw}$$

Por lo tanto se tiene que el consumo asociado a los Equipos de Calefacción, por este ítem, representan un consumo estimado de 8.400 kWh mensuales.

De esta manera, luego de realizar la caracterización sectorizada de los diferentes equipos consumidores de energía del CESFAM, se trabajó para obtener el valor del **Consumo Energético Mensual Total** del correspondiente Edificio de Salud.

En las Tablas 17 y 18 presentadas a continuación se resume la información del Consumo Energético Mensual del CESFAM Lagunillas (electricidad y astillas):

**Tabla 17:** Resumen Consumo Eléctrico Mensual CESFAM Lagunillas

Ítem	Fuente Energética	Consumo Semanal (kWh)	Consumo Mensual (kWh)
Equipos de Iluminación	Electricidad	650,56	2.602,24
Equipos de Calefacción	Electricidad	2.501,25	10.005,00
Equipos de Enfriamiento	Electricidad	78,95	315,8
Equipos Médicos	Electricidad	534,43	2.137,72
Otros Equipos y Artefactos	Electricidad	1.803,96	7.215,84
<b>Consumo Mensual CESFAM Lagunillas (Electricidad kWh)</b>			<b>22.276,60</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética



**Tabla 18:** Resumen Consumo Astillas Mensual CESFAM Lagunillas

Resumen Consumo Astillas Mensual CESFAM Lagunillas					
Ítem	Artefacto	Cantidad	Fuente Energética	Consumo Mensual (astillas)	Consumo Mensual (kWh)
Equipos de Calefacción	Estufa Combustión Lenta	6	Astillas	4.200	8.400
<b>Consumo Mensual CESFAM Lagunillas kWh</b>					<b>8.400kWh</b>

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Auditoría Energética

De esta manera, al analizar la información resumida del consumo energético del CESFAM Lagunillas que se presenta en las tablas anteriores se observa:

- El mayor consumo eléctrico dentro del CESFAM Lagunillas está representado por los Equipos de Calefacción, los que consumen mensualmente 10.005 kWh (valor estimado), valor que representa un 44,91% del total. Lo que hace inferir que nuevas tecnologías asociadas a esta función generarían variaciones importantes en lo que a ahorro energético se refiere.
- Los 8.400 kWh mensuales asociados al consumo de astillas para calefaccionar el Centro de Salud, no hacen más que reafirmar la idea de que la instalación de nuevas Alternativas Tecnológicas enfocadas en la calefacción del CESFAM.

Si bien este nivel de consumo asociado a los Equipos de Calefacción es estacional (variando entre invierno y verano) será considerado como representativo para los cálculos posteriores ya que corresponde a un mes de Invierno (mes crítico de consumo), logrando con esto asegurar el abastecimiento de energía necesaria para satisfacer esta necesidad en cualquier momento del año.



### 4.1.3 Caracterización CESFAM Yobilo

El CESFAM Yobilo es el segundo Centro de Salud más grande de la comuna, en cuanto a estructura se refiere, por lo que se espera que su nivel de consumo energético sea el segundo dentro de los centros de salud en estudio.

**Figura 18:** Vista Frontal CESFAM Yobilo



**Elaboración Propia**

El CESFAM Yobilo se encuentra inmerso en el Sector del mismo nombre de la comuna de Coronel, exactamente en la dirección: Santos Leoncio Medel 750, sector Yobilo, Coronel.

En la Tabla 19 que se presenta en adelante se muestra la información general del CESFAM Yobilo, referente a los siguientes aspectos:

- Autoridades.
- m<sup>2</sup> construidos.
- m<sup>2</sup> disponibles para instalación de nuevas Alternativas Tecnológicas.
- Días y horarios de funcionamiento.



**Tabla 19:** Antecedentes CESFAM Yobilo

<b>CESFAM Yobilo</b>	
Director Departamento de Salud	Neil Palma
Directora del CESFAM	Myriam Avendaño
m <sup>2</sup> Construidos	1.040 m <sup>2</sup>
m <sup>2</sup> Disponibles (libre de construcción)	180 m <sup>2</sup>
Días funcionamiento policlínico	lunes – domingo
Días funcionamiento urgencia	lunes – viernes
Días funcionamiento oficinas urgencia	lunes – domingo
Días funcionamiento dental	lunes – viernes
Horario funcionamiento policlínico (hrs)	08:00 – 17:00
Horario funcionamiento urgencia (hrs)	00:00 – 24:00
Horario funcionamiento oficinas urgencia (hrs)	08:00 – 20:00
Horario funcionamiento dental (hrs)	08:00 – 20:00

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Dirección de Salud Municipal Coronel

De esta información se evidencia que en el CESFAM existen 3 sectores diferenciados de atención:

- Policlínico.
- Urgencia.
- Dental.

Cada uno de los cuales posee diferentes días y horarios de funcionamiento.

En la Tabla 20 se muestra de manera sintetizada la **Composición de las Habitaciones** existentes dentro del CESFAM Yobilo, considerándolo como habitación a: Bodegas, Box de Atención, Oficinas, Salas de Espera, Comedor, Farmacia y Espacios Comunes.



**Tabla 20:** Composición Habitaciones CESFAM Yobilo

Tipo de Habitación	N° por CESFAM
Bodegas	7
Box de Atención	36
Oficinas	14
Sala de Espera	4
Salas de Atención	19
Comedor	1
Farmacia	1
Vestidores	2
Pasillos	12
<b>Total Habitaciones</b>	<b>96</b>

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

De aquí en adelante, los análisis realizados tanto de los aspectos del tipo de construcción como los de consumo energético del lugar serán realizados habitación por habitación considerando a las 96 habitaciones existentes en el edificio como el 100% para efectos de análisis.

Al realizar la inspección visual del edificio se detectaron los siguientes aspectos asociados a las **Características Internas de Construcción**: la mayoría de las habitaciones (94%) posee materiales aislantes instalados en sus paredes (construcción sólida, sólida con cerámico en las paredes y zinc) por lo que se determina que este aspecto de la construcción se encuentra resuelto en cuanto a ahorro energético se refiere. Ver Tabla 21.

**Tabla 21:** Características Internas de Construcción CESFAM Yobilo

Tipo de Construcción	N° Habitaciones	% Habitaciones
Container	5	5%
Madera	1	1%
Zinc	2	2%
Sólida	77	90,5%
Sólida con Cerámico en las paredes	11	1,5%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura



Referente a las **Características de Piso** del Centro de Salud se determinó que la mayoría de las habitaciones del CESFAM (92%) posee piso recubierto con cerámico, cumpliendo de esta forma con las condiciones higiénicas estipuladas por el Ministerio de Salud de nuestro país. De esta manera y debido al alto porcentaje de habitaciones que ya cumple con esta normativa dentro del CESFAM es que no se recomiendan modificaciones en este aspecto de la construcción. Ver Tabla 22.

**Tabla 22:** Características Piso CESFAM Yobilo

Tipo de Piso	N° Habitaciones	% Habitaciones
Alfombra	5	5%
Cemento	2	2%
Cerámico	88	92%
Madera	1	1%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

De la inspección visual realizada al Edificio del CESFAM Yobilo, se puede destacar que referente a las **Características de Techo** el 92% de las habitaciones del CESFAM posee techo sólido con sus correspondientes aislantes asociados por lo que se considera que este ítem se encuentra solucionado en lo que aislación y ahorro energético se refiere. Ver Tabla 23.

**Tabla 23:** Características de Techo CESFAM Yobilo

Tipo de Techo	N° Habitaciones	% Habitaciones
Container	5	5%
Madera	1	1%
Planchas de Zinc	2	2%
Sólido	88	92%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

Desde el punto de vista de las **Características de las Ventanas** del CESFAM Yobilo, se determinó vía inspección visual que el 100% de las ventanas existentes en el Centro de Salud Lagunillas se pueden clasificar dentro del tipo ventanal, debido a su tamaño (sobre 4m<sup>2</sup>). Caracterizadas además en su totalidad por no tener filtros solares y poseer marcos de aluminio y vidrios simples. Ver Tabla 24.



**Tabla 24:** Características de las Ventanas CESFAM Yobilo

Tipo de Ventana	Puede Abrirse	Posee Filtro	N° Ventanas CESFAM	% CESFAM
Ventanal 1	SI	NO	26	17%
Ventanal 2	NO	NO	130	83%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

De la Tabla 24 se aprecia además que el 83% de las ventanas se encuentran selladas (Ventanal 2), impidiendo que los funcionarios puedan manejarlas libremente dependiendo de las condiciones climáticas y sus necesidades. Las autoridades del CESFAM declaran que esta situación se debe a condiciones de seguridad del Centro de Salud por lo que no puede ser modificada, por lo que se concluye que las mejoras en este deben darse por el cambio de tipo de vidrios o la instalación de filtros solares.

Dentro de las **Características de las Puertas** del CESFAM Yobilo encontramos que existen 57 puertas interiores, fabricadas en su totalidad en fibra de madera de alta densidad, sin aislantes intermedios.

Además en el Edificio de Salud existen 10 puertas externas, las que están fabricadas totalmente en vidrio y marcos de aluminio. Puertas que no poseen sistemas de cierre automático lo que provoca problemas en la calefacción del lugar, ya que el cierre de las mismas depende sólo de los pacientes y funcionarios y en muchas ocasiones se mantienen abiertas por largo tiempo provocando que el calor salga del Centro de Salud Ver Tabla 25.

**Tabla 25:** Características Puertas CESFAM Yobilo

Tipo Puerta	Material	Cierre Automático	N° Puertas CESFAM	% CESFAM
Interna	Madera alta densidad	NO	57	85%
Externa	Vidrio	NO	10	15%

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

Considerando las **Características Externas** podemos definir que el edificio que alberga al CESFAM Yobilo se encuentra inmerso en un sector urbano, emplazado en el sector de la comuna que posee el mismo nombre.

Observando la cara frontal del Edificio de Salud se observa la presencia de una gran cantidad de ventanales, los que si bien permiten el ingreso de mucha luz natural al lugar.



Además en la cara frontal se aprecia un tipo de construcción uniforme, caracterizada por la existencia de materiales sólidos tanto en techos como en paredes con presencia de aislantes.

De manera muy diferente, al observar el Edificio de Salud desde su cara posterior observamos que se pierde la uniformidad descrita anteriormente. Identificando la presencia de construcciones mixtas, de madera (sin aislantes) y de container que son utilizados como Box de atención.

Referente al espacio libre disponible en el edificio para una posible futura instalación de Alternativas Tecnológicas no Convencionales se detectó mediante la inspección visual la existencia de 180m<sup>2</sup> disponibles para esto, distribuidos tanto entre techos y patio del CESFAM.

Luego de realizada la Inspección Visual de la Infraestructura que alberga al Edificio de Salud Yobilo y basándose en el Diagrama de Flujo: Selección de Alternativas Tecnológicas Convencionales Factibles diseñado en la Metodología del objetivo específico 2 se determinaron las siguientes medidas para el CESFAM Yobilo (construido antes de 1994). Ver Tabla 26.



**Tabla 26:** Alternativas Tecnológicas Convencionales CESFAM Yobilo

Alternativas Tecnológicas Convencionales	Situación Actual	Implementación de Nuevas Alternativas Tecnológicas Convencionales
Materiales Aislantes en Paredes	El 94% de las habitaciones posee aislantes instalados en sus paredes.	<b>NO</b> , la implementación de nuevas tecnologías traería cambios marginales en el aumento de la eficiencia energética.
Cambio de Techumbre	El 92% de las habitaciones posee aislantes instalados en sus techos.	<b>NO</b> , la techumbre del CESFAM se encuentra en buenas condiciones y la mayoría (92%) posee materiales aislantes por lo que la implementación de nuevas tecnologías traería aumentos marginales de eficiencia energética.
Instalación de vidrios dobles en las ventanas	El 100% de las ventanas existentes poseen vidrios simples.	<b>SI</b> , la instalación de vidrios dobles en las ventanas del CESFAM podría generar un ahorro en calefacción de hasta un 20%, dependiendo de las características de los mismos.
Filtros Solares Ventanas	El 100% de las ventanas no posee filtros solares instalados.	<b>SI</b> , la instalación de filtros solares en la totalidad de las ventanas del CESFAM traería consigo asociado un ahorro de hasta el 72% en la energía consumida para enfriar el Centro de Salud y de hasta un 20% en la energía consumida para calentar en edificio.
Retirar los Sellos Ventanas	El 83% de las ventanas se encuentran selladas.	<b>NO</b> , los sellos de las ventanas no pueden retirarse para mejorar la ventilación del lugar porque responden a una medida de seguridad establecida por las autoridades del CESFAM.
Cierre Automático Puertas Exteriores	El 100% de las puertas exteriores no poseen cierres automáticos.	<b>SI</b> , recomienda la instalación de cierres automáticos en las puertas exteriores del edificio, ya que esto permitiría un ahorro energético desde el punto de vista de la calefacción del lugar.
Cambio del Tipo de Ampolletas	El uso de ampolletas en el CESFAM es mínimo.	<b>NO</b> , la presencia de ampolletas en el CESFAM es mínima por lo que un cambio en ellas traería asociado energético marginal.

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

De esta manera de la información entregada en la Tabla 26, se recomienda de manera preliminar para el CESFAM Yobilo la implementación de las siguientes Alternativas Tecnológicas Convencionales:



- Instalación de vidrios dobles en ventanas.
- Instalación de filtros solares en ventanas.
- Instalación de cierres automáticos en las puertas exteriores.

#### 4.1.4 Auditoría Energética CESFAM Yobilo

Luego de realizada la Auditoría Energética correspondiente, se tiene la siguiente información general del CESFAM Yobilo:

- Actualmente no se utiliza agua caliente en el edificio, por lo que no se considerará la posibilidad de instalación de nuevas tecnologías asociadas a esta función.
- Los **Equipos de Iluminación, Enfriamiento, Médicos y Artefactos Menores** funcionan en base a electricidad.
- Los **Equipos de Calefacción** existentes basan su funcionamiento en el consumo de electricidad, astillas y gas.
- En la actualidad no existen instaladas Alternativas Tecnológicas no Convencionales en el CESFAM.

Por su parte para los **Equipos de Iluminación** existentes se observó:

- El Sistema de Iluminación del CESFAM Yobilo está compuesto mayoritariamente por tubos fluorescentes, con una potencia común de 58W.
- A pesar de que se han implementado ampolletas de bajo consumo en varios sectores del CESFAM, en este momento sólo existe 1 de éstas instaladas. Los funcionarios declaran que esto se debe a los constantes robos de las mismas por parte de los usuarios.
- Las horas de uso semanales tanto de los tubos fluorescentes como de las ampolletas y lámparas de pie fueron declaradas por los funcionarios del CESFAM.

Referente a los **Equipos de Enfriamiento** del Centro de Salud Yobilo se determinó:

- No existen Equipos de Enfriamiento en todas las habitaciones del CESFAM.
- No existe una normativa interna que rija el funcionamiento de los Equipos de Enfriamiento.



- Si bien los Extractores de Aire instalados en los Box de atención cumplen además la función de extracción de malos olores, se han clasificado dentro de los Equipos de Ventilación para incluirlos dentro de uno de los sectores previamente definidos para el desarrollo de la Auditoría Energética.

Referente a los **Equipos Médicos** del CESFAM Yobilo, se definieron a través de la Auditoría Energética, las siguientes realidades:

- En el Centro de Salud no existe gran variedad de Equipos Médicos instalados.
- Algunos de los Equipos Médicos instalados (Negatoscopio) se ocupan de manera esporádica, por lo que se espera a priori, que el consumo energético asociado a ellos no sea muy relevante dentro de la realidad del consumo energético total del Centro de Salud.
- Algunos Equipos Médicos (Ecógrafo, Electrocardiógrafo y Equipo de Radiografías Dentales) funcionan de manera continuada durante todo el turno del policlínico (9 horas), situación provocada por el bajo número de equipos versus el gran número de pacientes.

Por otro lado, referente a las características de consumo de los **Otros Equipos y Artefactos Menores** del CESFAM Yobilo se determinó a través de la Auditoría Energética, lo siguiente:

- La mayoría de las habitaciones del Centro de Salud poseen computadores, los que funcionan de manera continuada durante todo el turno de cada sección. Sólo quedan fuera de esta generalidad las bodegas existentes en el Edificio.
- Los artefactos instalados en el Comedor del CESFAM (Hervidor, Horno Eléctrico, Horno Microondas) provocan problemas en el suministro de electricidad. Los funcionarios señalan que es común tener cortes de electricidad en el horario de almuerzo, los que afectan a todo el edificio.
- Los Televisores se mantienen encendidos durante todo el horario de funcionamiento del Centro de Salud (9, 12 o 24 horas dependiendo del sector del CESFAM en el que se encuentren instalados).



