Universidad Austral de Chile
Escuela de Ingeniería Civil Industrial
Sede Puerto Montt

PROFESOR ACOMPAÑANTE:
ING. JUAN GAMIN MUÑOZ
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO POST– PROYECTO: "SISTEMA DEMOSTRATIVO DE CALEFACCIÓN BASADO EN EL USO DE ERNC Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA PARA USO COMBUSTIBLE, EN LAS INSTALACIONES DEL LICEO AGRÍCOLA DE ANCUD"

Trabajo de Titulación
para optar
al título de **Ingeniero Civil Industrial**

IVÁN IGNACIO PAREDES VARGAS

PUERTO MONTT – CHILE
2014

DEDICATORIA

Todo este trabajo está dedicado a quienes me apoyaron durante todo mi proceso estudiantil familia y amigos. En especial a María Estelbina Alvarado, quien ya no está con nosotros.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a quienes participaron durante el desarrollo de este proyecto de título, profesores y funcionarios tanto de CONAF, como de la Corporación Municipal de Ancud y el Liceo Agrícola de Ancud. En especial a Katy Soto, quien siempre estuvo dispuesta a cooperar y ayudar en lo que se requería.

Además se agradece de manera especial a Don Juan Gamín, profesor guía y funcionario de CONAF, quien fue una pieza importante para la realización de este proyecto, siempre prestando ayuda para una mejora continua del presente trabajo.

Se agradece a los profesores, quienes fueron una pieza clave a lo largo de todos estos años de estudio, y mis compañeros y amigos que muchas veces alivianaron el peso de este viaje y quienes siempre me alentaron a continuar y terminar este proyecto.

Por último pero no menos importante se agrade a la familia, quien siempre estuvo apoyando, y a quien estuvo acompañándome la mayor parte del tiempo en esta difícil etapa de la vida.

A todos muchas gracias.

SUMARIO

El proyecto de título presentado a continuación nació de una petición de CONAF para realizar una evaluación técnico – económica a un proyecto de calefacción realizado en el Liceo Agrícola de Ancud, en la comuna de Ancud, provincia de Chiloé, Región de Los Lagos. Este proyecto de calefacción consistió en la implementación de un sistema demostrativo de calefacción basado en el uso de energías renovables no convencionales y producción de biomasa para uso combustible en el predio e instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud. El objetivo que persigue CONAF con esta evaluación es la recopilación y generación de nueva información sobre el proyecto ejecutado para poder utilizar en futuros proyectos y en el fomento de la explotación de los recursos del bosque nativo presente en Chiloé.

Es así como en el Capítulo 1 se presentan los antecedentes generales de este proyecto de título, presentando los objetivos de este mismo y el planteamiento del problema que llevó a la realización del presente estudio, así como también una pequeña descripción de la Corporación Municipal de Ancud, ejecutora del proyecto, y los liceos Agrícola de Ancud y Domingo Espiñeira Riesco, quienes son favorecidos actualmente por la caldera de biomasa instalada por el proyecto.

En el capítulo siguiente se describen algunos conceptos importantes para la comprensión y realización de evaluación, como lo es un sistema de calefacción distrital, la biomasa, secadores solares y métodos y herramientas que fueron de utilidad para realizar la evaluación del proyecto ejecutado.

Por su parte en el Capítulo 3 se presenta la metodología utilizada para realizar la evaluación, la cual fue diseñada por el propio estudiante, siguiendo los requerimientos de información de CONAF y de la Corporación Municipal de Ancud, debido a la no existencia de una metodología general para este tipo de evaluaciones post – proyectos.

En el Capítulo 4 se presentan los resultados de este proyecto de título, los cuales van desde la descripción de la situación ante – proyecto, que dio origen al proyecto ejecutado, hasta la descripción y análisis técnico del sistema de calefacción instalado en el Liceo Agrícola de Ancud y el sistema de producción de biomasa, terminando con una evaluación económica de tres situaciones posibles de ser utilizadas por el sistema de calefacción para la obtención de su biocombustible, las astillas de madera.

En la evaluación del sistema de calefacción se analizaron los temas de mayor interés para la Corporación Municipal y CONAF, y para realizar la evaluación económica final. Los temas analizados son el tipo y calidad del biocombustible, la caldera de biomasa, los equipos auxiliares, la sala de caldera, el silo de almacenamiento, el suministro de biocombustible y el control y monitoreo del sistema.

Para la evaluación del sistema de producción de biomasa se realizó el análisis del Plan de Manejo Forestal del Predio Santa Adriana, predio administrado por el Liceo Agrícola del cual se planeaba originalmente obtener el biocombustible para la caldera, el análisis de los secadores de leña instalados y de la máquina

chipeadora instalada, los cuales no están funcionando como se requiere, por lo cual se buscaron opciones de mejora, principalmente en el caso de la máquina, para lo cual se realizaron cotizaciones en busca de una nueva chipeadora que se adecue a los requerimientos reales de la madera obtenida del predio.

El análisis económico comparó tres situaciones generadas a lo largo del estudio: producción de biomasa en el Liceo Agrícola con chipeadora propia, producción de biomasa en el Liceo Agrícola con chipeadora arrenda y compra de Biomasa. Esta evaluación dio como resultado que la opción más económica, como se esperaba, es la producción de biomasa por medio de una chipeadora propia, lo cual fue confirmado a través del método CAUE, pero a pesar de ser la menos costosa no es la mejor opción para la situación actual del Liceo Agrícola como se observa en el estudio realizado. Además este estudio económico sirvió para la justificación de la gran inversión realiza para este proyecto, la que fue de [$] 97.000.000, observándose que en cualquiera de los tres casos esta inversión se recupera en base a ahorros en calefacción en menos de 10 años.

Finalmente en los Capítulos 5 y 6 se recogen las conclusiones y recomendaciones respectivamente, recogidas por esta evaluación post – proyecto del sistema de calefacción instalado en las dependencias del Liceo Agrícola.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS iii

SUMARIO iv

ÍNDICE DE CONTENIDOS vi

ÍNDICE DE TABLAS ix

ÍNDICE DE GRÁFICOS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xii

ÍNDICE DE FÓRMULAS xiv

ÍNDICE DE ANEXOS xv

1. ANTECEDENTES GENERALES 1

1.1. Introducción 1

1.2. Objetivos 2

1.2.1. Objetivo General 2

1.2.2. Objetivos Específicos 2

1.3. Descripción de la Corporación Municipal de Ancud para la Educación, Salud y Atención de Menores 2

1.3.1. Liceo Agrícola de Ancud 3

1.3.2. Liceo Domingo Espiñeira Riesco 3

1.4. Planteamiento del Problema 3

2. MARCO TEÓRICO 5

2.1. Sistema de calefacción distrital 5

2.1.1. Caldera de biomasa 6

2.1.2. Tipos de Caldera 7

2.1.3. Silo de Almacenamiento 8

2.2. Biomasa 9

2.2.1. Fuentes de Biomasa 10

2.2.2. Tipos de biomasa para la combustión 11

2.3. Secador solar de leña 14
2.4. Evaluación Post – Proyecto 16
2.4.1. Criterios para un Evaluación Ex – Post....16
2.4.2. Tipos de Evaluación Ex – Post de un Proyecto de Inversión Pública (PIP) 17
2.5. Modelos de Evaluación de proyectos....19
2.5.1. Enfoque del Marco Lógico....21
2.5.2. Modelos de la tradición participativa o autogestión. 21
2.5.3. Evaluación socioeconómica de proyectos 23
2.6. Métodos estadísticos para pronósticos de datos 28
2.6.1. Método de promedios móviles 28
2.6.2. Método de suavización exponencial 29
2.7. Herramientas de recolección de información....30
2.7.1. Métodos Cuantitativos y Cualitativos 30
2.7.2. Instrumentos de recolección de información....31
3. DISEÑO METODOLÓGICO....34
3.1. Objetivo: Examinar el proceso de preparación del proyecto.....34
3.1.1. Actividad: Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de la situación anterior al proyecto, de la preparación del proyecto y del post proyecto.....34
3.1.2. Actividad: Examinar el proceso de preparación del proyecto ejecutado. 37
3.2. Objetivo: Realizar evaluación técnica de la situación actual del proyecto.....38
3.2.1. Actividad: Evaluar el sistema de calefacción a biomasa instalado en el Liceo Agrícola de Ancud…….. 38
3.2.2. Actividad: Evaluar el sistema de producción de biomasa para la caldera. 41
3.3. Objetivo: Realizar evaluación económica del proyecto.....42
3.3.1. Actividad: Comparar los costos de calefacción de los sistemas.....42
3.3.2. Actividad: Comparar las distintas situaciones generadas mediante el método del CAUE. .43
4. RESULTADOS 45
4.1. Objetivo: Examinar el proceso de preparación del proyecto.....45

4.1.1. Actividad: Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de la situación anterior al proyecto, de la preparación del proyecto y del post proyecto. 45

4.1.2. Actividad: Examinar el proceso de preparación del proyecto ejecutado. 49

4.2. Objetivo: Realizar evaluación técnica de la situación actual del proyecto. 55

4.2.1. Actividad: Evaluar el sistema de calefacción a biomasa instalado en el Liceo Agrícola de Ancud…… 55

4.2.2. Actividad: Evaluar el sistema de producción de biomasa para la caldera. 68

4.3. Objetivo: Realizar evaluación económica del proyecto. 76

4.3.1. Actividad: Comparar los costos de calefacción de los sistemas. 76

4.3.2. Actividad: Comparar las distintas situaciones generadas mediante el método del CAUE. .86

5. CONCLUSIONES 87

6. RECOMENDACIONES 91

7. BIBLIOGRAFÍA 92

7.1. Linkografía 93

ANEXOS 96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Tipos de silo de almacenamiento……8
Tabla N° 2.2: Característica de los pellets. 11
Tabla N° 2.3: Recomendaciones de astillas de madera para uso doméstico. 12
Tabla N° 2.4: Características de la cáscara de almendra y del hueso de aceituna. 13
Tabla N° 2.5: Recomendaciones de leña para uso doméstico. 13
Tabla N° 2.6: Características de las briquetas 14
Tabla N° 2.7: Criterios de Evaluación Ex - Post. 17
Tabla N° 2.8: Criterios según tipo de evaluación. 18
Tabla N° 2.9: Principales modelos de la tradición evaluativa. 19
Tabla N° 2.10: Matriz de Marco Lógico. 21
Tabla N° 2.11: Matriz costo-efectividad. 26
Tabla N° 2.12: Modelos de evaluación socioeconómica de proyectos. 27
Tabla N° 2.13: Modalidades de entrevista. 32
Tabla N° 2.14: Modalidades de observación. 33
Tabla N° 3.1: Resumen metodológico. 34
Tabla N° 3.2: Matriz de identificación de involucrados……35
Tabla N° 4.1: Identificación de involucrados……..45
Tabla N° 4.2: Especificaciones sistema de calefacción……..51
Tabla N° 4.3: Presupuesto planeado……..53
Tabla N° 4.4: Resumen sistemas de calefacción ante proyecto……54
Tabla N° 4.5: Características astillas G30 según ÖNORM M7133……55
Tabla N° 4.6: Contenido de humedad astillas de madera……..56
Tabla N° 4.7: Recurso forestal para uso combustible en Chile……..56
Tabla N° 4.8: Biocombustibles utilizados……..58
Tabla N° 4.9: Máximo consumo de biomasa por tipo de astillas……..60
Tabla N° 4.10: Objetivos de manejo……..68
Tabla N° 4.11: Características rodales a explotar……68