En la Tabla 27 que se presenta a continuación se muestra de manera resumida la realidad de consumo eléctrico existente dentro del CESFAM Yobilo.

**Tabla 27:** Características de Consumo eléctrico Equipos CESFAM Yobilo

Sector de Consumo	Tipo de Aparato	cantidad N°	Potencia W	horas uso semanal			consumo semanal kWh	consumo semanal kWh
				horas uso diario	días uso semanal	horas uso semanal		
Equipos de Iluminación	Tubos Fluorescentes	21	58	1	5	5	6,09	511,86
	Tubos Fluorescentes	11	58	3	5	15	9,57	
	Tubos Fluorescentes	98	58	9	5	45	255,78	
	Tubos Fluorescentes	47	58	12	5	60	163,56	
	Tubos Fluorescentes	6	58	24	7	168	58,46	
	Ampolleta Común	2	100	1	5	5	1	
	Ampolleta Común	3	100	3	5	15	4,5	
	Ampolleta Común	1	100	9	5	45	4,5	
	Ampolleta Bajo C.	1	25	24	5	120	3	
Lámpara de Pie	3	40	9	5	45	5,4	58,05	
Extractor de Aire	29	10	9	5	45	13,05		
Extractor de Aire	10	10	12	5	60	6		
Ventilador de Pie	16	50	9	5	45	36		
Equipos Médicos	Ventilador de Pie	1	50	12	5	60	3	262,98
	Ecógrafo	2	45	9	5	45	4,05	
	Electrocardiógrafo	1	30	9	5	45	1,35	
	Equipo Rx Dentales	1	1.500	9	5	45	67,50	
	Negatoscopio	14	144	1	5	5	10,08	
Otros Equipos y Artefactos Menores	Sillón Dental	6	1.000	9	5	30	180	1.616,35
	Computador	61	300	9	5	45	823,5	
	Computador	6	300	12	5	60	108	
	Computador	1	300	24	5	120	36	
	Proyector	1	498	3	5	15	7,47	
	Reproductor de DVD	1	10	9	5	45	0,45	
	Hervidor	4	1500	3	5	15	90	
	Horno Eléctrico	3	1300	3	5	15	58,5	
	Impresora	8	150	9	5	45	54	
	Impresora	3	150	12	5	60	27	
	Máquina de Agua	1	69	24	7	168	11,59	
	Microondas	4	800	3	5	15	48	
	Radio	6	80	9	5	45	21,6	
	Radio	1	80	12	5	60	4,8	
	Radio	1	80	24	7	168	13,44	
	Refrigerador	5	250	24	7	168	210	
	Televisor Plasma	1	250	3	5	15	3,75	
Televisor Plasma	1	250	9	5	45	11,25		
Televisor Plasma	3	250	12	5	60	45		
Televisor Plasma	1	250	24	7	168	42		
<b>Consumo Electricidad Semanal (Equipos: iluminación, enfriamiento, médicos y otros artefactos)</b>								<b>2449,24</b>

Elaboración Propia



**Fuente:** Auditoría Energética

Por otro lado, en la Auditoría Energética realizada se observaron los siguientes aspectos referentes a los **Equipos de Calefacción** del CESFAM Yobilo:

- En el CESFAM no se utiliza agua caliente, por lo que no existen equipos instalados asociados a esta función.
- No existe una normativa interna que regule el uso de los Equipos de Calefacción, lo que se refleja en la existencia de una diversidad de equipos instalados: Panel de Ahorro de Energía, Estufa Eléctrica, Termoventilador, Estufa Combustión Lenta y Estufa a gas.

En las Tablas 28, 29 y 30 que se presentan a continuación, se muestran de manera resumida el comportamiento de consumo de los Equipos de Calefacción existentes en el Edificio de Salud Yobilo (electricidad, leña y gas).

Las horas de funcionamiento definidas en las tablas para cada uno de los Equipos de Calefacción fueron declaradas por los funcionarios del CESFAM.

**Tabla 28:** Características Equipos de Calefacción Eléctricos CESFAM Yobilo

Tipo de Aparato	cantidad N°	fuente energética	potencia (W)	horas uso semanal			consumo semanal KWh
				Horas uso diario	días uso semanal	horas uso semanal	
Panel Ahorro Energía	26	Electricidad	500	9	5	45	585
Panel Ahorro Energía	2	Electricidad	500	12	5	60	60
Estufa Pequeña	18	Electricidad	750	5	5	25	337,5
Termoventilador	24	Electricidad	1.500	5	5	25	900
Termoventilador	1	Electricidad	1.500	10	5	50	75.000
<b>Consumo Semanal Calefacción (Electricidad KWh)</b>							<b>1.957,50</b>

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Auditoría Energética

**Tabla 29:** Características Equipos de Calefacción a Leña CESFAM Yobilo

Ítem	Artefacto	Cantidad	Fuente Energética	Consumo Semanal (astillas)	Consumo Mensual (astillas)
Equipos de Calefacción	Estufa Combustión Lenta	4	Astillas	450	1.800
<b>Consumo Mensual Astillas CESFAM Yobilo</b>					<b>1.800</b>

**Elaboración Propia**



**Fuente: Auditoría Energética**

**Tabla 30:** Características Equipos de Calefacción a Gas CESFAM Yobilo

Tipo de Aparato	Cantidad N°	Fuente Energética	Consumo semanal (aparato) Kg	Consumo Semanal CESFAM Kg
Estufa Pequeña	4	Gas	1,25	5
Estufa Mediana	5	Gas	3,75	18.75
<b>Consumo Total Equipos Calefacción Gas</b>			<b>5</b>	<b>23.75</b>

Elaboración Propia

**Fuente: Auditoría Energética**

Obtenida esta información se necesita estandarizar todos los consumos en kWh.

Comenzando por los Equipos de Calefacción consumidores de astillas se tiene: 1 kilogramo de madera al 20% de humedad (en astillas) equivale a 4 kW. (Buen uso de la leña, Ministerio de Energía, 2014).

De esta manera, Yobilo (500 gr) se tiene que se consumen 225 Kilogramos semanales por los Equipos de Calefacción. El peso promedio considerado para las astillas es el mismo del CESFAM Lagunillas porque estas son compradas año a año al mismo proveedor. (Buen uso de la Leña, Ministerio de Energía, 2014). Por consiguiente:

$$\text{Consumo Mensual kWh} = \text{Consumo Semanal Astillas (Kilos)} * 4 \text{ semanas} * 4 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo Mensual kWh} = 225 * 4 \text{ semanas} * 4 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kWh}$$

Por otra parte para los Equipos de Calefacción que utilizan gas se tiene la siguiente relación:

Cada Kilogramo de gas licuado equivale a 12,8 kWh. (Pellets la Calefacción más Económica (s.f.). Recuperado 4 de Marzo de 2015, de <http://www.biomass.cl/economia.asp>). De esta manera:



$$\text{Consumo Mensual kWh} = \text{Consumo Semanal gas} * 4 \text{ semanas} * 12,8 \text{ kWh/kilo}$$

$$\text{Consumo Mensual kWh} = 23.75 \frac{\text{kilos}}{\text{semana}} * 4 \text{ semanas} * 12,8 \frac{\text{kWh}}{\text{kilo}} = 1.216 \text{ kWh}$$

De esta manera se tiene que consumo mensual estimado del CESFAM Yobilo para el ítem Equipos de Calefacción a gas corresponde a 1.216 kWh.

Al terminar la caracterización sectorizada de los diferentes Sistemas y Equipos consumidores de energía instalados en el edificio se trabajó para obtener el Valor Total del **Consumo Energético Mensual del CESFAM Yobilo**, el que detalla en las Tablas 31 y 32 que se presentan a continuación:

**Tabla 31:** Resumen Consumo Mensual de Electricidad CESFAM Yobilo

Ítem	Fuente Energética	Consumo Semanal (kWh)	Consumo Mensual (kWh)
Equipos de Iluminación	Electricidad	511,86	2.047,44
Equipos de Calefacción	Electricidad	1.957,50	7.830,00
Equipos de Enfriamiento	Electricidad	58,05	232,2
Equipos Médicos	Electricidad	352,98	1.411,92
Otros Equipos y Artefactos	Electricidad	1.616,35	6.465,40
<b>Consumo Mensual CESFAM Lagunillas (electricidad kWh)</b>			<b>17.986,96</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética

**Tabla 32:** Resumen Consumo Energético Equipos de Calefacción CESFAM Yobilo

Ítem	Fuente Energética	Consumo Mensual kWh
Equipos de Calefacción	Electricidad	7.830,00
Equipos de Calefacción	Astillas	3.600
Equipos de Calefacción	Gas	1.216
<b>Consumo Mensual CESFAM Yobilo</b>		<b>12.646</b>

Elaboración Propia



**Fuente:** Auditoría Energética

De esta forma, de la información presentada en las Tablas 31 y 32 destaca:

- El mayor consumo eléctrico del CESFAM Yobilo viene asociado a los Equipos de Calefacción existentes, con un consumo mensual estimado de 7.830,00 kWh (43.53% del consumo total). Lo que hace inferir que los mayores esfuerzos referentes a la implementación de nuevas Alternativas Tecnológicas en este Edificio de Salud estarán asociados a estos Equipos y su funcionamiento para generar con la implementación un mayor impacto en el ahorro energético.
- A este consumo eléctrico se suman los 3600 kWh mensuales del uso de astillas y los 1.216 kWh del uso de gas licuado asociados de igual forma a la calefacción del lugar lo que sólo reafirma la necesidad de implementación de nuevas tecnologías enfocadas en el ahorro energético de este sector.

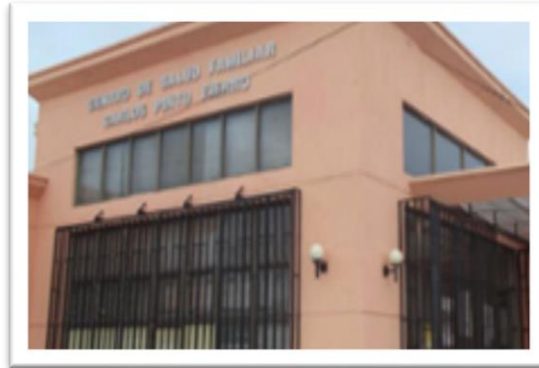
Si bien el consumo energético asociado a la calefacción del lugar tiene comportamiento estacional, se considerarán como representativos para cualquier cálculo posterior los valores de consumo energético previamente declarados, ya que estos fueron obtenidos en un mes de consumo crítico para el CESFAM (mes de alto consumo). Asegurando con esto el correcto suministro de energía en cualquier otra época del año.



#### 4.1.5 Caracterización CESFAM Carlos Pinto Fierro

EL CESFAM Carlos Pinto Fierro es el más nuevo de la comuna, por lo que se espera a priori que posea mejores características de construcción (considerando materialidad, aislantes, filtros solares, etc.) comparativamente con los dos CESFAM caracterizados anteriormente.

**Figura 19:** Vista Frontal CESFAM Carlos Pinto Fierro



**Elaboración Propia**

El CESFAM Carlos Pinto Fierro se encuentra inmerso en el sector Lagunillas de Coronel, colindando con la Avenida principal de la Comuna, específicamente en la dirección: Manuel Montt esquina Los Chiflones, Sector Cristo Redentor.

En la Tabla 33 mostrada a continuación se presenta de manera resumida la información general del CESFAM Carlos Pinto Fierro. Información entregada tanto por las autoridades de la Dirección de Salud Municipal de la Comuna como del Centro de Salud. En ella se contemplan los siguientes aspectos:

- Autoridades.
- m<sup>2</sup> construidos.
- m<sup>2</sup> disponibles para instalación de nuevas Alternativas Tecnológicas
- Horarios y días de funcionamiento.



**Tabla 33:** Antecedentes CESFAM Carlos Pinto Fierro

<b>CESFAM Carlos Pinto Fierro</b>	
Director Departamento de Salud	Neil Palma
Directora CESFAM	Lucrecia Montero
m <sup>2</sup> Construidos	1.200 m <sup>2</sup>
m <sup>2</sup> Disponibles (libre de construcción)	200 m <sup>2</sup>
días de atención policlínico	lunes a viernes
77ías de atención administrativos	lunes a viernes
horario de atención policlínico (hrs)	08:00 – 17:00
horario de atención administrativos (hrs)	08:00 – 20:00

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Dirección de Salud Municipal Coronel

De la información presentada se tiene que en el CESFAM existen 2 sectores de atención:

- Sector Policlínico
- Sector Administrativo

Cada uno de los cuales tiene diferente horario de funcionamiento.

En la Tabla 34 que se presenta a continuación, se muestra de manera sintetizada la **Composición de las Habitaciones** existentes dentro del CESFAM Carlos Pinto Fierro, considerando como habitación a: bodegas, box de atención, salas de espera y espacios comunes.

**Tabla 34:** Detalle Composición Habitaciones CESFAM Carlos Pinto Fierro

<b>Tipo de Habitación</b>	<b>N° por CESFAM</b>
Bodegas	3
Box de Atención	20
Oficinas	7
Sala de Espera	3
Salas de Atención	9
Comedor	1
Farmacia	1
Vestidores	2
Pasillos	12
Total Habitaciones	58

**Elaboración Propia**



**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura

De aquí en adelante, el análisis de los aspectos asociados tanto al tipo de construcción como al consumo energético del lugar serán realizados habitación por habitación considerando a las 58 habitaciones existentes como el 100% para efectos de análisis.

Al realizar la inspección visual del edificio se detectaron las siguientes realidades asociadas a las **Características Internas de Construcción**: el 98,2% de las habitaciones se encuentra construida con material sólido y con los correspondientes aislantes asociados. Dentro de este alto porcentaje además destaca que el 51% de las habitaciones posee sus paredes cubiertas con cerámico, medida que ha sido adoptada por las autoridades del Centro de Salud con el objetivo de facilitar la limpieza e higiene del lugar. Ver Tabla 35.

**Tabla 35:** Características de Construcción CESFAM Carlos Pinto Fierro

Tipo de Construcción	N° Habitaciones	% Habitaciones
Madera	1	1.8%
Sólida	27	47.2%
Sólida con Cerámico en las paredes	29	51.0%

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura

De esta manera por el alto porcentaje de habitaciones con aislantes instalados en las paredes (98,2%) se considera que este aspecto de la construcción se encuentra resuelto y no deben hacerse modificaciones.

Referente a las **Características del Piso** del Edificio de Salud Carlos Pinto Fierro se determinó que el 97% de las habitaciones posee piso recubierto con cerámico, esto se debe al cumplimiento de las condiciones higiénicas necesarias estipuladas por el Ministerio de Salud de Chile. Ver Tabla 36.

**Tabla 36:** Características Piso CESFAM Carlos Pinto Fierro

Tipo de Piso	N° Habitaciones	% Habitaciones
Cemento	1	1.5%
Cerámico	55	97%
Madera	1	1.5%

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura



En la Tabla 37 que se muestra a continuación se reúne la información referente a las **Características de Techo** del CESFAM Carlos Pinto Fierro, la que fue construida en base a la información obtenida en la Inspección Visual realizada al edificio:

**Tabla 37:** Características de Techo CESFAM Carlos Pinto Fierro

Tipo de Techo	N° Habitaciones	% Habitaciones
Madera	1	1.5%
Planchas de Zinc	1	1.5%
Sólido	55	97%

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura

De esta información destaca que la mayoría de las habitaciones posee techo sólido con sus correspondientes aislantes asociados (97%). Debido a que este porcentaje es mayoritario se considera que no deben hacerse modificaciones en este ámbito de la construcción del CESFAM.

Desde el punto de vista de las **Características de las Ventanas** del Centro de Salud, se definieron las siguientes realidades:

- El 100% se clasifica dentro del tipo ventanal, debido a su tamaño (sobre 4m<sup>2</sup>).
- EL 100% posee marcos de aluminio y vidrios simples.
- El 100% de los ventanales se encuentran libres, es decir, sin sellos. Situación que permite a los funcionarios manejarlas libremente dependiendo de las condiciones climáticas y sus necesidades.
- El 23,13% de las ventanas posee filtros solares instalados.

Esta información se encuentra recopilada en la Tabla 38 que se muestra a continuación:

**Tabla 38:** Características de las Ventanas CESFAM Carlos Pinto Fierro

**Elaboración Propia**



Referente a las **Características de las Puertas** del CESFAM Carlos Pinto Fierro destaca la existencia de 59 puertas interiores fabricadas, en su totalidad, en fibra de madera de alta densidad sin aislantes intermedios. Por otro lado, existen 6 puertas externas fabricadas totalmente en vidrio y empotradas en marcos de aluminio que carecen de cierres automáticos instalados por lo que su cierre depende solo del criterio de los funcionarios o pacientes, lo que en ocasiones provoca problemas de calefacción (en general los usuarios las mantienen abiertas). Ver Tabla 39.