Tabla N° 4.12: Tiempos de trabajo chipeadoras……75

Tabla N° 4.13: Proyección sueldo mínimo. 78

Tabla N° 4.14: Costo producción de madera en el predio. 79

Tabla N° 4.15: Proyección costos de producción [m^3 estéreo] de madera……...79

Tabla N° 4.16: Costo anual aproximado de traslado de leña……79

Tabla N° 4.17: Costo de calefacción ante proyecto Liceo Agrícola y Liceo Domingo Espiñeira, ante proyecto……80

Tabla N° 4.18: Costos de calefacción para sistema con producción de astillas y chipeadora propia……..81

Tabla N° 4.19: Costos de calefacción: Producción de Biomasa con chipeadora propia vs GLP+Diésel….81

Tabla N° 4.20: Costos de calefacción para producción de astillas con chipeadora arrendada…….. 82

Tabla N° 4.21: Costos de calefacción: Producción de Biomasa con chipeadora arrendada vs GLP+Diésel.82

Tabla N° 4.22: Costos de calefacción para compra de astillas.....83

Tabla N° 4.23: Costos de calefacción: Compra de biomasa (P. insigne) vs GLP+Diésel. 83

Tabla N° 4.24: Costos de calefacción: Compra de biomasa (E. globulus) vs GLP+Diésel. 84

Tabla N° 4.25: Costo de producción de biomasa vs Costo de compra de biomasa.....85

Tabla N° 4.26: Valor presente…… 86

Tabla N° 4.27: Costo de producción de biomasa vs Costo de compra de biomasa.....86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 4.1: Superficie de bosque nativo aprovechable con fines energéticos.....57

Gráfico N° 4.2: Inventario de plantaciones forestales por especie, 2012. 57

Gráfico N° 4.3: Gráfico consumo máximo de biomasa al año.. 61

Gráfico N° 4.4: Consumo de energía de los sistemas... 61

Gráfico N° 4.5: Costo de los combustibles proyectados……..78

Gráfico N° 4.6: Gráfico costos de calefacción, según combustible y método de obtención.……..85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Componentes de un sistema DH.....5
Figura N° 2.2: Estructura de una caldera de biomasa.....6
Figura N° 2.3: Fuentes de biomasa.....11
Figura N° 2.4: Secador solar de leña.....15
Figura N° 3.1: Entrevista (1).....35
Figura N° 3.2: Entrevista (2).....36
Figura N° 3.3: Entrevista (3).....37
Figura N° 4.1: Establecimientos sector calle Latorre, Ancud.....50
Figura N° 4.2: Estanques de inercia planificados.....51
Figura N° 4.3: Planificación sala de caldera.....52
Figura N° 4.4: Ubicación inicial caldera de chip.....52
Figura N° 4.5: Calefactores Trotter, Liceo Agrícola.....54
Figura N° 4.6: Caldera diésel, Liceo Domingo Espiñeira.....54
Figura N° 4.7: Placa identificación caldera de biomasa.....58
Figura N° 4.8: Caldera KWB Multifire USV 60.....59
Figura N° 4.9: Estanques de inercia.....62
Figura N° 4.10: Boceto sala de caldera instalada.....62
Figura N° 4.11: Sala de caldera implementada.....63
Figura N° 4.12: Ubicaciones sala de caldera y secador de leña, Liceo Agrícola.....63
Figura N° 4.13: Silo de Almacenamiento.....64
Figura N° 4.14: Aberturas silo de almacenamiento.....65
Figura N° 4.15: Almacenamiento del biocombustible restante en el sector de astillado.....66
Figura N° 4.16: Ubicación Predio Santa Adriana.....69
Figura N° 4.17: Ciclo producción de biomasa.....69
Figura N° 4.18: Ubicación secador Predio Santa Adriana.....70
Figura N° 4.19: Secador Liceo Agrícola de Ancud.....70
Figura N° 4.20: Secador Predio Santa Adriana.....70

Figura N° 4.21: Techo secador húmedo producto de filtraciones de agua lluvia……..…71

Figura N° 4.22: Madera en espera para ingresar a secador ……72

Figura N° 4.23: Chipeadora DIVERMAQ CH-6D……73

Figura N° 4.24: Chipeadora LASKI LS150DW……74

Figura N° 4.25: Chipeadora LASKI LS 150/27……74

Figura N° 4.26: Chipeadora TEREX-WOODSMAN modelo 730……74

Figura N° 4.27: Chipeadora BEARCART 72620……75

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula N° 2.1: Valor Actual Neto. 24
Fórmula N° 2.2: Tasa Interna de Retorno. 24
Fórmula N° 2.3: Relación costo/beneficio. 24
Fórmula N° 2.4: Costo Anual Uniforme Equivalente. 28
Fórmula N° 2.5: Promedio móvil. 29
Fórmula N° 2.6: Suavización exponencial. 29
Fórmula N° 3.1: Demanda energética anual. 38
Fórmula N° 3.2: Potencia de consumo. 39
Fórmula N° 3.3: Media móvil. 39
Fórmula N° 3.4: Biomasa consumida. 39
Fórmula N° 3.5: Autonomía del silo. 40
Fórmula N° 3.6: Volumen de madera demandado. 41
Fórmula N° 3.7: Proyección lineal. 42
Fórmula N° 3.8: Valor Presente. 43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Glosario…….....97

ANEXO B: Preguntas para evaluación de sostenibilidad……..……..…99

ANEXO C: Ficha diagnostico utilización de energía en el Liceo Agrícola De Ancud……..…..…...102

ANEXO D: Normas de calidad de los biocombustibles……103

ANEXO E: Dimensiones de caldera KWB USV D……106

ANEXO F: Detalles técnicos caldera KWB – funcionamiento con astillas……108

ANEXO G: Estrucutura calderas KWB multifire……110

ANEXO H: Sistema de alimentación KWB……111

ANEXO I: Predio Santa Adriana, Puerto Elvira……...……..112

ANEXO J: Característica máquina chipeadora DIVERMAQ CH-6D……113

ANEXO K: Cotizaciones máquina chipeadora LASKI LS 150…….....114

ANEXO L: Chipeadora BEARCART modelo 72620……..……117

ANEXO M: Datos climáticos estación Senda Darwin, comuna de Ancud…….....…….…118

ANEXO N: Distancia Liceo Agrícola – Predio Santa Adriana medido con plataforma google earth……..……..…119

ANEXO O: Ejemplo contenido de bitacora para registro de operación de caldera..……..…..…120

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Introducción

En la actualidad existe una preocupación a nivel mundial por el cuidado del medio ambiente, poniendo un gran énfasis en la disminución de todo tipo de emisiones de material particulado y gases de efecto invernadero (GEI), como por ejemplo el dióxido de carbono (CO_2), es por esto que el año 2011 la Corporación Nacional Forestal (CONAF), en conjunto con Ministerio de Energía y la Corporación Municipal de Ancud, realizaron la formulación de un proyecto demostrativo de bioenergía para un establecimiento educacional en la Comuna de Ancud, el Liceo Agrícola de Ancud, el cual requirió una inversión de [$]97 millones. Este proyecto buscaba generar información para la discusión y el desarrollo del uso de fuentes de biomasa presentes en la provincia de Chiloé, además de la promoción de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), especialmente de los recursos leñosos presentes en esta provincia.

El proyecto consistió en la instalación de un sistema de calefacción demostrativo basado en el uso de ERNC y la producción de biomasa para uso combustible en el predio y las instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud, liceo que antes de la ejecución del proyecto se abastecía de calefacción por medio de gas licuado y de manera muy irregular. Este sistema está formado por una caldera de biomasa la cual se espera a futuro funcione como un sistema centralizado de transmisión de calor, lo que se conoce como Calefacción Distrital, calefaccionando al Liceo Agrícola y establecimientos aledaños. Actualmente son dos los liceos que aprovechan los beneficios de este sistema, el Liceo Agrícola de Ancud y el Liceo Domingo Espiñeira Riesco.

Este sistema de calefacción puede utilizar diversas fuentes de energía de manera eficiente y controlada, una de estas fuentes es la biomasa, materia orgánica renovable, proveniente de vegetales y animales de manera directa o desde algún proceso. La biomasa ha sido utilizada desde hace miles de años para la producción de energías, como por ejemplo la energía térmica, la energía eléctrica y la producción de gas, aunque su utilización para los sistemas de calefacción distrital es relativamente nueva. La energía producida por la biomasa tiene la ventaja de poseer un factor de emisión cero de CO_2, debido a que sus productos de combustión son agua y CO_2, este último, emitido en la misma cantidad que fue captado previamente por las plantas en su etapa de crecimiento. La biomasa puede venir de diversas fuentes, las cuales son clasificadas por el Ministerio de Energía como: biomasa natural, biomasa residual seca, biomasa residual húmeda y cultivos energéticos.

Por su parte, CONAF posee las necesidades de unificar la información generada en este proyecto, además de generar nueva información que pueda utilizar en nuevos proyectos enfocados en la incorporación al negocio local forestal de un nuevo producto, la astilla o chip de madera, como combustible para la generación de energía térmica, aprovechando la riqueza del bosque nativo presente en la provincia de Chiloé, la que posee una superficie de 291.990[ha] de bosques, según datos entregados por CONAF.

Es por esto que el presente proyecto de título se enfoca en una Evaluación Ex – Post, desde los ámbitos técnico – económico, del proyecto ejecutado: “SISTEMA DEMOSTRATIVO DE CALEFACCIÓN BASADO EN EL USO DE ERNC Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA PARA USO COMBUSTIBLE, EN EL PREDIO Y LAS INSTALACIONES DEL LICEO AGRÍCOLA DE ANCUD”; basada en los criterios de evaluación de sostenibilidad y eficiencia, utilizando herramientas de recolección de información de fuentes primarias y secundarias, así como también herramientas de la ingeniería económica como el VAN y el método del CAUE. Esto con la finalidad de satisfacer esta necesidad de CONAF y el Ministerio de Energía de obtener información sobre los resultados de este proyecto.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar una evaluación post proyecto del “sistema demostrativo de calefacción basado en el uso de ERNC y producción de biomasa para uso combustible, en las instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud”, enfocada en los ámbitos técnico y económico, con la finalidad de generar información relevante que el Ministerio de Energía y CONAF puedan utilizar en nuevos proyectos energéticos y en el intento de incorporar al negocio local forestal de un nuevo producto, la astilla o chip de madera, como combustible para la generación de energía térmica y para la mejora del sistema instalado.