**Tabla 39:** Características de las Puertas del CESFAM Carlos Pinto Fierro

Tipo Puerta	Material	Cierre Automático	N° Puertas CESFAM	% CESFAM
Interna	Madera alta densidad	NO	59	91%
Externa	Vidrio	NO	6	8%

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura

Desde el punto de vista de las **Características Externas** del Edificio de Salud se definió que el CESFAM Carlos Pinto Fierro se encuentra inmerso en una zona urbana, emplazado en el sector Camilo Olavarría de la Comuna de Coronel. Al observar la cara frontal del Edificio se observa uniformidad en la construcción, con materiales sólidos y existencia de aislantes tanto en paredes como en techos, además se advierte la presencia de ventanales que permiten el ingreso de la luz natural durante todo el día. De manera diferente al observar la cara posterior del edificio se distingue construcción de madera que no posee ningún tipo de aislantes. Adicionalmente se evidenció en terreno disponibilidad de espacio (200 m<sup>2</sup>), tanto en techos como en el patio del lugar, para la instalación de nuevas Alternativas Tecnológicas.

Luego de terminada la Inspección Visual de la Infraestructura del CESFAM Carlos Pinto Fierro y basándose en el Diagrama de Flujo: Selección de Alternativas Tecnológicas Convencionales Factibles diseñado en el Metodología del Objetivo Específico 2 se tomaron las siguientes decisiones para este Centro de Salud (construido después de 1994). Ver Tabla 40.



**Tabla 40:** Alternativas Tecnológicas Convencionales CESFAM Carlos Pinto Fierro

<b>Alternativas Tecnológicas Convencionales</b>	<b>Situación Actual</b>	<b>Implementación de Nuevas Alternativas Tecnológicas Convencionales</b>
Filtros Solares Ventanas	El 76,86% de las ventanas no posee filtros solares instalados.	<b>SI</b> , la instalación de filtros solares en la totalidad de las ventanas del CESFAM traería consigo asociado un ahorro de hasta el 72% en la energía consumida para enfriar el Centro de Salud y de hasta un 20% en la energía consumida para calentar en edificio.
Sellos Ventanas	El 83% de las ventanas se encuentran selladas.	<b>NO</b> , no se recomienda quitar los sellos de las ventanas del CESFAM para permitir el manejo de las mismas por los usuarios produciendo con ello un ahorro energético asociado al enfriamiento del lugar, ya que estas se encuentran selladas como medida de seguridad (evitar robos).
Cierre Automático Puertas Exteriores	El 100% de las puertas exteriores no poseen cierres automáticos.	<b>SI</b> , instalación de cierres automáticos en las puertas exteriores permitiría mantenerlas cerradas el mayor disminuyendo así los costos de calefacción del Edificio.
Cambio del Tipo de Ampolletas	El uso de ampolletas en el CESFAM es mínimo.	<b>No</b> , el ahorro energético producido por este cambio sería mínimo.

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura



#### 4.1.6 Auditoría Energética CESFAM Carlos Pinto Fierro

A continuación se presenta la información obtenida en la Auditoría Energética Preliminar realizada al Edificio de Salud Carlos Pinto Fierro.

De manera general se tiene:

- El Centro de Salud no utiliza actualmente agua caliente por lo que no se considerará la instalación de nuevas Alternativas Tecnológicas asociadas a este uso.
- Los **Equipos de Enfriamiento, Iluminación, Médicos y Otros Artefactos** funcionan en base a electricidad.
- La calefacción del lugar se lleva a cabo a través de **Equipos de Calefacción** que funcionan en base a electricidad y gas.
- Actualmente en el CESFAM no existen instaladas Alternativas Tecnológicas no Convencionales.

En el caso de los **Equipos de Iluminación** instalados, destaca:

- La base del Sistema de Iluminación del Edificio de Salud está compuesto por tubos fluorescentes de 58 de potencia, los que se encuentran instalados en más del 90% de las habitaciones existentes.
- La existencia de ampollitas de bajo consumo es mínima, sólo 4 en todo el CESFAM. Situación que se debe, según lo declarado por los funcionarios, al robo constante de estas por parte de los pacientes beneficiarios de dicho Centro de Salud.

Desde la vereda de los **Equipos de Enfriamiento** se determinaron las siguientes realidades:

- No existen Equipos de Enfriamiento instalados en todas las habitaciones del CESFAM.



- Al contrario de lo sucedido con los Equipos de Calefacción del Centro de Salud, para los Equipos de Enfriamiento no existe Normativa Interna que regule su funcionamiento.

Para los **Equipos Médicos** instalados en el CESFAM se observaron dos realidades importantes: CESFAM:

- No existe gran variedad de Equipos Médicos Instalados.
- Algunos de los Equipos Médicos instalados (Negatoscopio y Electrocardiógrafo) en las diferentes habitaciones se ocupan de manera esporádica durante el día.

Finalmente asociado al comportamiento de los **Otros Equipos y Artefactos Menores consumidores de energía**, se tiene:

- La mayor cantidad de artefactos instalados en las diferentes habitaciones o Box corresponden a computadores, los que en su mayoría funcionan de manera continua durante todo el turno del CESFAM (9 horas).
- Los televisores existentes se mantienen encendidos durante todo el horario de funcionamiento del CESFAM.

En la Tabla 41 que se presenta a continuación se muestra de manera resumida el comportamiento de consumo de electricidad de los sectores previamente descritos (Iluminación, Enfriamiento, Médicos y Otros Equipos y Artefactos Menores):



**Tabla 41:** Comportamiento Consumo Electricidad CESFAM Carlos Pinto Fierro

Sector de Consumo	Tipo de Aparato	cantidad N°	potencia W	Horas de uso semanal			Consumo semanal kWh	Consumo semanal kWh
				horas uso diario	días uso semanal	horas uso semanal		
Equipos de Iluminación	Tubos Fluorescentes	12	58	1	5	5	3,48	494,435
	Tubos Fluorescentes	4	58	2	5	10	2,32	
	Tubos Fluorescentes	3	58	3	5	15	2,61	
	Tubos Fluorescentes	2	58	7	5	35	4,06	
	Tubos Fluorescentes	91	58	9	7	63	332,51	
	Tubos Fluorescentes	30	58	12	7	84	146,16	
	Ampolleta Ahorro Energético	3	25	1	5	5	0,375	
	Ampolleta Ahorro Energético	1	25	9	5	45	1,12	
	Lámpara de Mesa	1	40	9	5	45	1,8	
Equipos de Enfriamiento	Extractor de Aire	6	25	12	5	60	9	78,3
	Ventilador de Pie	22	70	9	5	45	69,3	
Equipos Médicos	Negatoscopio	14	32	1	5	5	2,24	1.783,64
	Vitrina Refrigerante	2	950	24	5	120	228	
	Sillón Dental	9	3000	9	5	45	1.215,00	
	Electrocardiógrafo	1	60	3	5	15	0,9	
	Máquina Rayos X	1	1500	9	5	45	67,5	
	Autoclave	2	3000	9	5	45	270	
Otros Equipos y Artefactos Menores	Computador	1	300	1	5	5	1,5	1.133,67
	Computador	1	300	2	5	10	0,31	
	Computador	1	300	3	5	15	4,5	
	Computador	1	300	7	5	35	10,5	
	Computador	53	300	9	5	45	715,5	
	Fotocopiadora	1	900	9	5	45	40,5	
	Hervidor	2	1500	1	5	5	15	
	Hervidor Industrial	1	2000	12	5	60	120	
	Horno Eléctrico	1	1300	3	5	15	19,5	
	Impresora	1	150	9	5	45	6,75	
	Máquina de Agua	1	69	24	5	120	8,28	
	Microondas	4	800	3	5	15	48	
	Proyector	2	498	1	5	5	4,98	
	Radio	2	80	9	5	45	7,2	
	Radio	3	80	12	5	60	14,4	
	Refrigerador	3	250	24	5	120	90	
	Reproductor DVD	1	10	1	5	5	0,05	
	Reproductor DVD	1	10	9	5	45	0,45	
	Televisor Plasma	1	250	9	5	45	11,25	
Televisor Plasma	1	250	12	5	60	15		
<b>Consumo Eléctrico Semanal Equipos: iluminación, enfriamiento, médico y otros artefactos menores</b>								<b>3490,05</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética



Desde otro punto de vista, en la Auditoría Energética se determinaron los aspectos relevantes asociados a los **Equipos de Calefacción** instalados en el edificio:

- En este CESFAM no se utiliza agua caliente para el funcionamiento del mismo, por lo que no existen sistemas asociados a esta función.
- Existe un Sistema de Calefacción Central que funciona basado en radiadores instalados en diferentes habitaciones del Centro de Salud y que funcionan gracias a una caldera (gas) instalada en el patio del edificio.
- El Sistema de Calefacción Central es complementado con otros Equipos de Calefacción existentes en el CESFAM: termoventiladores, estufas eléctricas, etc.
- En el Centro de Salud Carlos Pinto Fierro existe una Normativa Interna que regula el uso de los Equipos de Calefacción que en el pueden funcionar (sólo se permite un Equipo de Calefacción por habitación), definiendo además los máximos de recursos disponibles a utilizar para este ítem. (Anexo 2: Normativa Interna Equipos de calefacción CESFAM Carlos Pinto Fierro).

En las Tablas 42 y 43 que se muestran a continuación se muestra el comportamiento de consumo de los diferentes Equipos de Calefacción utilizados en el CESFAM:

**Tabla 42:** Características Equipos de Calefacción Eléctricos CESFAM Carlos Pinto Fierro

Tipo de Aparato	cantidad N°	fuente energética	potencia W	Horas de uso semanal			consumo semanal kWh
				horas uso diario	días uso semanal	horas uso semanal	
Panel Ahorro Energía	1	Electricidad	500	3	5	15	7,5
Panel Ahorro Energía	8	Electricidad	500	9	5	45	180
Panel Ahorro Energía	4	Electricidad	500	12	5	60	120
Estufa Pequeña	4	Electricidad	750	9	5	45	135
Estufa Pequeña	1	Electricidad	750	12	5	60	45
Termoventilador	14	Electricidad	1.500	9	5	45	945
Termoventilador	1	Electricidad	1.500	12	5	60	90
<b>Consumo Semanal Calefacción (Electricidad kWh)</b>							<b>1.522,50</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética



Las horas de funcionamiento declaradas en la Tabla 42 para cada Equipo de Calefacción corresponden a las máximas permitidas por la Normativa Interna del Centro de Salud, ya que los funcionarios declaran que utilizan a diario el máximo permitido.

**Tabla 43:** Características Equipos de Calefacción a Gas CESFAM Carlos Pinto Fierro

Tipo de Aparato	Cantidad N°	fuente energética	consumo litros hora	Horas de uso semanal			consumo semanal litros
				horas uso diario	días uso semanal	horas uso semanal	
Radiador	2	Gas	0,685	3	5	15	21
Radiador	35	Gas	0,685	4	5	20	480
<b>Consumo Semanal Calefacción (Gas)</b>							<b>500</b>

Elaboración Propia

Fuente: Auditoría Energética

Dentro de la Normativa Interna que rige el funcionamiento de los Equipos de Calefacción del CESFAM Carlos Pinto Fierro se encuentra estipulado como consumo máximo mensual 2.000 litros de gas, sin posibilidad alguna de reposición anticipada ante un posible agotamiento del mismo. Debido a esta realidad es que se encuentran definidas las horas diarias de funcionamiento permitidas para los radiadores existentes (declaradas en la Tabla 44), las cuales fueron calculadas por las autoridades del Centro de Salud con el objetivo de lograr una temperatura de 20°C, el mayor tiempo posible, dentro de las habitaciones en las que se encuentran instalados evitando además quedarse sin suministro en todo el mes.

Finalmente con el objetivo de estandarizar los consumos energéticos del CESFAM se debe trabajar con los 500 litros de gas consumidos semanalmente. Se sabe que 1,92 litros de gas licuado corresponden a 1 kilogramo del mismo combustible y que a su vez 1 kilogramo de gas licuado corresponde a 12,8 kWh, por lo que en este caso se tiene un consumo semanal de 260,41 kilogramos de gas (Pellets la Calefacción más Económica (s.f.). Recuperado 4 de Marzo de 2015, de <http://www.biomass.cl/economia.asp>).

$$\text{Consumo Mensual kWh} = \frac{\text{kilogramo gas}}{\text{semana}} * 4 \text{ semanas} * 12,8 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo Mensual kWh} = \frac{260,41}{\text{semana}} * 4 \text{ semanas} * 12,8 \text{ kWh} = 13.332,992 \text{ kWh}$$



De esta forma y para terminar la caracterización sectorizada de los diferentes Sistemas y Equipos consumidores de Energía instalados en el CESFAM Carlos Pinto Fierro se trabajó para obtener el Valor Total del **Consumo Energético Mensual**, el que detalla en las Tablas 44 y 45 presentadas a continuación:

**Tabla 44:** Resumen Consumo Mensual de electricidad CESFAM Carlos Pinto Fierro

Ítem	Fuente Energética	Consumo Mensual (kWh)
Equipos de Iluminación	Electricidad	1.977,76
Equipos de Calefacción	Electricidad	6.090,00
Equipos de Enfriamiento	Electricidad	313,2
Equipos Médicos	Electricidad	7.134,56
Otros Equipos y Artefactos	Electricidad	4.534,68

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Auditoría Energética

**Tabla 45:** Resumen Consumo Mensual de Gas CESFAM Carlos Pinto Fierro

Resumen Consumo de Gas CESFAM Carlos Pinto Fierro			
Ítem	Fuente Energética	Consumo Mensual Litros	Consumo Mensual kWh
Sistema de Calefacción	Gas	2.000	13.332,992
<b>Consumo Mes Gas</b>			<b>13.332,992</b>

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Auditoría Energética

De esta información se tiene:

- Dentro del Consumo eléctrico mensual del CESFAM Carlos Pinto Fierro destaca que el mayor de ellos está asociado al funcionamiento de los Equipos Médicos (35,58%), los que se hacen imprescindibles para la correcta entrega del servicio que da el Centro de Salud por lo que no se puede disminuir o suspender su uso.

## 4.2 Caracterización Climática y de Emplazamiento de la comuna de Coronel

Coronel es una comuna de la Provincia de Concepción que limita al norte con las comunas de San Pedro de la Paz, Chiguayante y Hualqui y al sur con la comuna de Lota y Santa Juana. La superficie urbana de la comuna es de 99 Km<sup>2</sup> dentro de la cual se encuentran ubicados los 3 CESFAM estudiados para el proyecto. (Municipalidad de Coronel, 2014)

Desde el punto de vista del clima de la comuna este es clasificado como Clima Mediterráneo de Costa, caracterizado por variaciones de temperaturas moderadas durante el año, considerando una variación de temperatura promedio en verano de 15°C y una variación de temperatura promedio en invierno de 10°C. (Boletín Climatológico Universidad de Chile 2012, 2013).

A continuación, en la Figura 20 se muestran los datos arrojados por la herramienta de Software RETScreen Plus para la comuna de Coronel. Datos correspondientes a las mediciones del año 2013 para los parámetros: temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica, velocidad del viento, etc. Algunos de los cuales serán utilizados (radiación solar y velocidad del viento) en el siguiente capítulo del proyecto para la evaluación de la posible instalación de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales en cada uno de los CESFAM.

**Figura 20:** Parámetros Climáticos Comuna de Coronel año 2013

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa diaria - horizontal	Radiación solar	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento 18 °C	Días-grado de enfriamiento 10 °C
	°C		kWh/m <sup>2</sup> /d		m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	15,4	72,2%	8,00	99,6	5,2	16,9	81	167
Febrero	15,9	71,1%	6,93	99,6	5,1	17,0	60	164
Marzo	15,1	73,4%	5,36	99,6	4,7	16,4	91	157
Abril	13,3	75,1%	3,66	99,7	4,7	14,7	141	99
Mayo	12,2	76,2%	2,37	99,6	5,2	13,1	179	69
Junio	11,2	77,8%	1,88	99,7	5,0	12,0	205	35
Julio	10,4	76,6%	2,17	99,8	5,2	11,4	237	11
Agosto	10,2	77,0%	3,05	99,8	4,9	11,3	241	7
Setiembre	10,4	76,9%	4,52	99,9	4,9	11,7	229	11
Octubre	11,2	76,1%	5,87	99,8	4,9	12,8	210	38
Noviembre	12,4	74,7%	7,14	99,7	4,9	14,2	169	71
Diciembre	14,1	73,6%	7,96	99,7	5,0	15,8	122	127
<b>Anual</b>	<b>12,6</b>	<b>75,1%</b>	<b>4,90</b>	<b>99,7</b>	<b>5,0</b>	<b>13,9</b>	<b>1.963</b>	<b>957</b>
<b>Fuente</b>	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a				m	10	0		

Fuente: RETScreen Plus



De los valores entregados por RETScreen Plus se tiene:

- El valor promedio anual (año 2013) de la radiación solar diaria es de 4,90 kWh/m<sup>2</sup>/d.
- El valor promedio anual (año 2013) de la velocidad del viento es de 5,0 m/s.
- Los meses críticos de radiación solar diaria promedio corresponden a Mayo (2,37 kWh/m<sup>2</sup>/d), Junio (1,88 kWh/m<sup>2</sup>/d) y Julio (2,17 kWh/m<sup>2</sup>/d).
- Los meses críticos de velocidad del viento promedio corresponden a Marzo y Abril (4,7 m/s) y Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre (4,9 m/s).

En ambos casos, tanto para los niveles de radiación solar como para los niveles de velocidad del viento se trabajará con los valores correspondientes a los meses críticos previamente declarados. Con el objetivo de asegurar, a través de esta medida, el correcto funcionamiento de cualquier Alternativa Tecnológica no Convencional que se instale durante todo el año.



## **Capítulo 5: Selección de Alternativas Tecnológicas Factibles**

A continuación se presentan de manera detallada las diferentes Alternativas Tecnológicas propuestas a instalar en cada uno de los Centros de Salud. Las que surgen como repuesta a la necesidad clara de generar un aumento en la eficiencia energética de cada edificio a través de una disminución en los consumos energéticos actuales.

Estas se detallan de manera independiente para cada CESFAM, haciendo la distinción entre las Alternativas Tecnológicas Convencionales (propias de las características de materialidad y construcción de cada edificio) y las Alternativas Tecnológicas no Convencionales (asociadas al uso de Energías Renovables).

### **5.1 Selección Alternativas Tecnológicas Convencionales (ATC) CESFAM de Coronel**

A continuación, en la Tabla 46, se presenta de manera resumida la pre-selección de Alternativas Tecnológicas Convencionales factibles a instalar en cada CESFAM presentadas previamente en el capítulo anterior:

**Tabla 46:** Resumen pre-selección de Alternativas Tecnológicas Convencionales CESFAM de Coronel

<b>Alternativa Tecnológica Convencional</b>	<b>CESFAM Lagunillas</b>	<b>CESFAM Yobilo</b>	<b>CESFAM Carlos Pinto Fierro</b>
Materiales Aislantes en Paredes	NO	NO	No aplica
Cambio de Techumbre	NO	NO	No aplica
Instalación de vidrios dobles	SI	SI	SI
Instalación de Filtros Solares Ventanas	SI	SI	SI
Quitar Sellos Ventanas	SI	NO	NO
Cierre Automático Puertas Interiores	NO	NO	NO
Cierre Automático Puertas Exteriores	SI	SI	SI
Cambio del Tipo de Ampolletas	NO	NO	NO

**Elaboración Propia**

**Fuente:** Inspección Visual Infraestructura

Como se tiene por objetivo determinar el ahorro energético que la instalación de cada una de ellas representaría para cada Centro de Salud, sólo serán consideradas como factibles de instalación aquellas Alternativas Tecnológicas Convencionales cuyo ahorro energético sea cuantificable, de esta forma se tiene la selección presentada en la Tabla 47:



**Tabla 47:** Selección de ATC CESFAM Coronel

<b>Alternativa Tecnológica Convencional</b>	<b>CESFAM Lagunillas</b>	<b>CESFAM Yobilo</b>	<b>CESFAM Carlos Pinto F.</b>
Instalación vidrios dobles ventanas	SI	SI	SI
Instalación filtros solares ventanas	SI	SI	SI

Elaboración Propia

Fuente: Inspección Visual Infraestructura

De esta manera, de la información presentada en la Tabla 48 se observa que para los tres Centros de Salud se recomienda:

- La instalación de vidrios dobles en las ventanas existentes.
- La instalación de filtros solares en las ventanas.

Cabe señalar que ambas Alternativas serán evaluadas desde el punto de vista del ahorro energético que representan y económicamente.

### **5.1.1 Filtros Solares**

La implementación de filtros solares se recomienda para los 3 Centros de Salud: Lagunillas, Yobilo y Carlos Pinto Fierro. Esta medida tiene por objetivo generar ahorro energético tanto en el sector de los Equipos de Enfriamiento como en el sector de los Equipos de Calefacción de cada Centro de Salud.

#### Consideraciones Generales:

- ✓ Se evaluó el ahorro energético producido por la instalación de un filtro solar estándar.
- ✓ Las ventanas se consideran de un tamaño único (4m<sup>2</sup>) por lo que aportan de igual manera al ahorro energético.
- ✓ Los cálculos se realizan en base al consumo energético estimado en la Auditoría Energética realizada a cada CESFAM.
- ✓ Las características y propiedades consideradas para el filtro solar corresponden a las declaradas por el fabricante y distribuidor del producto (Distribuidor: 3M Láminas).



Para el cálculo del ahorro energético asociado a la implementación de esta Alternativa Tecnológica Convencional se considerarán las siguientes relaciones:

$$\text{Ahorro Energético Equipos Enfriamiento} = \% \text{ ventanas} * \epsilon * \text{Consumo actual Equipos Enfriamiento (kWh)}$$

$$\text{Ahorro Energético Equipos Calefacción} = \% \text{ ventanas} * \epsilon * \text{Consumo actual Equipos Calefacción(kWh)}$$

Donde:

$\epsilon$  = % reducción ingreso del calor filtro solar estándar (declarado por el fabricante)

$\epsilon$  = % reducción pérdida del calor filtro solar estándar (declarado por el fabricante)

En las Tabla 48 y 49 que se muestran a continuación, se presentan los valores correspondientes al ahorro energético producido en cada CESFAM si la instalación de los filtros solares en las ventanas se llevara a cabo:

**Tabla 48:** Ahorro Energético Instalación Filtros Solares CESFAM Coronel

CESFAM	% Ventanas	% Reducción ingreso de calor $\epsilon$	Consumo Actual Equipos Enfriamiento kWh	Ahorro Mensual Equipos Enfriamiento kWh	% Reducción pérdida de calor $\epsilon$	Consumo Actual Equipos de Calefacción kWh	Ahorro Mensual Equipos Calefacción kWh
Lagunillas	100%	72%	315,80	227,37	10%	17.925,00	1.792,50
Yobilo	100%	72%	232,20	167,18	10%	12.646,00	1.264,60
Carlos Pinto Fierro	77%	72%	313,20	173,63	10%	19.423,33	1.495,60

Elaboración Propia

Fuente: [www.3mlaminas.cl](http://www.3mlaminas.cl)

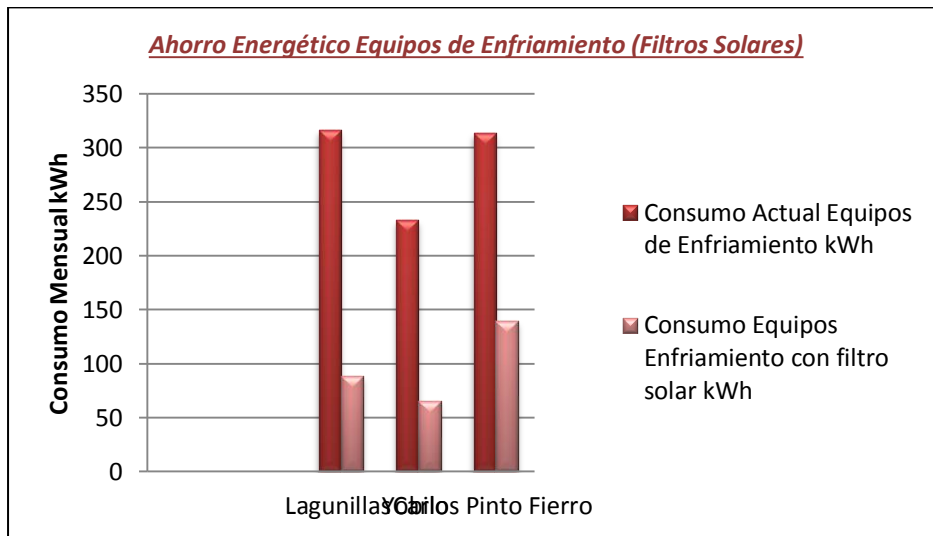
**Tabla 49:** Consumo Energético Instalación Filtros Solares CESFAM Coronel

CESFAM	Consumo Actual Equipos de Enfriamiento kWh	Consumo Equipos Enfriamiento con filtro solar kWh	Consumo Actual Equipos de Calefacción kWh	Consumo Equipos Calefacción con filtro solar kWh
Lagunillas	315,8	88,424	17925	16132,5
Yobilo	232,2	65,016	12646	11381,4
Carlos Pinto Fierro	313,2	139,56192	19423,33	17927,73

Elaboración Propia

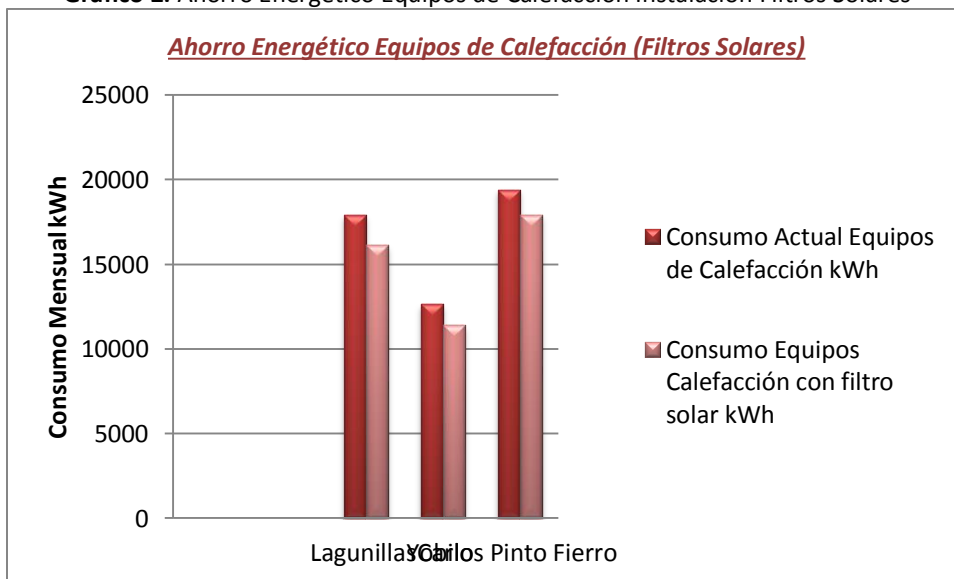
Además y de manera complementaria en los gráficos 1 y 2 que se presentan a continuación se muestra de manera clara la disminución que se produciría en el consumo energético mensual (kWh) de los Equipos de Enfriamiento y Calefacción si se instalaran filtros solares en las ventanas de cada uno de los CESFAM, que en estos momentos no poseen:

**Gráfico 1:** Ahorro Energético Equipos de Enfriamiento Instalación de Filtros Solares



Elaboración Propia

**Gráfico 2:** Ahorro Energético Equipos de Calefacción Instalación Filtros Solares





Elaboración Propia

Al observar ambos gráficos se puede apreciar que la instalación de filtros solares en las ventanas de cada Edificio de Salud sería conveniente ya que provocaría un ahorro energético mensual en cada uno de los casos, el que se ve reflejado en dos de los sectores de consumo: Enfriamiento y Calefacción.

En la Tabla 50 se muestra la variación que se produciría en el consumo energético total de cada Centro de Salud al instalar los filtros solares recomendados:

**Tabla 50:** Ahorro Energético Total CESFAM Instalación de Filtros Solares

CESFAM	Consumo Energético Actual kWh	Consumo Energético Filtros S. kWh	% Ahorro Energético
Lagunillas	30.676,60	28.656,72	6,58%
Yobilo	22.802,96	21.371,18	6,28%
Carlos Pinto Fierro	23.383,19	21.713,962	7,14%

Elaboración Propia

De acuerdo a esta información, se observa que desde el punto de vista técnico se recomienda la implementación de esta Alternativa Convencional ya que provocaría el efecto esperado. Generando un ahorro mínimo estimado del 6% en el consumo energético de cada CESFAM, ahorro que trae asociado el correspondiente aumento de la Eficiencia Energética del lugar y la disminución de los costos asociados.

### 5.1.2 Vidrios Dobles (termopaneles)

La instalación de vidrios dobles en las ventanas de los Edificios de Salud se recomienda para los tres Centros de Salud: Lagunillas, Yobilo y Carlos Pinto, con el objetivo de generar ahorros en el consumo energético de los Equipos de Calefacción.

#### Consideraciones Generales:

- ✓ Se evaluó el ahorro energético producido por la instalación de un vidrio doble estándar.
- ✓ Las ventanas se consideran de un tamaño único (4m<sup>2</sup>) por lo que aportan de igual manera al ahorro energético.
- ✓ Los cálculos se realizan en base al consumo energético estimado en la Auditoría Energética realizada a cada CESFAM.



- ✓ Las características y propiedades consideradas para el filtro vidrio doble corresponden a las declaradas por el fabricante y distribuidor del producto (Distribuidor: Masvidrio).

Para el cálculo del ahorro energético asociado a la implementación de esta Alternativa Tecnológica Convencional se considerarán las siguientes relaciones:

$$\text{Ahorro Energético}_{\text{Equipos de Calefacción}} = \% \text{ ventanas} * \epsilon * \text{Consumo actual Equipos de Calefacción kWh}$$

Donde:

$\epsilon = \% \text{ Reducción pérdida de calor vidrio doble estándar (declarado por el fabricante)}$

En la Tabla 51 se muestra el ahorro energético (kWh) que se produciría en cada CESFAM si fuera implementada esta Alternativa Tecnológica:

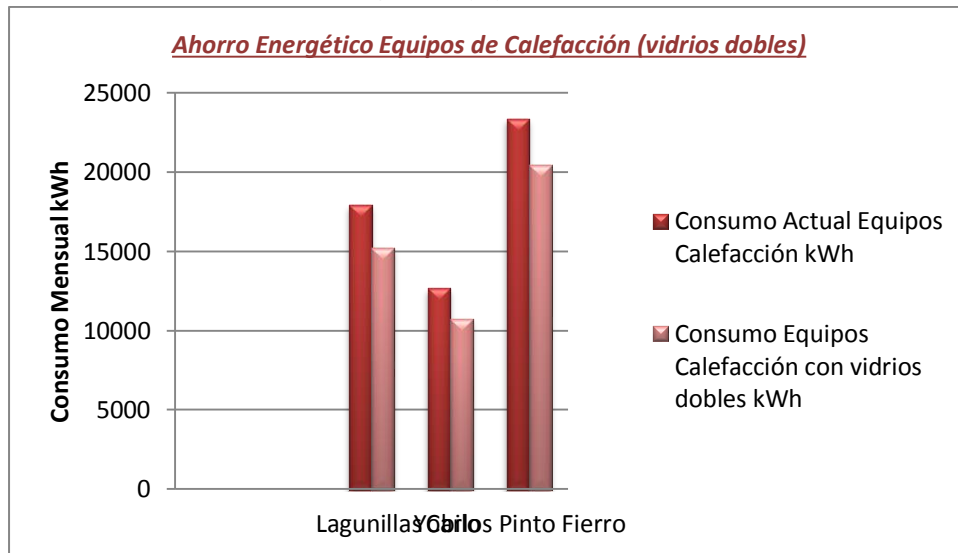
**Tabla 51:** Ahorro Energético Instalación Vidrios Dobles CESFAM de Coronel

CESFAM	% Ventanas	% Reducción Pérdida de calor	Consumo actual Calefacción kWh	Ahorro mensual Calefacción kWh	Consumo Calefacción con vidrios dobles kWh	% Ahorro Energético mensual
Lagunillas	100%	15%	17.925,00	2.688,75	15.236,25	8,76%
Yobilo	100%	15%	12.646,00	1.896,90	10.749,10	8,31%
Carlos Pinto Fierro	100%	15%	23.383,19	2.913,50	20.469,69	12,45%

Elaboración propia  
www.masvidrios.cl

De manera complementaria a la información entregada en la Tablas 61 el Gráfico 3, en el que se muestra el ahorro energético que se produciría en el área de los Equipos de Calefacción al implementar esta Alternativa Tecnológica Convencional.

**Gráfico 3:** Ahorro Energético Equipos de calefacción vidrios dobles



Elaboración Propia

De esta forma desde el punto de vista técnico se recomienda la implementación de esta Alternativa Convencional ya que provocaría el objetivo deseado, generando un ahorro mínimo estimado del 8% en el consumo energético de cada CESFAM, ahorro que trae asociado el correspondiente aumento de la Eficiencia Energética del lugar y la disminución de los costos asociados.