1.2.2. Objetivos Específicos

A. Examinar el proceso de preparación del proyecto, mediante la recopilación de datos desde fuentes secundarias de información para la generación del escenario inicial a comparar.
B. Realizar evaluación técnica de la situación actual del proyecto, mediante el análisis de los datos recopilados desde fuentes primarias y secundarias de información, para la generación de escenario actual a comparar.
C. Realizar evaluación económica del proyecto, mediante el análisis de los datos recopilados desde fuentes primarias y secundarias de información, utilizando métodos de evaluación socioeconómica de proyectos y métodos estadísticos de datos.

1.3. Descripción de la Corporación Municipal de Ancud para la Educación, Salud y Atención de Menores.

La Corporación Municipal de Ancud para la Educación, Salud y Atención de Menores, constituida el 2 de febrero de 1987, es una corporación de derecho privado que tiene como objetivos el administrar y operar servicios en las áreas de educación, salud y atención de menores que haya tomado a su cargo la Ilustre Municipalidad de Ancud, adoptando las medidas necesarias para su dotación, ampliación y

perfeccionamiento y de difundir a la opinión pública el conocimiento de los objetivos que impulsa la corporación y las realizaciones que ella lleva a cabo.

Esta corporación no posee fines de lucro ni puede obtener beneficios lucrativos, sin perjuicio de esto puede realizar actividades económicas que tengan como fin cumplir con los objetivos de la corporación.

La corporación es administrada por un directorio formado por cuatro miembros, los cuales tienen cargos de concejales, y por el alcalde de Ancud o quien el estime conveniente, quien ejerce de presidente.

1.3.1. Liceo Agrícola de Ancud

El Liceo Agrícola de Ancud, perteneciente a la administración de la Corporación Municipal, es una comunidad educativa fundada el 7 de noviembre de 1996. Se encuentra ubicado en Almirante Latorre #565, Ancud, Región de Los Lagos. Su misión institucional es la formación integral de estudiantes de enseñanza medio técnico profesional en tres especialidades: Agropecuaria, Administración y Contabilidad.

El liceo cuenta con una población de 256 personas, entre estudiantes (214), docentes y directivos (32) y asistentes (10). Los estudiantes se dividen en 11 cursos, desde primero hasta cuarto año de enseñanza media, de los cuales un 53 por ciento pertenecen a grupos indígenas.

1.3.2. Liceo Domingo Espiñeira Riesco

El Liceo Domingo Espiñeira Riesco, perteneciente a la Corporación Municipal de Ancud, fue creado por Decreto Supremo el 4 de marzo de 1869, bajo el nombre Liceo Co-Educacional de Ancud hasta 1980 donde tomó el nombre por el que es conocido actualmente. Se encuentra ubicado en Almirante Latorre #555, Ancud, Región de Los Lagos. Su misión es “ofrecer un servicio educativo de equidad y calidad, de contextualización y pertinencia, de trascendencia en la formación general para la vida de relevancia pedagógica para la continuidad de estudios superiores y de significación valórica para la formación de personas integras, resueltas y capaces de auto generar un proyecto de vida según expectativas y posibilidades, incorporándose a la sociedad a través de la inserción crítica y constructiva”.

Este liceo cuenta con una población de 420 personas, entre estudiantes (370), profesores (35) y asistentes de educación (15).

1.4. Planteamiento del Problema

El año 2011 el Ministerio de Energía, CONAF y la Corporación Municipal de Ancud, formularon un proyecto demostrativo de calefacción de [$] 97 millones para el Liceo Agrícola de Ancud, proyecto que tuvo su origen bajo el “Programa de Energización Rural y Social” del Ministerio de Energía, dirigiendo recursos para la ejecución de proyectos demostrativos de carácter replicable, con el objetivo de generar información técnica y social para fomentar el uso de ERNC y desarrollar nuevas tecnologías, buscando satisfacer necesidades

energéticas para actividades domésticas, de servicio y/o productivas de algún individuo o grupo de personas, que presentan dificultades en el acceso de energía.

El proyecto, consistió en la instalación de un sistema demostrativo de calefacción basado en el uso de ERNC y producción de biomasa para uso combustible, en el predio y en las instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud. El sistema de calefacción se centra en el uso de una caldera de biomasa, que posee la capacidad de funcionar como un sistema centralizado de transmisión de calor, lo que se conoce como sistema de calefacción distrital. Mientras que la producción de biomasa se centra en el uso de secadores demostrativos de leña y una máquina chipeadora, en los cuales se trabajará la madera obtenida del Predio Santa Adriana, el cuál es administrado por el Liceo Agrícola y es propiedad de la Corporación Municipal de Ancud.

Debido a que este proyecto fue generado por entidades del estado, tiene un carácter de proyecto social, por lo que no fueron realizados estudios de pre inversión para este proyecto, ya que no existía la necesidad de conocer la rentabilidad del proyecto, sino que sólo interesaba solucionar un problema a una comunidad o parte de esta, para este caso el grupo perteneciente al Liceo Agrícola: profesores, alumnos y administrativos. De esta manera se busca cumplir el objetivo del Ministerio de Energía y CONAF de generar información para la discusión y el desarrollo de nuevos proyectos e incorporar al negocio local forestal un nuevo producto, la astilla o chip de madera, como combustible para la generación de energía térmica, aprovechando la riqueza de la provincia de Chiloé en cuanto a bosque nativo, el cual posee una superficie de unas 291.990[ha] (CONAF, catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile, 1994 -1997), y de paso ayudar a satisfacer las necesidades de la Corporación Municipal, se hace necesaria la evaluación del proyecto desde un punto de vista técnico y económico, para así responder interrogantes como ¿Cuánto más eficiente es este nuevo sistema de calefacción comparado con el usado anteriormente?, ¿Cuánto es el ahorro al utilizar energía térmica generada con biomasa?, ¿Cuáles son los cuidados que hay que tener al manejar este tipo de caldera?, ¿Qué fuente de biomasa es la más costo - eficiente?, en definitiva, conocer ¿si realmente es conveniente el uso de biomasa para calefacción sobre otros tipos de combustible?.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de calefacción distrital

La calefacción distrital es un término proveniente de Europa en el siglo XIX, se refriere a que un conjunto de edificaciones cercanas que comparten una red distrital que les otorga energía térmica, como calefacción y/o agua caliente sanitaria (ACS). Nació como respuesta a la necesidad de los pueblos de abastecerse de energía térmica, la cual comenzó a ser entregada por las empresas mediante sus procesos productivos a través de las redes distritales. Su utilización se vio disminuida luego de los años 70's debido a la mayor competitividad de los combustibles fósiles y a la aparición de unidades de calefacción individuales, pero debido a la creciente preocupación por el medio ambiente la calefacción distrital reapareció como fuerte alternativa de calefacción, esto apoyado de la utilización de nuevos combustibles como la biomasa y el desarrollo tecnológico de las calderas.

Así mismo, para aclarar un poco más el concepto se presenta la opinión de Michael Schmidt, gerente de Energía Sur, empresa que distribuye tecnología térmica en base a biomasa: "La calefacción distrital, principalmente, es cuando atiendes desde una fuente de energía centralizada a varios consumidores que no se relacionan entre ellos. Tengo una sala de caldera y una cierta cantidad de edificios que están abastecidos por ella. Cada usuario dentro del edificio paga la cuenta de la energía que gastó. Básicamente un sistema de calefacción distrital es muy similar a un sistema de generación de electricidad, por ejemplo" (SustentaBit (16):10-15, 2013).

Cabe mencionar que este sistema de calefacción está compuesto básicamente por tres componentes: Planta de producción de calor, Red de distribución y La central en vivienda o edificación (Barrios, 2012).

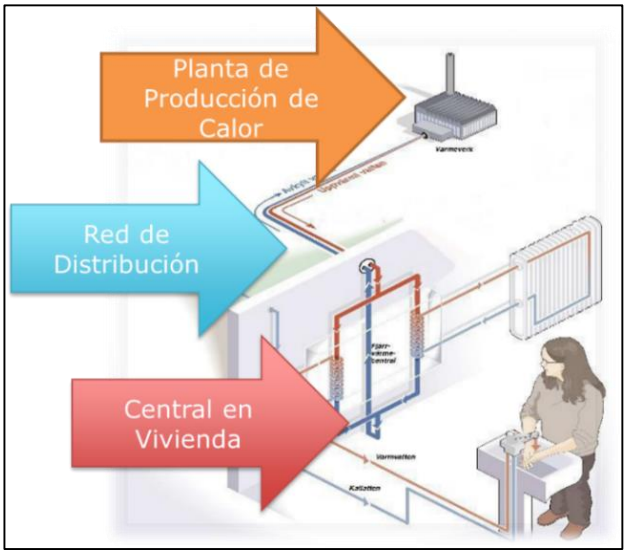


Figura N° 2.1: Componentes de un sistema DH.

Fuente: Evaluación de alternativas de calefacción distrital para las comunas de Temuco y Padre Las Casas (2012).

La energía térmica es producida en la planta de producción de calor, lugar donde se encuentra la caldera, y transmite esta energía a los usuarios por medio de la red de distribución, formada por dos tuberías: una de impulsión y otra de retorno, por las que circula vapor y/o ACS a alta y baja temperatura respectivamente. Estas tuberías están instaladas bajo el suelo recorriendo distintos puntos de consumo hasta unidades terminales (central en edificación), luego el fluido retorna a la caldera donde se calienta nuevamente y comienza el proceso una vez más

2.1.1. Caldera de biomasa

Las calderas de biomasa son un equipo compacto diseñado específicamente para uso doméstico o comercial, pero aun así existen algunos modelos para instalaciones industriales, poseen un sistema de encendido y regulación automático, además algunas poseen el retirado de cenizas de manera automatizada, todo para facilitar el manejo de los usuarios.

Según TodosBiomasa.com (2013), administrada por la empresa SERINA (Servicios de Ingeniería y Arquitectura S.L.), las calderas de uso doméstico o comercial son de baja y mediana potencia, llegando hasta los 150 - 200[kW] de potencia, además poseen un alto rendimiento, entre un 85 - 92 por ciento, similar a calderas de gasóleo o de gas y mucho mayor que las estufas convencionales de baja eficiencia, entre 30 - 60 por ciento, lo cual provoca una disminución en el consumo de combustible, lo que sumado con el menor costo de la biomasa frente a otros combustibles provocan una disminución en los costos de calefacción.