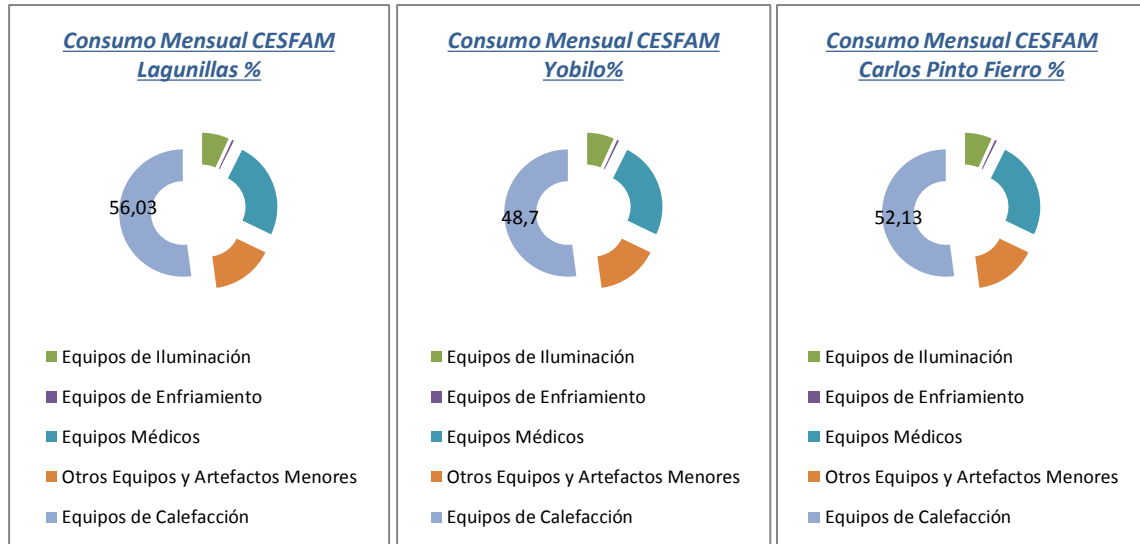
Por lo tanto, luego de evaluadas ambas Alternativas Tecnológicas (instalación de filtros solares en ventanas y cambios de vidrios simples por vidrios dobles), se recomienda la instalación de estas en cada uno de los Centros de Salud.

En la Tabla 52 que se presenta a continuación se muestra la realidad de consumo energético que existiría en cada CESFAM si estas alternativas fueran implementadas.

**Tabla 52:** Consumo Energético Instalación ATC CESFAM Coronel

Elaboración Propia

**Figura 21:** Porcentajes de Consumo Energético Instalación ATC CESFAM



Elaboración Propia

En la Figura 21 presentada, se muestra de manera gráfica la distribución de los consumos energéticos que se presentaría en cada uno de los CESFAM si las dos Alternativas Tecnológicas Convencionales fueran instaladas, como se puede apreciar a pesar de la implementación de las nuevas tecnologías el consumo en calefacción sigue siendo muy importante para cada edificio, superando el 48% en cada caso.

Debido a esta realidad es que se evaluará la factibilidad de instalar otra Alternativa Tecnológica adicional que permita aumentar los ahorros energéticos asociados a la calefacción de los edificios.



### 5.1.3 Evaluación Instalación Caldera

En este caso, la Alternativa Tecnológica propuesta consiste en la instalación de una caldera con funcionamiento a gas o petróleo para cada edificio que permita implementar un sistema de calefacción central que consuma menos energía que los actuales existentes.

Para lograr esto, se realizará una evaluación independiente de los requerimientos energéticos de cada CESFAM, los que definirán la potencia mínima necesaria de la caldera a instalar en cada caso. Esta evaluación será llevada a cabo a través del uso de calculadoras especializadas en este ámbito disponibles en la web de forma gratuita ([www.bestheating.com](http://www.bestheating.com) y [www.plumbnation.co.uk](http://www.plumbnation.co.uk)). El valor entregado por estas calculadoras corresponde al valor energético real requerido por cada edificio considerando las pérdidas de calor asociadas a los mismos.

Para comenzar la evaluación se debe tener claro la distribución de las habitaciones existentes en cada CESFAM y su materialidad, de esta forma y como se especificó en el Capítulo 4 “Antecedentes de los Centros de Salud” cada uno de los CESFAM tiene la siguiente composición de habitaciones:

- Bodegas
- Box de Atención
- Salas de Atención
- Vestidores
- Comedor
- Salas de Atención
- Salas de Espera
- Pasillo

Las que serán agrupadas para evaluar los requerimientos necesarios de la caldera, de acuerdo a sus características estructurales.



Como esta Alternativa nace de la necesidad de aumentar los ahorros energéticos en el área de calefacción de cada Centro de Salud y por consiguiente conseguir ahorros monetarios, es que se considerará como factible de instalar si representa ahorros

energéticos y económicos en cada Centro de Salud, estableciendo esto como criterio de decisión para recomendar la instalación.

### a) CESFAM Lagunillas

#### Consideraciones:

- Los valores entregados consideran una temperatura de confort de 20°C.
- Los pasillos, vestidores, comedores y bodegas de cada edificio se excluyen de la evaluación porque no se calefaccionan actualmente.
- Los box de atención, las oficinas y la farmacia serán considerados como iguales para efectos de la evaluación ya que poseen características estructurales muy similares y serán denominados **habitación tipo 1**.
- Las salas de espera serán denominadas **habitación tipo 2**.

De esta forma se obtienen los siguientes valores. Ver Tabla 53 y 54.

**Tabla 53:** Detalle Requerimientos Caldera Habitaciones CESFAM Lagunillas

Tipo de Habitación	Cantidad	altura (metros)	ancho (metros)	largo (metros)	Cantidad paredes exterior	Cantidad Ventanas	Watts Requeridos habitación	Watts Requeridos Total	BTU Requeridos habitación	BTU Requeridos Total
habitación tipo 1	34	3	3	3	1	1	1.018	34.612	3.475	118.150
habitación tipo 1	20	3	3	3	2	2	1.790	35.800	6.108	122.160
habitación tipo 2	3	3	10	8	2	6	7.061	21.183	24.095	72.285
habitación tipo 2	2	3	12	12	3	6	12.999	25.998	44.355	88.710

Elaboración Propia

Fuente: [www.bestheating.com/btu-calculator](http://www.bestheating.com/btu-calculator)

**Tabla 54:** Requerimiento Caldera CESFAM Lagunillas

Tipo de Habitación	Watts Requeridos CESFAM	BTU Requeridos CESFAM
habitación tipo 1	34.612	118.150
habitación tipo 1	35.800	122.160
habitación tipo 2	21.183	72.285
habitación tipo 2	25.998	88.710



Requerimientos CESFAM	117.593	401.305
-----------------------	---------	---------

Elaboración Propia

A partir de esta información se tiene que para satisfacer la necesidad de calefacción del CESFAM Lagunillas se necesita una caldera de una potencia calorífica mínima de 117,593 kWh.

## b) CESFAM Yobilo

### Consideraciones:

- Los valores entregados consideran una temperatura de confort de 20°C.
- Los pasillos, vestidores, comedores y bodegas de cada edificio se excluyen de la evaluación porque no se calefaccionan actualmente.
- Los box de atención, las oficinas y la farmacia serán considerados como iguales para efectos de la evaluación ya que poseen características estructurales muy similares y serán denominados **habitación tipo 1**.
- Las salas de atención y farmacia serán denominadas **habitación tipo 2**.
- Las salas de espera serán denominadas **habitación tipo 3**.

De esta forma se tienen los siguientes valores para el CESFAM Yobilo. Ver Tabla 55 y 56.

**Tabla 55:** Detalle Requerimientos Caldera Habitaciones CESFAM Yobilo

Tipo de Habitación	Cantidad	altura metros	ancho metros	largo metros	Cantidad paredes al exterior	Cantidad Ventanas	Watts Requeridos habitación	Watts Requeridos Total	BTU Requeridos habitación	BTU Requeridos Total
habitación tipo 1	40	3	2	3	1	1	708	28.320	2.416	96.640
habitación tipo 1	10	3	2	3	2	1	1.361	13.610	4.643	46.430
habitación tipo 2	15	3	5	3	1	1	1.639	24.585	5.593	83.895
habitación tipo 2	5	3	5	3	2	2	2.473	12.365	8.441	42.205
habitación tipo 3	4	3	8	4	3	6	5.656	22.624	19.300	77.200

Elaboración Propia

Fuente: <http://www.bestheating.com/btu-calculator>



**Tabla 56:** Requerimiento Caldera CESFAM Yobilo

Tipo de Habitación	Watts Requeridos Total	BTU Requeridos Total
habitación tipo 1	28.320	96.640
habitación tipo 1	13.610	46.430
habitación tipo 2	24.585	83.895
habitación tipo 2	12.365	42.205
habitación tipo 3	22.624	77.200
<b>Requerimientos CESFAM</b>	<b>101.504</b>	<b>346.370</b>

Elaboración Propia

A partir de esta información se tiene que para satisfacer la necesidad de calefacción del CESFAM Yobilo se necesita una caldera de una potencia calorífica mínima de 101,504 kWh.

### c) CESFAM Carlos Pinto Fierro

#### Consideraciones:

- Los valores entregados consideran una temperatura de confort de 20°C.
- Los pasillos, vestidores, comedores y bodegas de cada edificio se excluyen de la evaluación porque no se calefaccionan actualmente.
- Los box de atención y las oficinas serán considerados como iguales para efectos de la evaluación ya que poseen características estructurales muy similares y se denominarán **habitación tipo 1**.
- Las salas de atención y la farmacia serán agrupadas y denominadas **habitación tipo 2**.
- Las salas de espera se denominarán **habitación tipo 3**.

Dejando esto definido, se obtienen los siguientes valores para este Centro de Salud. Ver Tabla 57 y 58.



**Tabla 57:** Detalle Requerimientos Caldera Habitaciones CESFAM Carlos Pinto Fierro

Tipo de habitación	Cantidad	altura metros	ancho metros	largo metros	Cantidad paredes exterior	Cantidad Ventanas	Watts Requeridos habitación	Watts Requeridos total	BTU Requeridos habitación	BTU Requeridos total
Habitación tipo 1	23	3,5	2	2,5	1	1	632	14.536	2.157	49.611
Habitación tipo 1	4	3,5	2	2,5	2	2	1.154	4.616	3.940	15.760
Habitación tipo 2	8	3,5	4	3	1	1	1.328	10.624	4.534	36.272
Habitación tipo 2	2	3,5	4	3	2	2	2.132	4.264	7.274	14.548
Habitación tipo 3	2	3,5	6	8	3	6	6.256	12.512	21.345	42.690
habitación tipo 3	1	3,5	5	7	1	6	3.219	3.219	10.986	10.986

Elaboración Propia

Fuente: <http://www.bestheating.com/btu-calculator>

**Tabla 58:** Requerimiento Caldera CESFAM Yobilo

Tipo de habitación	Watts Requeridos Total	BTU Requeridos Total
Habitación tipo 1	14.536	49.611
Habitación tipo 1	4.616	15.760
Habitación tipo 2	10.624	36.272
Habitación tipo 2	4.264	14.548
Habitación tipo 3	12.512	42.690
habitación tipo 3	3.219	10.986
<b>Requerimientos CESFAM</b>	<b>49.771</b>	<b>169.867</b>

Elaboración Propia

Fuente: <http://www.bestheating.com/btu-calculator>

De la información entregada se tiene que para satisfacer la necesidad de calefacción del CESFAM Carlos Pinto Fierro se necesita una caldera de una potencia calorífica mínima de 49,77 kW.



De esta manera, ya se tienen definidos los requerimientos energéticos asociados a la calefacción de cada Centro de Salud y se deben buscar las calderas que respondan a esta necesidad.

De las calderas disponibles actualmente en el mercado se seleccionó, para el CESFAM Lagunillas y para el CESFAM Yobilo la caldera modelo *Mix-Ap Modelo 150* con una potencia calorífica útil de 118 kW y una eficiencia del 92% y para el CESFAM Carlos Pinto Fierro la caldera *Mix-Ap Modelo 75* con una potencia calorífica útil de 87 kW y una eficiencia del 92%.

Estas calderas fueron seleccionadas por pertenecer a la línea “Supereconomic-V” caracterizada tanto por sus bajos precios de venta como por los bajos costos asociados a sus funcionamientos.

En ambos casos, el modelo de caldera elegido puede funcionar en base a petróleo o gas licuado y los consumos por hora vienen estipulados por el fabricante y distribuidor (. Para seleccionar el combustible se utilizará el criterio del menor costo diario en cada caso, considerando un funcionamiento de 9 horas correspondiente a la totalidad de horas que componen el turno de cada CESFAM.

Fueron seleccionadas 9 horas de funcionamiento, considerando esta realidad como la de mayor consumo posible para cada Centro de Salud, asegurando así que cualquier otra realidad generará menores costos diarios de funcionamiento.

Además para los cálculos se consideraron 20 días de funcionamiento mensual debido a que cada uno de los Centros de Salud funciona de Lunes a Viernes.

En la Tabla 59 que se muestra a continuación se muestran los valores obtenidos:

**Tabla 59:** Costos mensuales funcionamiento caldera.

Modelo Caldera	Consumo gas licuado/hora (litros)	precio gas licuado/litro \$	Costo diario gas licuado \$	Costo mensual gas licuado \$	Consumo petróleo/hora (litros)	precio petróleo/litro \$	Costo diario petróleo	Costo Mensual petróleo \$
Modelo 150	18	\$ 714	\$ 156.668	\$ 3.133.360	13	\$ 443	\$51.831	\$ 1.036.620
Modelo 75	10	\$714	\$7.140	\$ 5.097.960	10	\$ 443	\$44.300	\$ 886.000

Elaboración Propia

Fuente: [www.enap.cl](http://www.enap.cl)/[www.cge.cl](http://www.cge.cl)

En ambos casos se puede apreciar que el menor costo diario de funcionamiento se asocia al uso de petróleo, por lo que se recomienda para los tres Centros de Salud este tipo de combustible.



En la Tabla 60 se muestra el ahorro monetario que generaría la instalación de la caldera seleccionada en cada caso, indicando además el porcentaje que este representa.

**Tabla 60:** % de Ahorro calefacción instalación caldera

<b>CESFAM</b>	<b>Consumo Calefacción actual (mensual)</b>	<b>Consumo Calefacción caldera (mensual)</b>	<b>% Ahorro Calefacción</b>
Lagunillas	\$ 1.812.791,10	\$ 1.036.620,00	42,81%
Yobilo	\$ 1.325.896,20	\$ 1.036.620,00	21,81%
Carlos Pinto Fierro	\$ 2.147.959,80	\$ 886.000,00	58,75%

Elaboración Propia

Por lo tanto, luego de analizados los ahorros económicos asociados al funcionamiento de la caldera y basándonos solo en este criterio es que se recomienda la instalación de esta tecnología en cada Centro de Salud.



## **5.2 Selección de Alternativas Tecnológicas no Convencionales (ATNC) CESFAM de Coronel**

Como se definió en la delimitación del Proyecto para el caso de las Alternativas Tecnológicas Convencionales se trabajará sólo con aquellas que utilicen Energía Solar o Eólica para su funcionamiento

Para la selección de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales se consideraron los siguientes aspectos comunes para los Centros de Salud:

- Ninguno de los CESFAM utiliza actualmente agua caliente en su funcionamiento por lo que en ningún caso se considerará la instalación de tecnologías encargadas de esta función.
- La calefacción representa un consumo energético importante en los 3 CESFAM por lo que se evaluarán Alternativas Tecnológicas que permitan generar ahorros energéticos en esta área.
- En cada uno de los Centros de Salud la electricidad representa el mayor consumo energético por lo que se trabajará en la evaluación de tecnologías que generen electricidad para cada CESFAM.

De esta forma la evaluación de Alternativas Tecnológicas no Convencionales se basará en el análisis de:

- Paneles Solares Fotovoltaicos.
- Aerogeneradores.

### **5.2.1 Paneles Solares Fotovoltaicos**

Encargados de aprovechar la luz solar y generar electricidad a partir de ella. Serán propuestos para cada CESFAM con el objetivo de generar electricidad que pueda ser utilizada en los Equipos de Iluminación.



Para definir el Sistema Fotovoltaico a utilizar en los Centros de Salud se seguirán los siguientes pasos de diseño.(Prado, 2008).

#### Diseño del Sistema Fotovoltaico:

1. Definición del Consumo Energético teórico (Estimado en la Auditoría Energética de cada CESFAM):
2. Estimación de la Radiación Solar.
3. Estimación de las pérdidas por inclinación y orientación.
4. Calcular las horas diarias de sol (HSP).
5. Calcular el Rendimiento Global del Sistema Fotovoltaico.
6. Calcular el Consumo Energético Real.
7. Calcular el número de Paneles Solares.
8. Calcular la capacidad del banco de baterías.
9. Calcular la potencia máxima que soporta el inversor.
10. Resumen del diseño del sistema fotovoltaico.

#### Consideraciones Generales:

- Debido a que la eficiencia de los paneles fotovoltaicos es baja (10% - 15%) y el consumo eléctrico mensual de cada CESFAM es muy grande (superior a los 17.900 kWh) solo se considerará la instalación de los paneles fotovoltaicos para abastecer de electricidad a un porcentaje del Centro de Salud.
- El sector elegido para la implementación de los paneles fotovoltaicos corresponde al de los Equipos de Iluminación de cada CESFAM.



- Se diseñará un Sistema Fotovoltaico que sea capaz de generar la electricidad necesaria para el funcionamiento de 5 tubos fluorescentes de 58W de potencia cada uno.
- Se considerará para los tubos fluorescentes seleccionados 9 horas de funcionamiento al día (turno completo del policlinico de cada CESFAM).
- Al consumo eléctrico de los tubos fluorescentes se le agregará un 20% adicional como margen de seguridad para evitar problemas de suministro de electricidad posteriores a la instalación de los paneles.
- Para el cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para satisfacer la demanda energética se trabajará con el valor mínimo de radiación solar promedio diario mensual (irradiancia), con el objetivo de que el sistema instalado funcione en óptimas condiciones para cualquier nivel de radiación solar existente en el año.
- Se considerarán para la evaluación, paneles fotovoltaicos de un tamaño estándar de 4m<sup>2</sup>.
- Se considerará como espacio disponible para la instalación la techumbre de cada CESFAM, considerando un margen de seguridad del 20% (espacio disponible = 80% de la techumbre).

## 1. Definición del Consumo Energético Teórico

### Consideraciones:

- 5 tubos fluorescentes de 58 W de potencia.
- Horas diarias de funcionamiento: 9
- Margen de Seguridad: 20%

En la Tabla 61 que se muestra a continuación se muestra el detalle asociado al consumo teórico de energía.

**Tabla 61:** Consumo Teórico de Energía diseño Sistema Fotovoltaico

Equipo	Cantidad	Potencia	Horas de	Total Energía	Total Energía Necesaria (Wh)
--------	----------	----------	----------	---------------	------------------------------



		(W)	uso diario	Necesaria (kWh)	con Margen de Seguridad (20%)
Tubo Fluorescente	5	58	9	2,61	<b>3,13</b>

Elaboración Propia

De esta manera se tiene que diariamente para el funcionamiento por 9 horas de 10 tubos fluorescentes de 58 W de potencia se necesitan 2.610 Wh y considerando el margen de seguridad estipulado se obtiene un consumo teórico de **3,132 kWh**.

## 2. Estimación de la Radiación Solar

Para la comuna de Coronel los valores de radiación solar diaria promedio mensual fueron obtenidos a través del software RESTscreen Plus. Ver Tabla 62.

**Tabla 62:** Radiación Solar diaria comuna de Coronel

Radiación Solar diaria kWh/m <sup>2</sup> /d											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8	6,93	5,36	3,66	2,37	1,88	2,17	3,05	4,52	5,87	7,14	7,96

Elaboración Propia

Fuente: RESTscreen Plus

Como se definió anteriormente para el diseño del sistema fotovoltaico se trabajará con el mínimo nivel de radiación solar diaria promedio producido en el año. En este caso corresponde al mes de Junio con una radiación de 1,88 kWh/m<sup>2</sup>/d.

## 3. Estimación de las pérdidas por inclinación y orientación

Para determinar estas pérdidas necesitamos determinar las coordenadas de la comuna además de definir la orientación que tendrán los paneles y el nivel de inclinación de los mismos.

### Orientación de los Paneles:

La orientación de los paneles será definida mediante el uso de la herramienta virtual “Calculadora solar DOM” disponible en la web (<http://www.solartopo.com/orbita-solar.htm>).

Al ingresar a ella la comuna de Coronel se obtiene que los paneles deben tener una orientación Norte (acimut = 0) con el objetivo de aprovechar efectivamente la energía solar diaria disponible.

Coordenadas comuna de Coronel. Ver Tabla 63.



**Tabla 63:** Coordenadas comuna de Coronel

Coordenadas Coronel	
Latitud	37°01'00'' S
Longitud	73°08'00'' W

Elaboración Propia

Fuente: Carta Natal

Nivel de Inclinación: 45°

De esta manera el cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación se obtuvo a través del uso de la herramienta virtual “Calculadora de la Radiación Media Mensual sobre superficie arbitrariamente orientadas e inclinadas” de la Universidad de Jaén disponible en la web en su sitio virtual ([www.ujaen.es](http://www.ujaen.es)).

Para Obtener los valores correspondientes a la Radiación Solar inclinada se ingreso a la Calculadora de Radiación con los siguientes datos:

- ✓ Acimut = 0
- ✓ Latitud = 37°
- ✓ Inclinación =45°

Donde el ángulo de inclinación fue elegido arbitrariamente dentro de los parámetros permitidos para una latitud de 37° (Parámetros permitidos de inclinación: entre 5° y 45°). (Universidad de Jaén, 2015).

De esta manera, para el mes de Junio se obtiene el siguiente nivel de Radiación Solar con las pérdidas de inclinación y orientación aplicadas. Ver Tabla 64.

**Tabla 64:** Radiación Solar diaria con inclinación mes de Junio

Radiación Solar diaria kWh/m <sup>2</sup> /d	
Radiación Solar diaria	Radiación Solar diaria con inclinación de 45°
1,88	1,597

Elaboración Propia

Fuente:[www.ujaen.es](http://www.ujaen.es)

#### 4. Calcular las horas diarias de sol (HSP)

Las HSP se definen como el número de horas del día en que se dispone de una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup> y para calcularlas se utiliza la siguiente relación:



$$HSP = \frac{\text{Radiación Solar diaria } W/m^2}{1000 W/m^2}$$

En este caso se tiene que para el mes de Junio las **HSP** corresponden a **1,597** horas.

### 5. Calcular el Rendimiento Global del Sistema Fotovoltaico

En esta etapa para determinar el rendimiento global del sistema, se determinan las pérdidas asociadas al funcionamiento del sistema fotovoltaico, definiendo para ello algunos parámetros para los equipos que componen el sistema; coeficiente de pérdida, días de autonomía y profundidad de la descarga. (Prado, 2008).

Para este caso se definen los siguientes parámetros:

Como los Centros de Salud funcionan de Lunes a Viernes, se definirá una autonomía para el Sistema de 5 días, para asegurar con esto que ante cualquier eventualidad el suministro eléctrico no presente inconvenientes y no se deba interrumpir el servicio del CESFAM.

Para que el sistema diseñado tenga la posibilidad de cubrir autónomamente el funcionamiento durante una semana de trabajo (5 días) las baterías deben descargarse lentamente necesitando un alto valor de profundidad de descarga eligiendo 0,8 para este caso. Seleccionando de esta manera baterías estacionarias de plomo ácido que son capaces de descargarse paulatinamente.

Para el resto del sistema se seleccionaron componentes estándar, cuyas características vienen estipuladas por el fabricante y distribuidor (Distribuidor: Heliplast). De esta forma se tienen los siguientes parámetros para el diseño del Sistema Solar Fotovoltaico.

$N = \text{días de autonomía del sistema} = 5 \text{ días}$

$\kappa_b = \text{coeficiente de pérdidas asociado al tipo de descarga de la batería} = 0,1 \text{ (descarga profunda)}$

$\kappa_c = \text{coeficiente de pérdidas asociado al inversor} = 0,05 \text{ (inversor estándar)}$

$\kappa_v = \text{coeficiente de pérdidas varias (conductores)} = 0,05 \text{ (conductores estándar)}$

$\kappa_a = \text{coeficiente de pérdidas asociado al tipo de batería} = 0,05 \text{ (baterías estacionarias de plomo ácido)}$



$P_d = \text{profundidad de la descarga diaria de la batería} = 0,8$  (basada en los días de autonomía)

De esta manera, para obtener el rendimiento global del sistema los valores previamente definidos deben ser reemplazados en la siguiente relación:

$$R = (1 - \kappa_b - \kappa_c - \kappa_v) * \left(1 - \frac{\kappa_a * N}{P_d}\right)$$

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,05 * 5}{0,8}\right) = 0.76875 = 76,875\%$$

De esta manera, para los días de autonomía definidos se tiene que el sistema fotovoltaico tiene un rendimiento global del 76,875%.

## 6. Calcular el Consumo Energético Real

Para determinar el consumo energético real a abastecer por el sistema fotovoltaico se debe relacionar el consumo energético teórico con el rendimiento global del mismo sistema a través de la siguiente relación:

$$\text{Consumo Energético Real} = \frac{\text{Consumo Energético Teórico}}{R}$$

Entonces:

$$\text{Consumo Energético Real} = \frac{3.132Wh}{0,76875} = 4.074 Wh$$

De esta manera el consumo energético real para los 5 tubos fluorescentes de 58 W es de 4,074 kWh/d.



## 7. Calcular el número de Paneles Solares

Para determinar el número de paneles solares necesarios se necesita definir la potencia peak o potencia máxima ( $W_p$ ) del panel fotovoltaico a utilizar, en este caso se seleccionó un panel de silicio monocristalino de potencia peak de 160 Wp, correspondiente a 0,16 kWh.

$$\text{Número de Paneles} = \frac{\text{Consumo Energético Real kWh}}{0,9 * W_p * HSP}$$

Por lo tanto:

$$\text{Número de Paneles} = \frac{4,074 \text{ kWh}}{0,9 * 0,16 \text{ kWh} * 1,597} = 18 \text{ paneles}$$

De esta manera, para las condiciones de radiación de la comuna y consumo existentes necesitan instalarse 18 paneles fotovoltaicos para poder cumplir con el consumo energético real de los 5 tubos fluorescentes. Esta cantidad de paneles necesita en conjunto un espacio mínimo disponible para instalación de 72 m<sup>2</sup> en la techumbre de cada Centro de Salud.

Analizando esta situación llama la atención el alto número de paneles necesarios para satisfacer la necesidad de energía de 5 tubos fluorescentes, situación que se debe principalmente al bajo nivel de radiación solar existente en la comuna. Realidad que hace suponer en primera instancia que la instalación del Sistema Solar Fotovoltaico que se está diseñando no es factible.

De todas maneras se continuará con el diseño del mismo para posteriormente realizar un análisis más acabado de esta situación.

## 8. Calcular la capacidad del banco de baterías



Para lograr la autonomía definida para el sistema se debe incluir un banco de baterías que permita el funcionamiento por los 5 días estipulados en caso de alguna falla. Como se necesitan 18 paneles solares para el sistema se tiene que el banco de baterías del está formado por el mismo número de baterías, cada una de 12 V. De esta manera para determinar la capacidad de este banco de baterías encargado de para acumular la energía generada por el sistema (para hacer posible la autonomía) se debe aplicar la siguiente relación:

$$\text{Capacidad del banco de baterías} = \frac{\text{consumo energético real} * \text{número de paneles}}{12V * \text{profundidad diaria de descarga de la batería}}$$

$$\text{Capacidad del banco de baterías} = \frac{8,148 * 18}{12 * 0,8} = 15.278 \text{ Ah}$$

Entonces se tiene que el banco de baterías del sistema fotovoltaico formado por 18 baterías tiene una capacidad de almacenamiento de 15,278 kWh.

#### **9. Calcular la potencia máxima que soporta el inversor**

Calcular la potencia máxima demandada permite seleccionar de manera correcta el inversor que se debe instalar en el sistema. En este caso esta potencia corresponde al consumo simultáneo producido por los 5 tubos fluorescentes de 58 W considerando el margen de seguridad estipulado (20%).

$$\text{Potencia Máxima} = (5 * 58) * 1.2 = 348 \text{ W}$$

De esta forma se tiene que el inversor elegido debe soportar una potencia máxima de 0,348 kW.



## 10. Resumen del diseño del sistema fotovoltaico

Luego de realizado cada uno de los cálculos necesarios para el diseño del sistema fotovoltaico encargado de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento correcto de los 5 tubos fluorescentes de 58 W seleccionados, se tienen las siguientes características. Ver Tabla 65.

**Tabla 65:** Resumen Diseño Fotovoltaico CESFAM de Coronel

<b>Etapas de diseño</b>	<b>Valor</b>	<b>Observación</b>
<b>Consumo Teórico</b>	2.610 Wh	Corresponde al consumo producido por 5 tubos fluorescentes de 58W.
<b>Margen de Seguridad</b>	20%	Definido para asegurar el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico diseñado.
<b>Consumo Teórico con Margen de Seguridad</b>	3.132 Wh	Este valor será utilizado para todos los cálculos realizados desde ahora en adelante.
<b>Radiación Solar diaria Promedio Mensual</b>	1,88 kWh/m <sup>2</sup> /d	Se elige para trabajar el mes con menor radiación solar, asegurando así que en cualquier otro momento del año el sistema funcionará de mejor manera.
<b>Pérdidas por Inclinación y Orientación</b>	1,597 kWh/m <sup>2</sup> /d	Permiten determinar realmente la cantidad de radiación solar que llegará a los paneles solares considerando su inclinación (45°) y orientación (norte).
<b>HSP</b>	1,597 horas	Corresponden a las horas efectivas de radiación solar diarias en la comuna de Coronel.
<b>Rendimiento Global del Sistema</b>	76,88%	Define el porcentaje de rendimiento o eficiencia que tendrá el sistema diseñado.
<b>Consumo Energético Real</b>	4.074 Wh	Valor de energía necesaria para un correcto funcionamiento considerando el rendimiento del sistema (76,88%).
<b>Número de Paneles</b>	18 paneles	Corresponde al número de paneles necesarios para satisfacer el consumo energético real calculado.
<b>Banco de Baterías</b>	15,278 kAh	Capacidad de almacenamiento de las 18 baterías que forman el sistema (1 por cada panel) y que permiten la autonomía del sistema de ser necesario.
<b>Potencia Máxima del Inversor</b>	348 W	Corresponde a la potencia máxima que debe soportar el inversor del sistema (5 tubos fluorescentes funcionando simultáneamente).

**Elaboración Propia**



En la Tabla 66 que se presenta a continuación se muestra el ahorro energético que se produciría en cada CESFAM ante la instalación del Sistema Fotovoltaico diseñado.

**Tabla 66:** Ahorro Energético Paneles Fotovoltaicos CESFAM de Coronel

CESFAM	Consumo Eléctrico Mensual Actual Equipos Iluminación (kWh)	Ahorro Mensual Consumo Eléctrico Instalación Paneles Fotovoltaicos (kWh)	% Ahorro Equipos de Iluminación
Lagunillas	2.602,27	78,3	3,01
Yobilo	2.407,46	78,3	3,25
Carlos Pinto Fierro	1.977,78	78,3	3,96

Elaboración Propia

- La implementación en el **CESFAM Lagunillas** del Sistema Fotovoltaico diseñado, traería asociado un ahorro energético de 78,3 kWh mensuales correspondiente al 3,01% del consumo mensual estimado para los Equipos de Iluminación. Representando sólo un 0,35% de ahorro en el consumo eléctrico total mensual del CESFAM.
- La implementación en el **CESFAM Yobilo** del Sistema Fotovoltaico diseñado, traería asociado un ahorro energético del 78,3 kWh mensuales correspondiente al 3,25% del consumo mensual estimado para los Equipos de Iluminación. Representando sólo un ahorro del 0,43% en el consumo eléctrico total mensual del CESFAM.
- La implementación en el **CESFAM Carlos Pinto Fierro** del Sistema Fotovoltaico diseñado, traería asociado un ahorro energético del 78,3 kWh mensuales correspondiente al 3,96% del consumo mensual estimado para los Equipos de Iluminación. Representando sólo un ahorro del 0,39% dentro del consumo eléctrico total mensual del CESFAM.

Luego de analizada la información entregada en la Tabla 75 que muestra, entre otras consideraciones, la necesidad de instalar 18 paneles solares para satisfacer un porcentaje mínimo de energía para cada CESFAM (inferior al 1%) se decide y considera inviable la implementación de esta Alternativa Tecnológica no Convencional.

Descartada la factibilidad de instalación de esta tecnología es que se hace innecesaria la evaluación económica de la misma.



## 5.2.2 Aerogeneradores

Encargados de aprovechar la energía del viento y transformarla en electricidad.