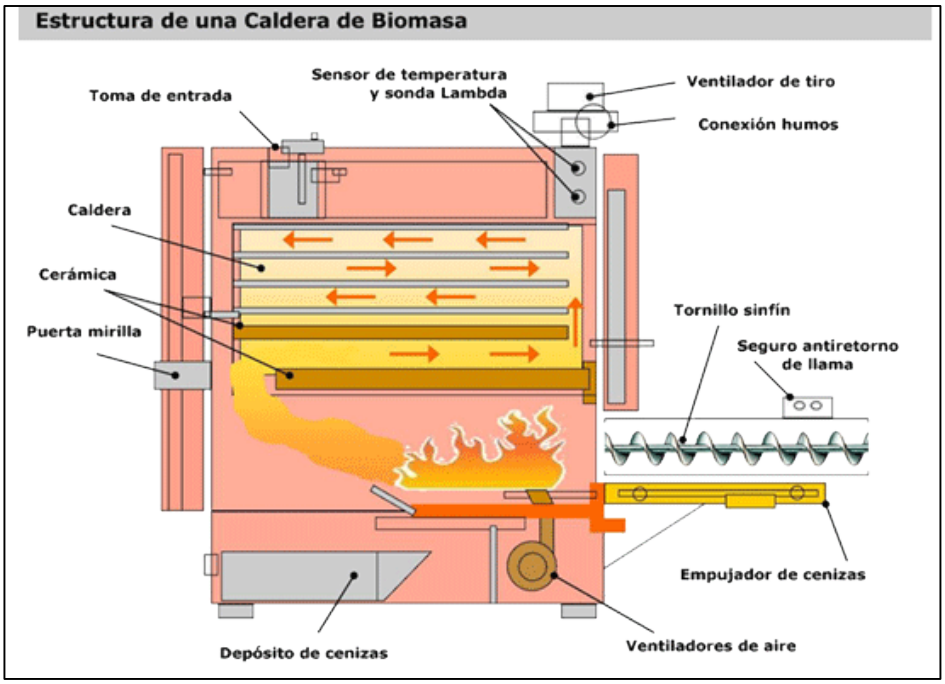


Figura N° 2.2: Estructura de una caldera de biomasa.

Fuente: todosbiomasa.com (2013).

2.1.2. Tipos de Caldera

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE, 2009) se pueden encontrar dos tipos de clasificaciones de caldera, según los tipos de combustibles existen tres tipos de calderas:

- Calderas específicas de pellets: Suelen ser pequeñas (hasta 40[kW]) y altamente eficientes. Destaca su compacidad debido a la estabilidad del combustible suministrado. La razón de ser de estas calderas tiene sentido por su bajo costo, pequeño tamaño y un elevado rendimiento. En algunos casos pueden utilizar otros biocombustibles con características similares siempre que el fabricante lo garantice.
- Calderas de biomasa: Su potencia varía desde los 25[kW] a cientos de [kW]. No admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera. Precisan de modificaciones en tornillo de alimentación y parrilla.
- Calderas mixtas multicombustible: Admiten varios tipos distintos de combustible, cambiando de unos a otros de manera rápida y eficiente, como por ejemplo de pellets y astillas. Suelen fabricarse para potencias medias (alrededor de 200[kW]) o grandes.

Mientras que son cuatro los tipos de calderas de biomasa, dependiendo de su tecnología:

- Calderas convencionales adaptadas para biomasa: Estas calderas de biomasa son las de menor rendimiento, llegando hasta a un 85 por ciento de rendimiento, son semi-automáticas y además se dividen en dos tipos: calderas de gasóleo con quemador de biomasa y calderas adaptadas con quemador fijo o en cascada. La limpieza de estas calderas no es totalmente automática y la razón por la que su rendimiento sea más bajo es debido a no estar diseñadas específicamente para el uso de biomasa.
- Calderas estándar de biomasa: Calderas de alto rendimiento, hasta de un 92 por ciento, son totalmente automáticas y al igual que las calderas convencionales se dividen en dos tipos: calderas de biomasa con alimentador inferior, que únicamente pueden consumir pellets estándar por su bajo contenido en cenizas, y calderas de biomasa con parrilla móvil, aptas para biocombustibles con altos contenidos de humedad y cenizas. Estas últimas son utilizadas para generar potencias mayores a los 100 [kW].
- Calderas mixtas: Calderas de alto rendimiento, hasta un 92 por ciento, son totalmente automáticas y permiten el uso alternativo de dos combustibles en función de las necesidades de cada situación. Requieren un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible.
- Calderas a condensación: Poseen el mayor de los rendimientos, llegando a un 103 por ciento con respecto al poder calorífico inferior (PCI), son totalmente automáticas, poseen un alimentador inferior. Estas calderas son aptas sólo para el uso de pellets y además son de baja potencia (menor

a 70[kW]). Estas calderas utilizan un intercambiador para aumentar la temperatura el agua mediante el calor generado con la quema de pellets.

2.1.3. Silo de Almacenamiento

Según el IDAE (2009), el silo es el lugar destinado únicamente al almacenamiento de los biocombustibles sólidos y puede encontrarse tanto en superficie como de forma subterránea. El silo de almacenamiento debe encontrarse en una habitación diferente de la sala de calderas, destinada únicamente a ese fin.

Desde el silo el combustible es transportado hacia la caldera; el tipo de transporte y los sistemas de suministros dependen del sistema de almacenamiento. Los silos sobre el terreno necesitan de vehículos de suministro que puedan descargar lanzando el combustible sobre la pila mientras que los silos subterráneos con trampilla de acceso se pueden llenar con cualquier tipo de vehículo volquete, o caja basculante.

El mismo IDAE (2009) indica que básicamente los tipos de almacenamiento se dividen en:

Almacenamientos prefabricados: diseñados específicamente para combustibles de pequeña granulometría y estandarizados, como los pellets, astillas e incluso huesos de aceituna o cascaras de almendras.

Almacenamientos de obra: salas o construcciones existentes adaptadas para su uso como silo de almacenamiento. Su característica más importante es la ausencia de humedad.

A continuación se presentan las diversas posibilidades dentro de cada grupo:

Tabla N° 2.1: Tipos de silo de almacenamiento.

Tipo de almacenamiento		**Sistema de carga del silo**	**Sistema de alimentación de la caldera**	**Observaciones**
Almacenamiento prefabricado	Contenedor o tolva exterior	Sistema neumático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Normalmente se utiliza en viviendas unifamiliares
	Silo flexible	Sistema neumático o semiautomático	Tornillo sinfín o sistema neumático	Capacidad de entre 2 y 5 [ton]. Para viviendas unifamiliares o pequeños edificios (caldera de <40[kW])
	Depósito subterráneo	Sistema neumático	Sistema neumático	Tanto en viviendas unifamiliares como en grandes instalaciones

	Tolva o almacenamiento integrado	Semiautomático	Semiautomático	Almacenamiento integrado en la caldera.
Almacenamiento de obra (sala de nueva construcción o adaptación de un existente) Almacenamiento de obra (sala de nueva construcción o adaptación de una existente)	Con suelo inclinado de 2 lados	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	No necesita agitador
	Con suelo inclinado de 1 lado	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	Agitador sólo hasta 25°. A mayor ángulo de inclinación, mayor espacio muerto bajo los lados inclinados
	Con suelo horizontal	Sistema neumático o descarga directa a través de trampilla	Tornillo sinfín o sistema neumático	Con agitador siempre
		Descarga directa	Semiautomático	Para combustibles de tamaño o forma heterogénea como leña o briquetas, que son difíciles de automatizar

Fuente: Guía técnica: instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE (2009). Elaboración propia.

2.2. Biomasa

Existen definiciones de lo que es la biomasa de distintos autores y organizaciones, tales como el Ministerio de Energía (2013), la Asociación de Productores de Energías Renovables (2013), Ingeniería y Desarrollo Forestal S.A. (INDEF) (2013), entre otros, las cuales son muy similares, lo que permite entender que existe un concepto claro y general de lo que es la biomasa.

Se presenta a continuación la definición realizada por el Ministerio de Energía, debido a la importancia de esta institución en este tema: “Se entiende por biomasa al conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma”. Además el ministerio indica que sus usos son principalmente para la producción de gas, energía térmica y energía eléctrica.

La biomasa tiene como función principal la generación de energía, esta es llamada energía de la biomasa, la cual según el Ministerio de Energía es "toda aquella energía que puede obtenerse de la biomasa, a través de su quema directa o su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible como tal, como por ejemplo biogás o los biocombustibles". Además indica que esta energía "proviene en última instancia del sol, debido a que mediante la fotosíntesis el reino animal absorbe y almacena una parte de la energía solar; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y dióxido de carbono (CO_2) presentes en el aire. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En ambos procesos de transformación se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero que pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos". Según Santa Cruz, J. *et al* (2008) "la cantidad de energía mundial que fijan las plantas mediante la fotosíntesis equivale aproximadamente a 10 veces el consumo mundial de energía y aproximadamente 200 veces la energía consumida en forma de alimentos".

La energía de biomasa posee un factor de emisión cero de CO_2, debido a que la combustión de la biomasa produce agua, CO_2 y cenizas. El CO_2 liberado corresponde con el CO_2 absorbido previamente por las plantas en su etapa de crecimiento, mientras que las cenizas pueden ser utilizadas como abono en el proceso de fotosíntesis de nuevas plantaciones (Ministerio de Energía, 2013).

2.2.1. Fuentes de Biomasa

Las fuentes de biomasa pueden ser utilizadas para producir energía sustituyendo a los combustibles fósiles. Estas fuentes cubren un amplio rango de materiales y fuentes, de las que depende su clasificación.

Para este estudio se utilizará la clasificación de las fuentes de biomasa realizada por el Ministerio de Energía (2013), debido a todo lo que este ministerio representa:

- Biomasa natural: es la que se encuentra en estado natural sin ningún tipo de intervención humana. Los recursos generados por los desechos naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa.
- Biomasa residual seca: se incluyen en este grupo los productos sólidos no utilizados de las actividades agrícolas y ganaderas, las forestales y de los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera. Algunos ejemplos son el estiércol, la paja, el orujo, la madera de podas y raleo, el aserrín, etc.
- Biomasa residual húmeda: son los vertidos denominados biodegradables: las aguas residuales e industriales y los residuos ganaderos principalmente purines. La fermentación de este tipo de biomasa genera un gas (biogás) que se combustiona.
- Cultivos energéticos: son los cultivos realizados con la finalidad de producir biomasa transformable en biocombustible. Se encuentran en este grupo el maíz, raps, girasol y plantaciones dendroenergéticas.

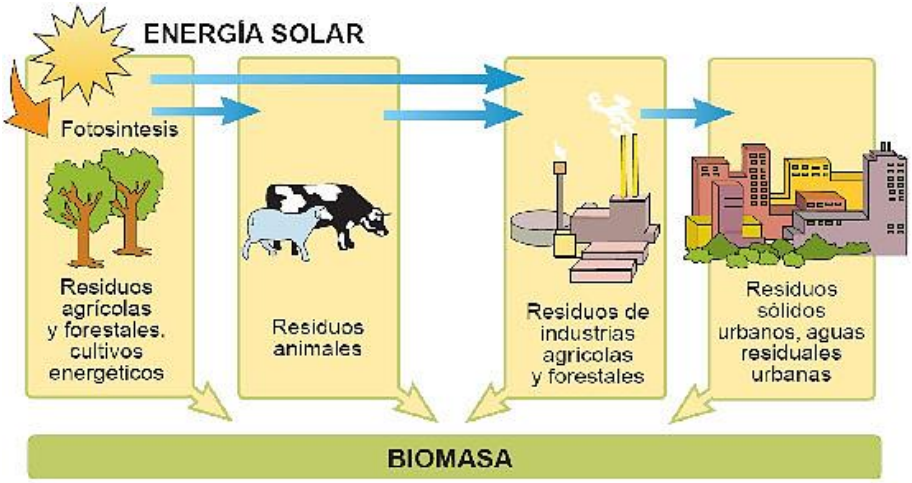


Figura N° 2.3: Fuentes de biomasa.

Fuente: Ministerio de Energía (2013).

2.2.2. Tipos de biomasa para la combustión

La guía técnica: instalaciones de biomasa térmica en edificios (IDEA, 2009) indica que los productos más utilizados como combustibles para calderas de biomasa son los pellets de madera, astillas de madera, residuos agroindustriales, leña y briquetas, los cuales define de la siguiente manera:

Pellets: biocombustible estandarizado a nivel internacional. Consiste en partículas prensadas de viruta de madera seca, proveniente de residuos industriales. Generalmente la madera proviene de restos de poda y de limpieza de bosques, y de los residuos de aserraderos, industrias forestales o agroforestales. El proceso de pelletización no utiliza productos químicos, sino que solamente presión y vapor, aunque es posible encontrar un porcentaje reducido de aditivos biológicos. Sus principales características son:

Tabla N° 2.2: Características de los pellets.

		Baja calidad	Estándar	Alta calidad
Poder calorífico	[kcal/kg]	> 3.000	> 4.000	> 4.300
	[kJ/kg]	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. [% en masa]		< 12	< 12	< 10
Densidad [kg/m^3]		> 100	1.000 – 1.400	> 1120
Contenido en ceniza [% en peso]		< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud [mm]		< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro [mm]		< 12	4 - 10	< 8

Fuente: Guía técnica: instalaciones de biomasa térmica en edificios, basada en normas DIN y ÖNORM 7135 para pélets. IDAE (2009). Elaboración propia.

Generalmente los mejores pellets de madera poseen menos de un 10 por ciento de humedad y una durabilidad mecánica mayor o igual 97,5 por ciento. Su contenido de finos menor al 2 por ciento, mientras

que las cenizas y el azufre se encuentran cercanos al 0,7 por ciento y 0,05 por ciento respectivamente. Los aditivos no deben ser mayor al 2 por ciento en peso en base seca y como compactadores sólo son válidos productos de la biomasa agrícola y forestal que no han sido tratados químicamente.

Su mayor ventaja es que al tener un comportamiento similar a un fluido es fácil de almacenar, transportar y dosificar, lo que permite ser suministrado en lugares lejanos al lugar de su producción.

El suministro de los pellets puede ser en sacos, para pequeñas instalaciones, o camiones, los que pueden tener un sistema neumático para facilitar el llenado del silo de almacenaje.

Es importante que su almacenamiento, tanto en los puntos de suministro como en el almacenamiento en edificios, sea en recintos impermeabilizados debido a su degradación a ciertos porcentajes de humedad

Astillas de madera: las astillas o chips provienen del residuo agrícola y/o forestal y se presenta tanto en pequeñas astillas trituradas como en aserrín. Estos residuos pueden ser todos los tipos de restos de madera ofrecidos por la naturaleza. Para producir las astillas se debe secar la madera durante unos meses, para evitar que la humedad provoque una combustión deficiente y aumente la generación de cenizas. Luego del proceso de secado la madera es astillada en trozos de entre 5 - 100[mm] de longitud. Dependiendo de la calidad y procedencia de se pueden distinguir dos grupos de astillas:

- *Astillas de clase 1*: provenientes de la industria de la primera y segunda transformación de la madera o maderas forestales muy limpias. Suelen tener humedades menores a 3 por ciento aunque pueden alcanzar el 45 por ciento. Válidas para todo tipo de instalaciones.
- *Astillas de clase 2*: provenientes de tratamientos silvícolas, agrícolas y forestales. Poseen humedades de hasta un 45 por ciento. Se utilizan para instalaciones de media y muy alta potencia, como grandes edificios y redes de calefacción.

Su ventaja es que al ser un combustible con un pre-tratamiento relativamente sencillo (secado y astillado), tiene un costo inferior a otras biomasas producidas industrialmente, además pueden ser producidas localmente y pueden ser un combustible de alta calidad para calderas de cualquier tamaño, aunque requieren de un mayor espacio de almacenamiento que los pellets o el hueso de aceituna. Es importante el control de calidad de las astillas de madera y residuos agroindustriales ya que sus características son poco homogéneas, principalmente el poder calorífico y la humedad. Las astillas muy húmedas (mayor al 40 por ciento), trozos muy grandes en las astillas, y algunos tipos de residuos agrícolas son poco recomendables en la mayoría de las calderas para edificios y viviendas.

Tabla N° 2.3: Recomendaciones de astillas de madera para uso doméstico.

Astillas	
Origen	Troncos de madera
Contenido de humedad	≤ 20 - 30 [%]

Dimensiones de la fracción principal (> 80[%] en peso)	Dimensión mayor ≤ 63 [mm]
Densidad energética	< 900 [kWh/m^3] apilados

Fuente: Guía técnica: instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE (2009). Elaboración propia.

Residuos agroindustriales: Estos son fundamentalmente los provenientes de las industrias de la producción de aceite de oliva y aceituna, de las alcoholeras y la uva, y de los frutos secos. En general, los proveedores suelen reducir su grado de humedad mediante procesos de secado con el objetivo de aumentar el poder calorífico inferior (PCI). Son combustibles económicos y de buena calidad, aunque en algunos casos se debe prestar atención a las distintas calidades de una misma biomasa, por ejemplo, el hueso de aceituna es recomendable que esté limpio de pieles y pellejo, para reducir las labores de mantenimiento y mejorar la operación.

Tabla N° 2.4: Características de la cáscara de almendra y del hueso de aceituna.

Cáscara de almendra	
Humedad por ciento	12
Densidad aparente [kg/m^3]	470
PCI b.s. [kj/kg]	15.900
PCI b.s. [kWh/kg]	4,4
Hueso de aceituna	
Humedad por ciento	10
Densidad aparente [kg/m^3]	650 – 700
PCI b.s. [kj/kg]	18.000 – 19.000
PCI b.s. [kWh/kg]	5,0 - 5,3

Fuente: Guía técnica: instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE (2009). Elaboración propia.

Leña: Proviene de trocear troncos que no van a ser utilizados para producir madera, y pueden producirse localmente por los usuarios. La energía que produce dependerá del tipo de madera y humedad que contenga, al igual que todos los tipos de biomasa. Debe ser introducida de manera manual a la caldera, normalmente varias veces al día. Su ventaja es que una biomasa muy económica.

Tabla N° 2.5: Recomendaciones de leña para uso doméstico.

Leña	
Origen	Troncos de madera
Contenido de humedad	≤ 20 [%]
Dimensiones	Desde piezas menores de 20 [cm] de longitud, con diámetros <2[cm], hasta piezas con longitud superior a 1[m] y diámetro >35[cm]. La

	mayoría de las clases se sitúan entre estos valores con longitudes entre 20[cm] y 1[m] y diámetro >2[cm] y <35[cm]
Madera	Especificar si es de conífera o frondosa
Clasificación	No se ven significantes cantidades de moho o descomposición; la superficie de corte son lusas y regulares
Densidad energética	Para maderas de frondosas valores < 1.700 [kWh/m^3] apilados y para coníferas o mezclas de ambas valores < 1.300 [kWh/m^3] apilados

Fuente: Guía técnica: instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE (2009). Elaboración propia.

Briquetas: también conocidas como bloque sólido combustible están formadas por la compactación de biomasa, fundamentalmente astillas y restos de madera, aunque pueden ser utilizados otros restos biomásicos, como cascarilla de arroz, cáscara de caña de azúcar, residuos de papel, papel, entre otros. Antes de la compactación estos materiales deben ser secados hasta alcanzar un 10 por ciento de humedad. Su forma puede ser variable dependiendo de la maquinaria utilizada para su obtención. Se utiliza en chimeneas, estufas, salamandras, hornos y calderas como sustituto de la leña, el kerosene y el carbón, los que dañan al ambiente. Sus principales características son:

Tabla N° 2.6: Características de las briquetas

Briquetas	
Humedad	< 10[%]
PCI	> 4,7 [kWh/kg]
Densidad	1.000 [kg/m^3]
Cenizas	0,7[%]

Fuente: Guía técnica: instalaciones de biomasa térmica en edificios. IDAE (2009). Elaboración propia.

2.3. Secador solar de leña

Salas *et al* (2008) indica que los secadores solares son cámaras que tienen la capacidad de almacenar el calor que es generado por la incidencia de los rayos solares sobre un colector de temperaturas, calor que es utilizado para el secado de la madera.

Las cámaras de secado se dividen en dos partes fundamentales:

1. La parte superior de la cámara, que es la responsable de calentar el aire.
2. El área de apilado de la madera que se necesita secar.

Su modo de funcionamiento es simple. El aire interior de la secadora se calienta y se hace circular por las maderas mediante un sistema de ventiladores. Esto provoca que la madera comience a elevar su temperatura liberando el agua que contiene secándose y disminuyendo sus niveles de humedad.

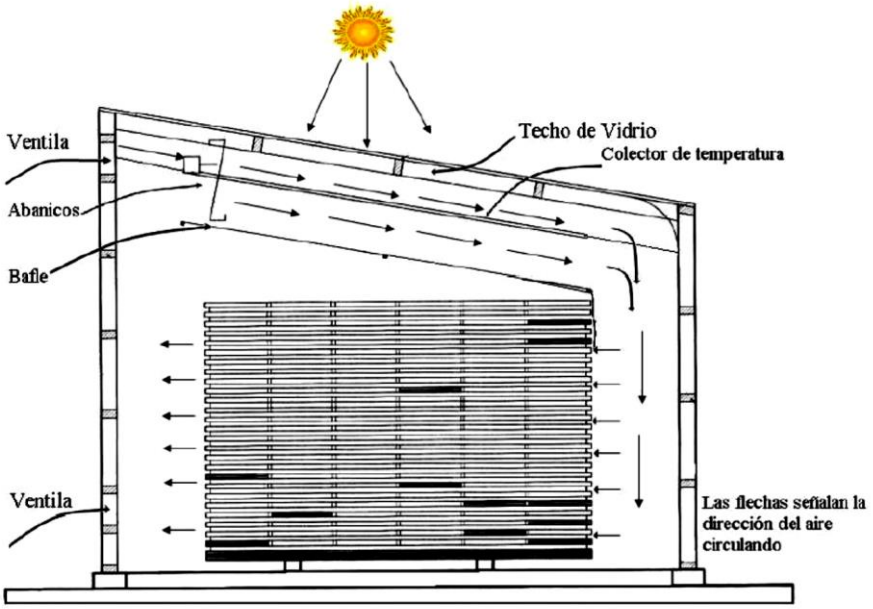


Figura N° 2.4: Secador solar de leña.

Fuente: KURÜ: Revista forestal de Costa Rica. Salas (2008).