Se evaluará la factibilidad de instalación de ellos en cada uno de los CESFAM, con el objetivo de producir electricidad que pueda ser aprovechada por los Equipos de Calefacción que actualmente la utilizan y que representan un punto crítico de consumo energético dentro de cada Centro de Salud.

Para diseñar el sistema de Aerogeneradores adecuado para los CESFAM se deben seguir los siguientes pasos de diseño (Libro Energía Eólica, Ministerio de Energía, 2014):

1. Estimar el valor crítico para la velocidad media del viento (m/s).
  - ✓ Determinar si el valor crítico de la velocidad media del viento cumple con los requerimientos mínimos estipulados por el Ministerio de Energía.
2. Estimar el Potencial Eólico disponible.
  - ✓ Factor de Potencia Eólica
3. Determinar el número de Aerogeneradores necesarios.
4. Determinar la disponibilidad de espacio en función del número de Aerogeneradores necesarios.

### 1. Estimar el valor crítico para la velocidad media del viento (m/s)

Este valor será utilizado para el diseño del Sistema Eólico a base de aerogeneradores con el objetivo de asegurar que en cualquier otro momento del año el sistema tendrá un funcionamiento superior al diseñado.

En este caso el valor crítico para la velocidad promedio mensual del viento está representado por los meses de Marzo y Abril con un valor de 4,7 m/s. Valor que se encuentra muy por lo bajo de los requerimientos mínimos exigidos (7 m/s) para la instalación y funcionamiento de este tipo de tecnología. De esta manera siguiendo el criterio del mes crítico, la instalación de aerogeneradores en la comuna es inviable. (Ministerio de Energía, 2014).

De igual manera se determinará el valor promedio anual para la velocidad media del viento (m/s) para analizar si el valor arrojado para el mes crítico es una situación aislada o



es una realidad constante para la comuna, los valores considerados para esto se presentan a continuación en la Tabla 67.

**Tabla 67:** Velocidad Promedio Mensual del viento comuna de Coronel

Velocidad promedio mensual del viento m/s											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5,2	5,1	4,7	4,7	5,2	5	5,2	4,9	4,9	4,9	4,9	5

Elaboración Propia

Fuente: RESTscreen plus

De los valores arrojados por RESTscreen plus se tiene que el valor promedio anual de la velocidad media del viento para la comuna de Coronel es de 4,975 m/s (medidos a 10 m sobre el nivel del mar), valor que de igual forma se encuentra muy por debajo del requerimiento mínimo de velocidad lo que confirma que la instalación de aerogeneradores en la comuna de Coronel es inviable.

Adicionalmente a esta información, se tiene que la comuna de Coronel presenta alturas promedios que oscilan entre los 7 y 8 metros sobre el nivel del mar, por debajo de la altura a la que fueron medidos los parámetros entregados en la Tabla 66. (Municipalidad de Coronel, 2015). De esta manera se tiene que la velocidad media del viento existente en los diferentes sectores de emplazamiento de los CESFAM es aún menor a los previamente declarados confirmando definitivamente la imposibilidad de instalación de aerogeneradores en el lugar.

Debido a la realidad ya descrita es que no se continuará con el diseño del Sistema asociado al uso de energía eólica para los Centros de Salud y se descarta como opción la instalación de un Sistema Eólico.



En la Tabla 68 que se muestra a continuación, se resumen las propuestas asociadas a las Alternativas Tecnológicas no Convencionales propuestas para cada CESFAM:

**Tabla 68:** Resumen Alternativas Tecnológicas no Convencionales de los CESFAM de Coronel

CESFAM	Alternativa Tecnológica no Convencional	Objetivo	Puede Instalarse	Ahorro Energético Producido
Lagunillas	Paneles Solares Fotovoltaicos	Generar electricidad para ser aprovechada por un porcentaje de los Equipos de Iluminación.	SI	0,35%
Yobilo	Paneles Solares Fotovoltaicos	Generar electricidad para ser aprovechada por un porcentaje de los Equipos de Iluminación.	SI	0,43%
Carlos Pinto Fierro	Paneles Solares Fotovoltaicos	Generar electricidad para ser aprovechada por un porcentaje de los Equipos de Iluminación.	SI	0,39%
Lagunillas	Aerogeneradores	Generar electricidad para ser aprovechada por los Equipos de Calefacción.	NO	-
Yobilo	Aerogeneradores	Generar electricidad para ser aprovechada por los Equipos de Calefacción.	NO	-
Carlos Pinto Fierro	Aerogeneradores	Generar electricidad para ser aprovechada por los Equipos de Calefacción.	NO	-

Elaboración Propia

De la Tabla 68 se aprecia que para los tres CESFAM se vive la misma realidad asociada a las Alternativas Tecnológicas no Convencionales:

- La instalación de Aerogeneradores es inviable para los tres Centros de Salud debido a que la comuna no cumple con los requerimientos mínimos de velocidad promedio (m/s) del viento para su óptimo funcionamiento.
- La instalación de Paneles Fotovoltaicos es posible en los tres casos, pero el ahorro energético asociado a su instalación es mínimo (inferior al 1%) por lo que también es descartado.

En el Anexo 3 se muestran las características de las Alternativas tecnológicas no Convencionales asociadas a la energía solar y eólica (Anexo 3: Características ATNC: Energía Solar y Energía Eólica).



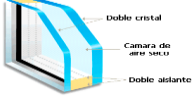


**Capítulo 6: Evaluación Económica y Análisis de Sensibilidad.**

En este capítulo, evaluaremos económicamente a través de distintos criterios las 3 Alternativas Tecnológicas Convencionales propuestas para implementar en cada Centro de Salud Familiar de la Comuna de Coronel.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se entregará la información necesaria para decidir la conveniencia o no de efectuar una inversión en la tecnología evaluada que permita mejorar la eficiencia energética de cada edificio.

En la Tabla 69 se muestran las Alternativas Tecnológicas propuestas:

Tabla 69: Alternativas Tecnológicas Propuestas CESFAM

Alternativa Tecnológica Convencional	Imagen Referencial
Instalación de vidrios dobles (termopanel).	
Instalación de filtros solares.	
Instalación de caldera.	

Elaboración Propia

Para cada alternativa, calcularemos el valor actual neto (VAN), que permitirá comparar la inversión a realizar con los beneficios (ahorros) a producirse en el futuro.

Además, se determinará el periodo (en años) que tardará el proyecto en recuperar la inversión a realizada.

Para los distintos cálculos, se determinarán las inversiones necesarias a realizar en la compra de estas tecnologías y los costos de la energía. Por su parte no se consideran los costos de mantenimiento (delimitación del proyecto descrito en el primer capítulo), los costos de mantenimiento para este tipo de tecnologías son mínimos.



La conveniencia de realizar estas inversiones en tecnologías, podría calcularse simplemente determinando los costos totales versus los beneficios de este, sin embargo, este ejercicio no contempla el valor del dinero en el tiempo.

Para considerar y tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, se utilizará una tasa de descuento apropiada para este tipo de proyectos, definiendo una tasa de descuento que sea igual al costo de oportunidad, que es la tasa de retorno de la mejor alternativa de inversión posible.

La vida útil (años de duración) de cada tecnología, se determinó en función de las especificaciones técnicas del fabricante. De esta manera se tiene, que en 10 años no varían las especificaciones técnicas de cada uno de los productos en evaluación (termopaneles, filtros solares y caldera) por lo que este tiempo es considerado como apropiado para definir el horizonte de evaluación.

Con respecto al financiamiento, los CESFAM, actualmente no cuentan con recursos monetarios disponibles para la implementación de estas tecnologías, pero pueden financiarse a través de Fondos públicos concursables, sin la necesidad de recurrir a créditos en el sector privado. De esta forma como esta alternativa de financiamiento no es reembolsable por lo que se consideraran como capital propio.

A continuación se muestran las fórmulas utilizadas para calcular los Indicadores:

$$VAN = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

$$\textit{Periodo de Recuperación} = \frac{\textit{Inversión}}{\textit{Ahorro Anual}}$$



Donde:

$n = \text{número de periodos}$

$F_n = \text{flujo neto de caja}$

$i = \text{tasa de descuento}$

Además se definirá como criterio de decisión lo siguiente:

Si el VAN < 0, no es conveniente el proyecto

Si el VAN > 0, es conveniente el proyecto

### 6.1 Evaluación Económica Instalación de vidrios dobles (Termopaneles)

**Alternativa Tecnológica Convencional Propuesta:** implementación de vidrios dobles (termopanel) para todas las ventanas de los CESFAM, con el objetivo de generar ahorros energéticos en calefacción.

#### Características del Producto:

- Cristales de 5 mm de espesor, incoloros.
- Medida de 200cm x 200cm

#### Consideraciones Evaluación Económica

- El monto de la inversión inicial, corresponderá al costo total de la compra de los vidrios dobles, cabe señalar que en el precio cotizado se incluye el costo de instalación.
- Se consideraron los termopaneles de mayor uso en el mercado caracterizados por ser económicos, dada la realidad presupuestaria de los CESFAM.
- Como el proyecto no genera Ingresos efectivos, se consideraran como tales, los beneficios (ahorros económicos que se generarían).
- En proyectos de similares características, la tasa que se utiliza es de un 12%.

#### Datos para construir el Flujo de Caja .



En la Tabla 70 se muestran los costos de Inversión por CESFAM (Año 2015).

**Tabla 70:** Costos de Inversión por CESFAM instalación termopaneles

CESFAM	Cantidad Ventanas	Precio Unitario	Total Costo
Lagunillas	203	\$ 82.440	\$ 16.735.320
Yobilo	156	\$ 82.440	\$ 12.860.640
Carlos Pinto	134	\$ 82.440	\$ 11.046.960

Elaboración Propia  
Fuente: Abaflex, 2015

En la Tabla 71 se muestran los ahorros anuales por CESFAM (Beneficios)

**Tabla 71:** Ahorros Energéticos (\$) termopaneles

CESFAM	Ahorro kWh	Precio kWh	Ahorro Costos mensual	Ahorro Costos Anual
Lagunillas	2688,75	118,22	\$ 317864,02	\$ 3814368,3
Yobilo	1896,9	118,22	\$ 224251,51	\$ 2691018,21
Carlos Pinto	2913,5	118,22	\$ 344433,97	\$ 4133207,64

Elaboración Propia

Con los datos asociados a los ahorros energéticos (beneficios) e inversiones a realizar, procederemos a construir el flujo estimado para la Alternativa tecnológica planteada.

Tomaremos como ejemplo ilustrativo el CESFAM de Lagunillas para presentar el cálculo realizado, para el resto de los Centros de Salud se mostraran en los anexos al final del trabajo.

**Figura 22:** Flujo Caja CESFAM Lagunillas

Cesfam Lagunillas											
Alternativa Vidrios dobles	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ahorros		\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368	\$ 3.814.368
Costo Mantención		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Inversion Inicial	-\$ 16.735.320										
<b>Flujo de Caja</b>	<b>-\$ 16.735.320</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>	<b>\$ 3.814.368</b>

VAN (12%)	\$ 4.816.711,61
TIR	19%

Elaboración Propia

En la Tabla 72 se muestra el resumen de los valores del VAN obtenidos para los 3 CESFAM, correspondientes a la evaluación económica asociada a la instalación de vidrios dobles (Termopaneles).



Tabla 72: Resuman VAN instalación vidrios dobles

Instalación Vidrios Dobles			
CESFAM	VAN 12%	TIR	Tiempo de Recuperación
Lagunillas	\$ 4.816.711,61	19%	4,39
Yobilo	\$ 5.196.311,28	16%	4,78
Carlos Pinto F.	\$ 16.687.199,70	36%	2,67

Elaboración Propia

De esta manera de acuerdo a los datos obtenidos, se tiene:

- Considerando una tasa de descuento del 12%, en un horizonte de evaluación de 10 años, el VAN presentan valores positivos.

De esta forma se tiene que el proyecto “Instalación de termopaneles (vidrios dobles)” es viable para todos los CESFAM porque se cumple el criterio de selección, ya que todos los VAN son positivos.

En la Tabla 73 se muestra el detalle de los cálculos asociados a los Periodos de Recuperación, en cada caso:

**Tabla 73:** Periodo de Recuperación instalación de Termopaneles

Cesfam Lagunillas	=	<u>Inversion</u>	\$ 16.735.320	<b>4,39</b>	Años
		Ahorro costo energia-Costos	\$ 3.814.368		

Cesfam Yobilo	=	<u>Inversion</u>	\$ 12.860.640	<b>4,78</b>	Años
		Ahorro costo energia-Costos	\$ 2.691.018		

Cesfam Carlos Pinto	=	<u>Inversion</u>	\$ 11.046.960	<b>2,67</b>	años
		Ahorro costo energia-Costos	\$ 4.133.208		

Elaboración Propia

Se observa que para los dos primeros CESFAM presentados en la Tabla 73 (Lagunillas y Yobilo), la recuperación se produce en el cuarto periodo de ejecución del proyecto, mientras que en el CESFAM Carlos Pinto, se recupera rápidamente al segundo periodo.

## 6.2 Evaluación Económica instalación de Filtros Solares:



Alternativa Tecnológica Convencional Propuesta: Instalación de Filtros Solares en las ventanas de cada uno de los CESFAM, lo que permitirá generar ahorros económicos en calefacción en periodos de invierno y enfriamiento en periodo de altas temperaturas.

Consideraciones del Producto:

- Film Solar Modelo Optovision 45
- Medidas: 200cm \*200cm
- Protección del 99% Rayos U.V

Consideraciones Evaluación Económica

- El monto de la inversión inicial, corresponderá al costo total de la compra de los filtros solares, cabe señalar que el precio cotizado, para este producto, considera el costo de instalación.
- El producto no genera Ingresos efectivos, pero si genera ahorros monetarios que se consideraran para elaborar el flujo.
- El horizonte de evaluación se determina por la vida útil de la Alternativa Tecnológica Convencional a implementar, se estima una vida útil de 10 años, conservando la plena vigencia sus propiedades y características.
- Tasa de descuento, 12 %.
- De acuerdo a la delimitación del proyecto, no se consideraran costos asociados a la gestión y mantención de las alternativas tecnológicas energéticas convencionales.

Flujo de Caja



En la Tabla 74 se presentan los costos asociados a la instalación de los filtros solares en cada CESFAM (inversión)

**Tabla 74:** Costos de Inversión en CESFAM instalación Filtros Solares

CESFAM	Cantidad Filtros	Precio Unitario (\$ )	Total Costo (\$ )
Lagunillas	203	12.900	2.618.700
Yobilo	156	12.900	2.012.400
Carlos Pinto	134	12.900	1.728.600

Elaboración Propia

En la Tabla 75 se muestran los ahorros energéticos (\$) asociados a la instalación de los filtros solares en los Centros de Salud.

**Tabla 75:** Ahorros en \$ cL por CESFAM instalación filtros solares

CESFAM	Ahorro kWh	Precio kWh	Ahorro mensual \$	Ahorro Anual \$
Lagunillas	227,37	118,22	26.879,68	322.556
Yobilo	167,18	118,22	7.942,01	95.304
Carlos Pinto	173,63	118,22	20.526,53	246.312

Elaboración propia

Con los datos asociados a los ahorros energéticos e inversiones a realizar, procederemos a construir el flujo de efectivo estimado para la alternativa planteada.

Tomaremos como ejemplo representativo el CESFAM Lagunillas para ver el cálculo. Para el resto de los Centros de Salud Familiar, mostraremos una tabla resumen con los VAN obtenidos a distintas tasas de descuento y tasas interna de retorno.

**Figura 23:** Flujo efectivo instalación filtros solares CESFAM Lagunillas

Cesfam Lagunillas

Alternativa Filtro Solar	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahorros de costos		322.556	322.556	322.556	322.556	322.556	322.556	322.556	322.556	322.556	322.556
Costo Mantención		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversion Inicial	-2.618.700										
<b>Flujo de Caja Neto</b>	<b>-2.618.700</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>	<b>322.556</b>
Van(12%)	-796.187										
TIR	-0,14										

Elaboración propia



En la tabla 76 se muestra de manera resumida los valores obtenidos para la evaluación económica asociada a la instalación de Filtros Solares en las ventanas de cada uno de los Edificios de Salud.

**Tabla 76:** Resumen VAN instalación de Filtros Solares

Instalación Filtros Solares		
CESFAM	VAN 12%	TIR
Lagunillas	-\$ 796.187,00	-0,14%
Yobilo	-\$ 636.733,00	-0,03%
Carlos Pinto F.	-\$ 796.187,00	-0,07%

Elaboración Propia

Se puede observar con facilidad, que los montos de inversión inicial son muy altos comparados con la cantidad de dinero que se quiere ahorrar con la instalación de esta Alternativa Tecnológica.