Salas *et al* (2008) indica que los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar un secador solar son:

- *Posición del secador*: relacionada con la incidencia de los rayos solares, lo cual afecta la inclinación del techo del secador para asegurar la incidencia de los rayos solares a lo largo del año.
- *Tamaño y capacidad del secador*: dependiente de la demanda de volumen de madera seca que se requiere para ser chipiado en este caso, los cuales por recomendaciones de autores como Benítez y Calderón (1993), no deben poseer una capacidad superior a 15[m^3], debido a que cuanto más grande es la cámara menos eficiente es el secado, ni deben poseer más de 5[m] de ancho para garantizar uniformidad en la circulación de la masa de aire a través de la pila de madera que se requiere secar.
- *Aislamiento del calor*: para evitar pérdidas de calor y así maximizar la diferencia entre la temperatura interna de la cámara y la temperatura externa ambiental, lo cual acelera el proceso de secado, los materiales del techo y las paredes deben ser elegidos con cuidado para garantizar esta diferencia de temperatura.
- *Componentes básicos del secador*: cada uno de los cuales (techo, colector, ventiladores y ventillas) contribuye a la aseguramiento del correcto funcionamiento y garantizar la eficiencia y calidad del secado.

2.4. Evaluación Post – Proyecto

Una evaluación es un análisis sobre la cantidad o el valor de algo realizado, es una valoración que necesita de una información recabada de forma rigurosa, tal y como establecen las técnicas de investigación social aplicada, y que se realiza desde ciertos criterios que permitirán afirmar si la intervención puede ser calificada como positiva o no, si los logros han tenido el impacto deseado y son sostenibles en el tiempo (Gonzales, 2005).

Una de las definiciones más utilizadas para evaluación es la establecida por el Comité de Ayuda al Desarrollo (CAD, 1995): "La evaluación es una función que consiste en hacer una apreciación, tan sistemática y objetiva como sea posible, sobre un proyecto en curso o acabado, un programa o un conjunto de líneas de acción, su concepción, su realización y sus resultados. Se trata de determinar la pertinencia de los objetivos y su grado de realización, la eficiencia en cuanto al desarrollo, la eficacia, el impacto y la viabilidad. Una evaluación debe proporcionar unas intervenciones creíbles y útiles, que permitan integrar las enseñanzas sacadas en los mecanismos de elaboración de las decisiones, tanto de los países de acogida como de los donantes."

Por su parte, el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), Perú, en sus Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública (2012), indica que una Evaluación Ex – Post "es una herramienta de aprendizaje y de gerencia que permite mejorar los procesos de análisis, planificación y ejecución de proyectos, además de la toma de decisiones".

Consiste en el análisis de los resultados logrados una vez que el proyecto entra en operación, con la finalidad de generar una retroalimentación que permita determinar si es conveniente continuar con el proyecto o actualizar las metodologías, parámetros y supuestos de la Evaluación Ex – Ante, y así lograr los objetivos de impacto deseados.

La gran diferencia con la Evaluación Ex – Ante es que esta última trabaja con objetivos y metas a alcanzar según estimaciones realizadas, mientras que la Ex – Post utiliza datos reales medidos en el proyecto.

En el caso de los proyectos de inversión pública (PIP), este análisis tiene el objetivo adicional de transparentar el proceso y los resultados de la inversión pública. Esta evaluación no es igual a un control ni una fiscalización, sino que se trata de analizar los PIP para obtener un aprendizaje y mejorar la calidad de la inversión pública, así como también proveer información importante a las autoridades y la población (SNIP 2012).

2.4.1. Criterios para un Evaluación Ex – Post

Al año 2005, diez años después del establecimiento de los criterios claves para una evaluación ex – post por parte de la OCDE, son más de 100.000 evaluaciones que se han desarrollado bajo este esquema (Gonzales, 2005). Los criterios se presentan en la *Tabla N° 2.6.*

Tabla N° 2.7: Criterios de Evaluación Ex - Post.

Pertinencia	Medida en que los objetivos de un proyecto de inversión pública (PIP) son coherentes con las necesidades de los beneficiarios, los contextos regional y local, y las políticas del país.
Eficiencia	Medida en que los recursos/insumos (fondos, tiempo, etc.) se han convertido económicamente en productos (output) del proyecto. Se asocia con los componentes de un PIP.
Eficacia	Medida en que se lograron o se espera lograr los objetivos del PIP. Se asocia al propósito del PIP y los fines directos.
Impacto	Cambios de largo plazo, positivos y negativos, primarios y secundarios, producidos directa o indirectamente por un PIP. Se asocia con los fines de un PIP.
Sostenibilidad	Continuidad en la generación de los beneficios de un PIP a lo largo de su período de vida útil. Se asocia con el mantenimiento de las capacidades para proveer los servicios y el uso de éstos por parte de los beneficiarios.

Fuente: Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública. SNIP (2012).
Elaboración propia.

2.4.2. Tipos de Evaluación Ex – Post de un Proyecto de Inversión Pública (PIP)

El SNIP (2012) propone que el ciclo de un proyecto está compuesto por tres fases, pre inversión, inversión y post inversión. Una evaluación Ex – Post se realiza en la fase de post inversión de un proyecto, dentro de esta fase pueden ser encontrados cuatros etapas o tipos de evaluación:

1. *Evaluación de culminación*: se realiza al finalizar la fase de inversión en términos físicos, independiente si se cuenta con la liquidación de obras o el informe de cierre del PIP. Los propósitos de esta evaluación son:
   - El reflejo inmediato del proceso de ejecución del PIP para medir su eficiencia, en términos de tiempo, costos y metas, con el fin de obtener una retroalimentación relacionada con el planteamiento y la ejecución de proyectos.
   - Analizar las perspectivas de la sostenibilidad del proyecto, en términos de la disponibilidad de los factores necesarios para la operación y mantenimiento adecuado, que permitan la entrega oportuna del bien o servicio determinado, concluyendo con las recomendaciones pertinentes.
2. *Seguimiento ex post*: Si en la evaluación de culminación se concluye la necesidad de realizar acciones para asegurar la operación y el mantenimiento adecuado de los proyectos, se realizará un proceso de seguimiento para asegurar la implementación de las recomendaciones de la evaluación de culminación. En caso de identificarse problemas se recomendará o realizará las acciones pertinentes.

El seguimiento ex post tiene gran importancia para los proyectos que deben ser transferidos a los operadores, como gobierno local, comunidades, y para los proyectos parcialmente operados y mantenidos por los usuarios. Este seguimiento se realiza entre el primer y segundo año después de la finalización de la ejecución del proyecto.

3. *Evaluación de resultados*: consiste en una evaluación integral del proyecto donde se utilizan los cinco criterios antes mencionados y posee dos objetivos principales:
   - Retroalimentación a través de las lecciones y recomendaciones para mejorar la administración y desempeño de la inversión pública.
   - Transparencia del proceso y los resultados de la inversión.

   Esta evaluación es realizada entre tres a cinco años luego de iniciada la operación.

4. *Estudio de impacto*: este es un estudio enfocado en algunos temas que proporcionan información para la mejora de las estrategias y políticas para el desarrollo socioeconómico. Se aplica a proyectos con especial importancia, en los que se esperan efectos de sinergia a mediano y largo plazo. En este estudio se miden los impactos indirectos y finales de un PIP o un grupo de PIP relacionados con una determinada política para analizar la contribución a los cambios generados.

El mismo SNIP (2012) indica que dependiendo de la etapa en que se encuentre el proyecto se aplicaran los diferentes criterios, como se señala a continuación:

Tabla N° 2.8: Criterios según tipo de evaluación.

Criterios	Evaluación de culminación	Seguimiento ex post	Evaluación de resultados	Estudio de impactos
Pertinencia			X	X
Eficiencia	X		X	
Eficacia			X	X
Impacto			(x) impactos directos	X
Sostenibilidad	(X) evaluación actualizada	(X) operación y mantenimiento	X	X

Fuente: Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública. SNIP (2012).
Elaboración propia.

Por otro lado, el Ministerio de Desarrollo Social (2013) clasifica las evaluaciones Ex – Post en tres tipos:

1. *Evaluación Ex – Post de corto plazo o simplificada*: se efectúa una vez finalizada la fase de ejecución de una iniciativa de inversión, analizando variables de costos, tiempo de ejecución y especificaciones técnicas. En algunos casos, se puede estimar el cambio en la rentabilidad social de las iniciativas, atribuible sólo a la variación en los plazos reales, en los montos de la inversión y

eventualmente en los costos de operación. Los indicadores que midan los resultados serán propios de cada tipología de proyecto, ya que se relaciona con los indicadores de referencia de cada sector o tipología de sector.

2. *Ex – Post de Mediano Plazo*: comprende el estudio completo y detallado que analiza y compara el comportamiento de lo estimado y lo real en las variables relevantes de una iniciativa de inversión. Esta evaluación se realiza una vez que la iniciativa ha alcanzado su comportamiento en régimen, es decir cuando el flujo de beneficios y costos se comportan de una manera normal, esto es generalmente algunos años después de finalizada su ejecución.
3. *Ex – Post de Impacto*: se mide a través de los resultados a largo plazo, busca determinar si estos logran dar respuesta a la situación que le dio origen, en qué medida se logra y que factores explican estos resultados. Analiza si el proyecto implico un cambio significativo en los beneficiarios, perdurable y sostenible en el tiempo, en algunas de las condiciones de la población objetivo que se plantearon como fundamentales en la preparación del proyecto. Esta evaluación se realiza de forma estimada entre cinco y diez años después de implementado el proyecto.

2.5. Modelos de Evaluación de proyectos

En la actualidad todos los modelos de evaluación son utilizados en mayor o menor medida a nivel internacional, a pesar de esto no existe un modelo general para todos los proyectos, acciones o programas, ni para todos los contextos, países ni poblaciones de una misma zona (Gonzales, 2005).

A lo largo del siglo XX, específicamente desde los años 30, se desarrollaron varios modelos de evaluación y perspectivas que se han centrado en mejoramientos paulatinos de los modelos iniciales y más sencillos, añadiendo nuevos conceptos y herramientas, permitiendo a las comunidades beneficiarias ser dueñas de la gestión de sus procesos de desarrollo.

A continuación se presenta un cuadro resumen de los principales modelos de la tradición evaluativa.

Tabla N° 2.9: Principales modelos de la tradición evaluativa.

Modelo de evaluación	Objetivo principal	Metodología	Representantes	Época
Por Objetivos	Medición del cumplimiento de los objetivos.	- Ordenar por objetivos jerárquicamente. - Recopilar información - Comparar entre lo deseado y lo realizado.	R. Tyler.	Años 30.
Experimental y cuasi-experimental	Demostración de lazos causales entre v.	- Experimentos: grupo experimento y grupo de control. - Series temporales.	D. Campbell J. Stanley	1963

	independientes y v. dependientes.	- Grupo de control equivalente.		
Centrada en el cliente	Inclusión de juicios valorativos.	- Examen base del proyecto. - Descripción del proyecto. - Valoración del proyecto.	R. Stake	1967
Centrada en los usuarios/ beneficiarios. Libre de objetivos	Juicio de valor del proyecto para la población beneficiaria.	- Medición del logro del objetivo - Medición de los efectos. - Medición según las necesidades del beneficiario.	Scriven	1967
Orientada a la toma de decisiones. Modelo CIPP	Tener base para la toma de decisiones.	- Información sobre necesidades. - Información sobre proyecto. - Información sobre objetivo. - Información sobre resultados. (Análisis de contexto, inputs, proceso y productos: CIPP)	Stuffleabeam	1967
Orientada a la utilización	Ofrecer información a los interesados y responsables del proyecto.	- Metodología flexible, participativa. - Combinación de métodos cualitativos y cuantitativos.	M. Patton	1978
Negociación de implicados	Negociar procesos.	- Negociación. - Análisis de actores y sus subjetividades.	Guba y Lincon	1982

Fuente: La Evaluación en la Gestión de Proyectos y Programas de Desarrollo. Gonzales (2005).
Elaboración propia.

Luego de 1982, no se han realizado una gran cantidad de propuestas y modelos de evaluación, pero si se ha incrementado la sensibilidad frente a la evaluación, la adopción de la evaluación como una acción permanente en los procesos de gestión social y del desarrollo, y como una obligación establecida por las propias agencias donantes desde un criterio de control y transparencia de los fondos público (Gonzales, 2005).

A nivel mundial son tres los modelos más utilizados para las evaluaciones ex – post: el modelo de evaluación del marco lógico, los modelos de evaluación participativos y la evaluación socioeconómica de proyectos (Gonzales, 2005).

2.5.1. Enfoque del Marco Lógico

El SNIP (2012) define al marco lógico como una herramienta utilizada para la mejora del diseño de intervenciones generalmente a nivel de proyecto. Comprende la identificación de elementos estratégicos como acciones, componentes, propósito, fin, y sus relaciones causales, indicadores, medios de verificación y los supuestos o riesgos que pueden influir en el resultado del proyecto. A esta relación causal vertical se le llama modelo lógico.

Gonzales (2005), indica que este modelo fue pensado originalmente como un método de planificación de proyectos y su seguimiento, pero permite la incorporación de herramientas a la evaluación posterior, al fijar los objetivos del proyecto de manera específica, establecer los indicadores que permitirán la comprobación del alcance y las fuentes de verificación de los mismos.

La gran ventaja de utilizar esta herramienta es que la disposición y definición clara de objetivos de la intervención en términos de indicadores sirven como una base rígida para la valoración de resultados y la aplicación de los cinco criterios.

El concepto central del marco lógico se encuentra en las relaciones causales en los cuatro niveles de la primera columna de la matriz del marco lógico. La combinación de estos cuatro niveles con los supuestos de la columna final permite conocer fácil y sistemáticamente cuales son los objetivos del proyecto y que se requiere para lograr estos objetivos (SNIP, 2012).

Tabla N° 2.10: Matriz de Marco Lógico.

	Resumen de objetivos	**Indicadores**	**Medios de verificación**	**Supuestos**
Fines				
Propósito (objetivo central)				
Componentes				
Acciones				

Fuente: Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública. SNIP (2012).
Elaboración Propia.

2.5.2. Modelos de la tradición participativa o autogestión.

La participación es indispensable para las intervenciones sociales y de desarrollo, que al trasladarse al proceso de gestión en general, afecta a la evaluación.

Feuerstein (1986), indica que la evaluación participativa significa incluir a la gente en la toma de decisiones en el proceso evaluativo, sobre lo que debe hacerse y en qué manera, implicándoles en el seguimiento del programa compartiendo informaciones y beneficios del proyecto. Eso supone usar las habilidades de la gente para evaluar su propio avance, de tal modo que puedan aprender sobre su propio proceso,

aprender nuevas técnicas de organización y gestión y en definitiva, aumentar el sentido de responsabilidad sobre su desarrollo.

Generalmente estas evaluaciones se utilizan en los sectores agrícolas, medioambientales y sectores del desarrollo rural.

La evaluación participativa defiende la importancia de incluir a la población beneficiaria en la evaluación, argumentando que mejora los procesos de desarrollo, incrementa la autenticidad de los hallazgos, mejora la sostenibilidad del proyecto al identificar las potencialidades y debilidades de su gestión, incrementa la capacidad local en evaluación, y permite compartir experiencias a través de documentación sistemática producida a partir de la participación. Este tipo de evaluaciones se basa en cinco funciones claves:

- La valoración del impacto.
- Planificación y gestión de proyectos.
- Fortalecimiento organizacional y aprendizaje institucional.
- Entendimiento y negociación de las partes implicadas.
- Responsabilidad pública.

Dentro de sus modelos más importantes se encuentra el Diagnóstico Rural Participativo (DRP) y la sistematización de experiencias.

DRP

Gosling y Edwards (1998), en el manual de evaluación de la ONG “Save The Children” define el DRP como una forma particular de investigación cualitativa, usada para mejorar el entendimiento de la situación de una comunidad. Se trata de una filosofía de trabajo y al mismo tiempo una serie de métodos para realizar investigación participativa y cualitativa.

La actividad principal en una evaluación bajo DRP es considerar la información, análisis y conclusiones de la misma como propiedad de los hombres y mujeres de la comunidad. Esto permite que analicen su propia situación, tomen sus decisiones, y en definitiva, que el proceso aporte mayor poder de autogestión.

Sistematización de experiencias

Es una herramienta que se diferencia de la evaluación y la investigación, busca comprender las experiencias dadas en el campo de lo social de cara a buscar un aprendizaje que pueda ser socializado y transmitido a otras personas y realidades.

Jara (1994), define a la sistematización como la interpretación crítica de uno o varias experiencias, que a partir de su ordenamiento y reconstrucción, descubre o explicita la lógica del proceso vivido, los factores que han intervenido en dicho proceso, cómo se han relacionado entre sí, y por qué lo han hecho de ese modo. Mientras que Martinic (1987), la define como un proceso metodológico cuyo objeto es que el educador o promotor de un proyecto recupere su relación con la acción, organizando lo que sabe de su

práctica para darla a conocer a otros. Este proceso supone que el sujeto piensa y actúa al mismo tiempo y que uno de los resultados de su práctica es incrementar lo que de la misma.

Los objetivos de una sistematización pueden ser varios, pero generalmente se busca mejorar las futuras prácticas a través del aprendizaje, pudiendo ser compartidos con otras personas y contribuyendo al enriquecimiento de la teoría. Es necesario el cumplimiento de ciertas condiciones para la correcta realización de una sistematización: a nivel personal, que exista disposición de aprender, sensibilidad frente a la realidad y habilidad para analizar y sintetizar, y a nivel institucional, que exista el interés y la asignación de recursos y tiempo para realizarse.

Los principios del proceso de sistematización son:

- La significación: es decir la sistematización se inicia con una toma de conciencia, un interés por sistematizar de la misma gente.
- La articulación: se requiere el uso de métodos que permitan ver la realidad de una manera articulada. Se trata de un conjunto de procesos.
- La globalidad: no se busca una visión interdisciplinaria sino global.
- La historicidad: se debe preguntar cuáles son los antecedentes y determinantes de la situación.
- La relatividad: no se pretende lograr postulados totalizantes por lo que se relativizan los resultados con los limitantes existentes en cada caso.
- La pluralidad: se admiten las opiniones disidentes, alcanzando niveles de debate y llegando a acuerdos sobre divergencias y convergencias.

En los últimos años, la sistematización ha aumentado su importancia, especialmente en organizaciones de Latinoamérica, sirviendo como una complementación a las evaluaciones que realizan.

2.5.3. Evaluación socioeconómica de proyectos

En el marco de la evaluación cuantitativa y, sobre todo, en el campo de la economía, existen varios modelos de evaluación, denominados modelos de evaluación económica y social de proyectos o evaluación socioeconómica de proyectos. Esta puede entenderse como el conjunto de herramientas que tiene la economía para analizar proyectos y políticas, con el propósito de destinar los recursos de tal manera que sea beneficiosa para la población. La evaluación económica pretende medir en forma exhaustiva el aporte neto de un proyecto al bienestar, teniendo en cuenta los objetivos de eficiencia y equidad (Gonzales, 2005).

Dentro de la evaluación socioeconómica de proyectos se pueden encontrar varios modelos aplicables al ámbito de proyectos sociales y de desarrollo.

Análisis Costo- Beneficio (ACB)

Todos los proyectos implican costos hasta que se obtengan beneficios. La finalidad de esta modalidad es comparar los costos con los beneficios obtenidos en términos monetarios. Los beneficios son resultados

netos tangibles e intangibles de un programa o proyecto, mientras que los costos son los recursos requeridos para implementar dicho proyecto. Sólo si los beneficios pueden ser traducidos a unidades monetarias es posible realizar la técnica del ACB (Gonzales 2005).

El ACB consiste en comparar los costos con los beneficios de un proyecto considerando todos los ingresos y egresos del mismo, el valor relativo del dinero en el tiempo y la tasa de interés equivalente (cuando se comparan magnitudes monetarias en momentos distintos). Esto puede calcularse de varias formas, siendo las más utilizadas son el valor presente neto (VPN) o valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación costo-beneficio.

VAN: Compara los desembolsos realizados en distintos periodos de tiempo con los ingresos obtenidos en esos mismo periodos. El VAN mide en moneda de hoy cuanto más rica es la persona que invierte si realiza el proyecto en vez de colocar su dinero en la actividad que le brinda la tasa de descuento. Un proyecto es rentable si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de egresos o costos, utilizando la misma tasa de descuento. Si el VAN es mayor que cero el proyecto es aceptable.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{BN_t}{(1+i)^t} \quad (2.1)$$

Donde:

BNt: Beneficios netos del periodo t.

i: Tasa de descuento.

I_0: Inversión en el periodo cero.

TIR: Es la tasa de descuento o tipo de interés. La TIR es la tasa de actualización que vuelve igual a cero el VAN. Mide la rentabilidad promedio anual que genera el capital invertido en el proyecto

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{BN_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (2.2)$$

Donde un proyecto es rentable cuando la TIR es mayor al costo de oportunidad de capital.

Si la TIR > Costo de oportunidad de capital entonces se puede aprobar el proyecto.

Si la TIR = costo de oportunidad de capital, entonces la rentabilidad del proyecto es igual a lo que me ofrece el capital en la mejor alternativa, por lo que hacer el proyecto es indiferente.

Si la TIR< costo de oportunidad de capital, entonces el proyecto debería ser rechazado por no ser rentable.

La relación costo-beneficio (ACB): Sirve para brindar información sobre la rentabilidad de un proyecto.

$$Relación\ beneficio/costo = \frac{VAB}{VAC} \quad (2.3)$$

Donde:

VAB: valor actual de los beneficios.

VAC: valor actual de los costos.

Si la relación es mayor a 1, entonces el proyecto es rentable.

La ubicación temporal de la evaluación en los proyectos económicos está fundamentalmente en la etapa ex ante, sirviendo sus resultados para decidir sobre la ejecución del proyecto. Cuando se trata de proyectos sociales, el ACB también se realiza ex post y sirve para determinar la utilidad de la continuación del proyecto para, alternativamente establecer la conveniencia de realizar proyectos del mismo tipo (Cohen y Franco, 1997:183).