Por ejemplo se puede ver que para el CESFAM de Lagunillas, se tiene considerado una inversión inicial de \$2.618.700 y proyectados flujos de caja positivos de \$322.556 pesos chilenos.

Trayendo a valor presente los flujos futuros del proyecto, no se alcanza a cubrir la inversión realizada. En cuanto a la Tasa interna de Retorno, presenta un 0.14% negativo.

De esta manera, por los valores presentados en la Tabla 76 (VAN negativo) no se recomienda la implementación de esta Alternativas Tecnológica Convencional y queda descartada para cada uno de los Edificios de Salud.

### **6.3 Evaluación Económica instalación de Caldera:**

Alternativa Tecnológica Convencional Propuesta: Instalación de Calderas en cada uno de los CESFAM, lo que permitirá generar ahorros económicos en calefacción.

#### Consideraciones Evaluación Económica

- El monto de la inversión inicial, corresponderá al costo total de la compra de la caldera, según necesidades de cada CESFAM, cabe señalar que el precio cotizado, para este producto, considera el costo de instalación.
- El producto no genera Ingresos efectivos, pero si genera ahorros monetarios que se consideraran para elaborar el flujo.



- El horizonte de evaluación se determina por la vida útil de la Alternativa Tecnológica Convencional a implementar, se estima una vida útil de 10 años, conservando la plena vigencia sus propiedades y características.
- Tasa de descuento, 12 %.
- De acuerdo a la delimitación del proyecto, no se consideraran costos asociados a la gestión y mantención de las alternativas tecnológicas energéticas convencionales.

En la Tabla 78 se muestran los ahorros asociados a la instalación de la Caldera para centralizar la calefacción para los 3 Centros de Salud.

**Tabla 78:** Tabla de ahorros de costos instalación de Caldera

CESFAM	Consumo Calefacción actual (mensual)	Consumo Calefacción caldera (mensual)	% Ahorro Calefacción
Lagunillas	\$ 1.812.791,10	\$ 1.036.620,00	42,81%
Yobilo	\$ 1.325.896,20	\$ 1.036.620,00	21,81%
Carlos Pinto Fierro	\$ 2.147.959,80	\$ 886.000,00	58,75%

Elaboración Propia

Además de manera referencial se presenta en la Figura 23 el desarrollo del cálculo del VAN para el CESFAM Lagunillas, el cálculo para los otros Centros de Salud se realizó de la misma manera.

**Figura 23:** Flujo efectivo instalación Caldera CESFAM Lagunillas

Cesfam Lagunillas

Alternativa Caldera	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahorros de costos		9.314.052	9.314.052	9.314.052	9.314.052	9.314.052	9.314.052	9.314.052	9.314.052	9.314.052	9.314.052
Costo Mantención		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversion Inicial	-7.068.838										
<b>Flujo de Caja Neto</b>	<b>-7.068.838</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>	<b>9.314.052</b>
Van(12%)	45.557.633										
TIR	1,32										

Elaboración Propia



Para el CESFAM Lagunillas, se tiene considerado una inversión inicial de \$7.068.838 y los ahorros costos proyectados en el tiempo, hacen que el valor actual neto de esta alternativa sea mayor a \$0.-

En cuanto a la Tasa interna de Retorno, está en torno al 1,32%

En la Tabla 79 que se presenta a continuación se muestran los valores de VAN obtenidos para cada uno de los Centros de Salud al evaluar económicamente la instalación de la caldera.

**Tabla 79:** Valores Van instalación de Caldera CESFAM

<b>Instalación Caldera</b>		
CESFAM	VAN 12%	TIR
Lagunillas	\$ 45.557.633,00	1,32%
Yobilo	\$ 12.544.849,00	0,48%
Carlos Pinto F.	\$ 81.335.890,00	3,58%

Elaboración Propia

De esta manera, siguiendo el Criterio de Decisión definido previamente se tiene que la instalación de una caldera que centralice el Sistema de Calefacción en cada edificio es recomendable dado que se obtuvieron valores VAN > 0 en cada caso.

Por lo tanto, luego de realizada la Evaluación Económica correspondiente a cada una de las Alternativas Tecnológicas técnicamente factibles se recomienda la instalación de:

- Termopaneles (vidrios dobles).
- Caldera (gas).

Con el objetivo de producir a través de su implementación ahorros tanto energéticos como económicos para cada CESFAM.



## **Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones**

### **Conclusiones**

La presente tesis tuvo por objetivo proponer Alternativas Tecnológicas Convencionales y no Convencionales que permitieran aumentar la Eficiencia Energética de cada uno de los CESFAM de la comuna de Coronel, este aumento se reflejó en la búsqueda de tecnologías que permitieran un ahorro energético para cada Edificio de Salud.

Este proceso comenzó con la realización de una Inspección Visual a la infraestructura de cada edificio y una correspondiente Auditoría Energética Preliminar, en las que se pudo apreciar la casi inexistencia de Normativa Interna asociada al consumo de energía y la falta de conciencia por parte de los funcionarios en los aspectos asociados al ahorro energético, no existiendo por ejemplo la costumbre de apagar computadores y luces que no se están utilizando. Situación que permite concluir la necesidad de educación y Reglamento Interno que facilite el ahorro energético de cada CESFAM.

En la Inspección Visual se determinó además que en cada Centro de Salud existe la posibilidad de mejoras a través de la implementación de nuevas Tecnologías, existiendo falencias que pueden ser mejoradas y disponibilidad de espacio para la instalación.

Al evaluar la posibilidad de instalación de Alternativas Tecnológicas Convencionales se determinó que estas son factibles para cada CESFAM, recomendando en los tres casos la



instalación de filtros solares en las ventanas y termopaneles en las mismas. Generando con esto ahorros en los consumos de los Equipos de Enfriamiento y Equipos de Calefacción.

Desde la vereda de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales, se concluye que la comuna de Coronel no posee las características climáticas apropiadas (niveles de radiación solar y niveles de velocidad del viento) para la instalación exitosa de este tipo de tecnologías.

Desde el punto de vista económico se tiene que las Alternativas Tecnológicas Convencionales propuestas para cada edificio arrojan VAN positivos lo que hace concluir que la implementación de estas es viable en cada caso, ya que causarían los efectos esperados (ahorros energéticos y aumento de la Eficiencia Energética).

Finalmente luego de realizado el proyecto y considerando la realidad estructural y energética actual, se concluye que existen diferentes medidas que pueden ser tomadas para aumentar la Eficiencia Energética de cada edificio, las que van de la mano con la materialidad y diseño de los Centros de Salud, dejando de lado aquellas asociadas al uso de Energías Renovables ya que la comuna no cumple con las condiciones climáticas mínimas necesarias para el correcto funcionamiento de estas.

### **Recomendaciones**

- En los tres CESFAM se aprecia falta de reglamentación que defina las condiciones en las que los equipos consumidores de energía pueden funcionar en cada caso, por lo que se recomienda la creación e implementación de Normativas que puedan regular horarios y tipos de equipos que pueden funcionar en cada edificio.
- No se muestra conciencia de ahorro energético por parte de los funcionarios por lo que se recomienda realizar charlas educativas que permitan crear conciencia dentro de los funcionarios sobre la importancia de cuidar la energía en el día a día.
- Los Equipos de Calefacción que funcionan en cada CESFAM son muy diversos en cuanto a características de consumo, funcionamiento y tipo de energía que utilizan por lo que se recomienda crear una lista con los Equipos de Calefacción prohibidos en cada Centro de Salud por ser consumidores energéticos importantes y prescindibles.



- Si bien el ahorro energético asociado a las Alternativas Tecnológicas Convencionales; quitar el sello de las ventanas e instalar cierres automáticos en las puertas no puede cuantificarse estas se recomiendan para los Centros de Salud para provocar un mayor aumento de la eficiencia energética en sus edificios.
- Se recomienda la implementación de las Alternativas Tecnológicas que arrojaron en la correspondiente evaluación económica un VAN positivo.

### Referencias Bibliográficas

**Urkia (2009).** Energía Renovable Práctica, 4ª Edición.

**Ramírez (2012).** La construcción Sostenible, Revista Física y Sociedad.13ª Edición.

**García y Rodríguez (2013).** La Auditoría Energética: una herramienta de gestión en la atención primaria.

**Prado (2008).** Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada, Universidad de Costa Rica

**Ministerio de Energía (2013).** Energía en Chile Propuesta ciudadana.

**Ministerio de Energía (2014).** Libro de Energía Eólica.

**Ministerio de Energía (2014).** Libro de Energía Solar.

**Ministerio de Energía (2014).** Balance Nacional de Energía 2012

**Ministerio de Energía (2011).** Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020. Disponible en:  
<http://www.amchamchile.cl/sites/default/files/Eficiencia%20Energetica%20-%202020.pdf>

**Instituto Nacional de Estadísticas (2008).** Distribución y Consumo Energético en Chile, Disponible en:



[http://www.ine.cl/canales/sala\\_prensa/archivo\\_documentos/enfoques/2008/septiembre/energiapag.pdf](http://www.ine.cl/canales/sala_prensa/archivo_documentos/enfoques/2008/septiembre/energiapag.pdf)

**Organización Mundial de la Salud (2011).** Hospitales Saludables, Planeta Saludable, Personas Saludables. Disponible en:

[http://www.noharm.org/salud\\_sin\\_danio/informes/2011/jun/rep2011-06-15.php](http://www.noharm.org/salud_sin_danio/informes/2011/jun/rep2011-06-15.php)

**Zamorano y otros (2009).** Eficiencia Energética en Hospitales Públicos. Disponible en:

<http://www.giz.de/Themen/en/dokumente/gtz2009-es-eficiencia-energetica-en-hospitales-publicos.pdf>

**Ministerio de Energía (2012).** Las Energías Renovables no Convencionales en el Mercado Chileno. Disponible en:

<http://www.giz.de/de/downloads/giz2012-es-energias-renovables-chile.pdf>

**Heliplast (2015).** Lista de Precios. Disponible en:

[www.heliplast.cl](http://www.heliplast.cl)

**CER (2014).** Energías Renovables no Convencionales. Disponible en:



<http://www.mma.gob.cl/educacionambiental/1319/articles>
















### **Anexo 1: Descripción Equipos Consumidores de Energía CESFAM Coronel**

A continuación se presentan los diferentes equipos consumidores de energía encontrados en cada uno de los Centros de Salud, acompañados de sus características de funcionamiento y consumo.



Área	Equipo	Fuente Energética	Potencia	Vida útil	Imagen
<b>Iluminación</b>	Tubos Fluorescentes	Electricidad	18W mide 60 cm 36W mide 1,20 m 58W mide 1,50 m	Entre 5000 y 7500 horas	
<b>Iluminación</b>	Ampolleta Ahorro Energético	Electricidad	Entre 35W y 200W	Hasta 8000 horas	
<b>Iluminación</b>	Lámpara de Mesa	Electricidad	Máximo 40 W	No descrito	
<b>Iluminación</b>	Focos Led Embutidos	Electricidad	0.1W	No descrito	
<b>Calefacción</b>	Radiador	Gas	Entre 452W y 6593W	No descrito	
<b>Calefacción</b>	Termoventilador	Electricidad	1500W	No descrito	
<b>Calefacción</b>	Panel Ahorro de Energía	Electricidad	500W	No descrito	
<b>Calefacción</b>	Estufa Pequeña	Electricidad	Entre 500W	2 años	
<b>Enfriamiento</b>	Extractor de Aire	Electricidad	10W	No descrito	
<b>Enfriamiento</b>	Ventilador de Techo	Electricidad	60W	No descrito	
<b>Enfriamiento</b>	Ventilador de Pie	Electricidad	50W	No descrito	



Área	Equipo	Fuente Energética	Potencia	Vida útil	Imagen
Equipos Médicos	Negatoscopio	Electricidad	32W	No descrito	
Equipos Médicos	Electrocardiógrafo	Electricidad	60W	No descrito	
Equipos Médicos	Sillón Dental	Electricidad	3000W	No descrito	
Equipos Médicos	Vitrina Refrigerante Insumos Médicos	Electricidad	950W	No descrito	
Equipos Médicos	Máquina Radiografías Dentales	Electricidad	1500W	No descrito	
Equipos Médicos	Autoclave	Electricidad	3000W	No descrito	
Equipos Médicos	Ecógrafo	Electricidad	45W	No descrito	
Equipos Médicos	Electrobisturí	Electricidad	250W	No descrito	
Equipos Médicos	Equipo de Análisis de Orina	Electricidad	20W	No descrito	
Equipos Médicos	Equipo de Química Clínica	Electricidad	30W	No descrito	
Equipos Médicos	Estufa de Secado y Esterilización	Electricidad	5000W	No descrito	
Equipos Médicos	Microscopios de Análisis de Muestras	Electricidad	3.6W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Computador	Electricidad	110W	No descrito	



Área	Equipo	Fuente Energética	Potencia	Vida útil	Imagen
Otros Equipos y Artefactos	Refrigerador	Electricidad	70W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Microondas	Electricidad	27W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Horno Eléctrico	Electricidad	15W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Máquina de Agua	Electricidad	69W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Hervidor de Agua Industrial	Electricidad	2000W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Proyector	Electricidad	498W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Radio	Electricidad	80W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Reproductor DVD	Electricidad	10W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Hervidor	Electricidad	45W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Fotocopiadora	Electricidad	900W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Impresora	Electricidad	150W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Frigobar	Electricidad	12W	No descrito	
Otros Equipos y Artefactos	Televisor Plasma	Electricidad	110W	No descrito	



## **Anexo 2: Características ATNC: Energía Solar y Eólica**

A continuación se presentan las características de funcionamiento y requerimientos de las Alternativas Tecnológicas no Convencionales disponibles actualmente en el mercado chileno y que se asocian al uso de la Energía Eólica y Solar.

Detallando los requerimientos mínimos y el espacio necesario para la instalación, el nivel de eficiencia de conversión y la cantidad de energía generada (Kwh) por cada tecnología.

Información que fue obtenida de los Libros Descriptivos de Energía Solar y Eólica, elaborados por el Centro de Energías Renovables del Ministerio de Energía (año 2011).

Se describen 3 aspectos importantes para las Alternativas Tecnológicas no Convencionales:

- Energía mínima requerida para el funcionamiento.
- Porcentaje de Conversión.
- Espacio disponible para la instalación.

### **Energía Mínima Requerida para el Funcionamiento:**

- **Paneles Solares Fotovoltaicos:** la exigencia mínima de energía requerida para el funcionamiento depende de la cantidad de electricidad que se desea producir, por lo que es independiente para cada proyecto.
- **Aerogeneradores:** la exigencia mínima de energía requerida para el funcionamiento es para la velocidad del viento promedio del lugar de emplazamiento de 7 m/s.

### **Nivel de Eficiencia de Conversión:**

- **Paneles Solares Fotovoltaicos:** el nivel de eficiencia de conversión es bastante bajo y varía entre un modelo y otro entre el 15% y el 20%.
- **Aerogeneradores:** poseen un nivel de eficiencia de conversión más alto que varía entre un modelo y otro entre el 15% y el 50%.



### **Espacio Requerido para la Instalación:**

- **Paneles Solares Fotovoltaicos:** el tamaño de los paneles no varía de manera importante entre un modelo y otro por lo que se considera un tamaño estándar de 4m<sup>2</sup>.
- **Aerogeneradores:** el tamaño depende de la cantidad de energía disponible y la que se necesita generar (electricidad) por lo que es independiente para cada lugar geográfico y para cada proyecto.



### **Anexo 3: Normativa Interna Equipos de Calefacción Carlos Pinto Fierro**

En el CESFAM Carlos Pinto Fierro se encuentra reglamentado el uso de los Equipos de Calefacción en cuanto a tiempos de encendidos, tipos de equipos permitidos y cantidad de los mismos.

Si bien estas reglas de funcionamiento no se encuentran estipuladas por escrito son de conocimiento de todos los funcionarios.

Dentro de estas Normas destacan:

- La cantidad de gas disponible para el mes es de 2000 litros, sin posibilidad alguna de generar una recarga antes de cumplido este plazo.
- Solo puede existir un Equipo de Calefacción por habitación.
- El horario de funcionamiento permitido para los Equipos de Calefacción es:
  - ✓ Mañana: 8:00hrs – 11:00hrs
  - ✓ Tarde: 15:00 hrs – 17:00hrs
- Los funcionarios no pueden utilizar Equipos de Calefacción de su propiedad en el Centro de Salud.

El cumplimiento de estas normas es velado por el Comité Paritario del CESFAM, encargado de realizar inspecciones al azar en diferentes días y horarios a las diferentes habitaciones del Centro de Salud.

En el caso de sorprender a algún funcionario incumpliendo alguna de estas normas el Equipo de Calefacción correspondiente es requisado por un día en forma de amonestación.