Análisis Costo-Eficacia (ACE)

Según Gonzales (2005) al igual que el ACB, el ACE sirve tanto para evaluaciones ex ante y ex post de proyectos. El ACB tiene mayor aplicación en proyectos económicos, mientras el ACE presenta mayores potencialidades para la evaluación de proyecto sociales.

Este análisis es utilizado cuando los beneficios de los proyectos no pueden ser expresados en términos monetarios. El modelo ACE compara los costos del proyecto con la potencialidad de alcanzar eficaz y eficientemente los objetivos propuestos (evaluación ex ante) y analiza la eficiencia y eficacia del proyecto (evaluación ex post).

Este modelo puede entregar información sobre los menores costos para alcanzar un objetivo y los datos sobre costos y precios de lograr diferentes objetivos. Musto (1975), indica que el ACE posee una secuencia lógica, cuyas etapas fundamentales son:

- Identificar con precisión los objetivos del proyecto.
- Traducir los objetivos en dimensiones operacionales e indicadores.
- Especificar las alternativas que serán evaluadas.
- Medir los recursos afectados en términos monetarios.
- Medir el grado de logro de los objetivos.
- Escoger la alternativa de menor costo.

Para calcular los costos es necesario tener en cuenta los costos directos e indirectos, y los costos de capital y operativos, a partir de los cuales se pueden calcular los costos medios y marginales, agregándose también los costos no monetarios.

Una vez realizado el análisis de costos, se organiza la información en la matriz de costos. El ACE permite comparar y ordenar de modo gradual los programas en términos de sus costos para alcanzar metas dadas, o los diversos ingresos requeridos para cada grado de consecución de las metas. Sin embargo, como los beneficios no se convierten a un común denominador, no se puede asegurar el valor o mérito de la

intervención dada, ni comparar cuál de dos o más programas diferentes áreas produce mejores retornos. Sólo se puede comparar la eficacia relativa de las metas del programa unas con respecto a otras, en que la eficacia es una función del costo mínimo (Rossi y Freeman, 1989).

La matriz costo - efectividad considera los costos anuales, la efectividad en el logro de los objetivos y el peso relativo asignado a cada objetivo.

Es necesario calcular:

- El vector del proyecto a evaluar (coste de terreno, de construcción, equipamientos, mantenimiento…).
- El costo total anual (CTA).
- El costo por unidad de servicio o producto (CUS), (CUP).
- Efectividad en el logro de los objetivos (OB)
- Peso relativo a cada objetivo (W).
- Relaciones costo/efectividad o costo/impacto.

Tabla N° 2.11: Matriz costo-efectividad.

Costos		**Efectividad**							
Objetivos	CTA	CUP	OB_1	OB_2	OB_3	.	.	.	OB_m
O_1	CTA_1	CUP_1	OB_{11}	OB_{12}	OB_{13}	.	.	.	OB_{1M}
O_2	CTA_2	CUP_2	OB_{21}	OB_{22}	OB_{23}	.	.	.	OB_{2m}
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
O_n	CTA_n	CUP_n	OB_{n1}	OB_{n2}	OB_{n3}	.	.	.	Ob_{nm}
Ponderación de objetivos			W_1	W_2	W_3	.	.	.	W_m

Fuente: La Evaluación en la Gestión de Proyectos y Programas de Desarrollo. Gonzales (2005).
Elaboración propia.

Análisis Costo-Utilidad (ACU)

Compara y valora la relación existente entre costos, expresados en unidad monetaria, y resultados, considerando el valor de los efectos en los individuos a los que ha afectado, o que tienen un interés legítimo en la evaluación del proyecto, expresado por medio de medidas subjetiva, es decir, beneficios percibidos por el mismo individuo en términos de satisfacción. La ventaja de este análisis en la evaluación ex post es la información que se obtiene sobre el valor que la población beneficiaría del proyecto le otorga a los efectos producidos por el mismo (Gonzales, 2005).

Metodológicamente el ACU pretende comparar costos con percepción de los efectos del proyecto por parte de los individuos. Por lo que deben identificarse los objetivos de la evaluación y los agentes interesados, establecer las dimensiones a valorar (atributos) y dar una valoración a cada uno de ellos, estableciendo escalas y comparando los costos que deben estar claramente determinados.

Análisis Costo-Impacto (ACI)

El ACI busca comparar los costos del proyecto con los efectos que ha provocado en las pautas de consumo y de bienestar de la población. Se entiende el impacto como el resultado de los efectos de un proyecto (Castro y Mokate, 1998) la expresión de los resultados realmente producidos a nivel de objetivos más amplios, de largo alcance. Esta definición provee una visión de la cadena que generan las intervenciones y acciones de un proyecto:

Inversión – Acción – Productos – Resultados – Efectos – Impacto

Esta metodología busca lograr el mayor impacto al mínimo costo. Para medir ese impacto es necesario basarse en el análisis del elemento que contribuye al bienestar económico: el consumo de diferentes bienes, servicios y grupos, en diferentes períodos de tiempo. Para esto es necesario medir los impactos que afectan de manera directa el nivel de consumo nacional o local, así como los que influyen indirectamente en el consumo.

A pesar de la dificultad de medición, este análisis es el más completo, ya que incluye todos los efectos que deben tener en cuenta, aunque presenta problemas en la identificación de estos efectos y en su valoración. Una forma de superar este problema es mediante la utilización de los precios de cuenta.

Tabla N° 2.12: Modelos de evaluación socioeconómica de proyectos.

Modalidad	Concepto	Medida de costo	Medida de resultado o efecto	Indicadores
Análisis costo-beneficio	Estudia la relación entre los beneficios del proyecto y sus costos.	Unidad monetaria.	Unidad monetaria.	Valor presente neto.
Análisis costo-eficacia (efectividad)	Estudiar a que costo se logró el objetivo y si hubiera sido posible lograrlo a un costo menor.	Unidad monetaria.	Unidad de resultados.	Valor anual equivalente (VAE).
Análisis costo-utilidad	Estudiar la utilidad del objetivo a un costo determinado.	Unidad monetaria.	Unidades percibidas por el individuo de forma subjetiva.	$\frac{Ingresos - Costos}{Costos}$

Análisis costo-impacto	Estudia los efectos del objetivo en el consumo y el bienestar de la población.	Unidad monetaria	Consumo de bienes y servicios (numerario: canasta de bienes y servicios que se adquieren con una unidad monetaria).	VPNE: Valor presente neto económico. TIRE: Tasa interna de retorno económica (valoración con los precios económicos, no de mercado)

Fuente: La Evaluación en la Gestión de Proyectos y Programas de Desarrollo. Gonzales (2005).
Elaboración propia.

Costo anual uniforme equivalente (CAUE)

El método del CAUE se utiliza para tomar decisiones sobre 2 o más proyectos cuando sus ingresos son iguales o en situaciones donde no se involucran ingresos, es decir solo existen costos y es únicamente sobre esta base la que hay que tomar una decisión. Generalmente se da en proyectos financiados totalmente por el Estado como parte de su inversión pública, donde los ingresos son inexistentes o insignificantes.

Normalmente en los análisis económicos, los ingresos son representados con signo positivo mientras que los costos con signo negativo, pero para este método, al contar solamente con costos, estos se presentan con signo positivo para evitar confusiones en los valores y resultados. Al ser utilizado en elecciones de alternativas que solo implican costos, se debe elegir la alternativa que presente el menor valor.

El método del CAUE es fundamentalmente una combinación entre el VAN y una Serie Uniforme (o anualidad). Como los proyectos demandan una inversión inicial en un tiempo cero y además los flujos de caja, desde el tiempo uno hasta *n*, son negativos se debe utilizar un método para hacer los flujos uniformes. En otras palabras lo que se busca es hacer que P = VPN y despejar el pago uniforme (R), siendo que:

$$CAUE = VAN\left[\frac{i}{1-(1+i)^{-m}}\right] \quad (2.4)$$

2.6. Métodos estadísticos para pronósticos de datos

2.6.1. Método de promedios móviles

Esta técnica supone que la serie de tiempo es estable, es decir, que los datos que la componen se generan sin variaciones importantes en entre un dato y otro (error aleatorio=0), lo que significa que los datos aunque muestren un crecimiento o decrecimiento lo hacen con una tendencia constante.

Este método supone que todas las observaciones de la serie de tiempo son igualmente importantes para la estimación del parámetro a pronosticar. De esta manera, se utiliza como pronóstico para el siguiente

periodo el promedio de los *n* valores de los datos más recientes de la serie de tiempo. A través de la f*órmula N° 2.7*.

$$Promedio\ móvil = \frac{\sum(n\ valores\ de\ datos\ más\ recientes)}{n} \quad (2.5)$$

El término móvil indica que conforme se tienen una nueva observación de la serie de tiempo, se reemplaza la observación más antigua de la ecuación y se calcula un nuevo promedio. El resultado es que el promedio se moverá, conforme se tengan nuevos datos y se vayan sustituyendo en la *fórmula N° 2.5*, así el valor promedio se irá modificando.

No existe una regla específica que indique cómo seleccionar la base del promedio móvil *n*. Si la variable que se va a pronosticar no presenta variaciones considerables, se recomienda que el valor n sea grande. Por el contrario es aconsejable un valor n pequeño si la variable muestra patrones cambiantes. En la práctica, los valores de *n* oscilan entre 2 y 10.

2.6.2. Método de suavización exponencial

Este método pronostica una ponderación de los datos dependiendo del peso que tengan dentro del cálculo del pronóstico. Esta ponderación se lleva a cabo a través de otorgarle un valor a la constante de suavización, α, que puede ser mayor que cero y menor que uno.

El método de suavización exponencial supone que el proceso es constante, al igual que el método de promedios móviles. Esta técnica fue diseñada para atenuar una desventaja del método anterior, en donde los datos para calcular el promedio tienen la misma ponderación.

La suavización exponencial utiliza un promedio móvil ponderado de los datos históricos de la serie de tiempo como pronóstico; es un caso especial de promedio móvil en donde se selecciona un solo valor de ponderación.

$$F_{t+1} = \propto Y + (1-\propto)F_t \quad (2.6)$$

Donde:

F_{t+1}: pronóstico de la serie de tiempo para el período de t+1.
Y_t: valor real del período anterior al año a pronosticar.
F_t: valor real del periodo ante anterior al año a pronosticar.
α: constante de suavización.

A pesar de que este método da un pronóstico que es un promedio ponderado de todas las operaciones pasadas, no es necesario guardar todos los datos del pasado a fin de calcular el pronóstico para el periodo siguiente. De hecho una vez seleccionada la constante de suavización α, sólo se requiere de dos elementos de información para calcular el pronóstico. La *fórmula N° 2.6* muestra que con un α dado, se puede calcular

el pronóstico para el periodo t + 1 simplemente conociendo los valores reales y pronosticados de la serie de tiempo para el periodo t, es decir, Y_t y F_t.

La elección de la constante de suavización α es crucial en la estimación de pronósticos futuros. Si la serie de tiempo contiene una variabilidad aleatoria sustancial, se preferirá un valor pequeño como constante de suavización. La razón de esta aseveración es que gran parte del error del pronóstico es provocado por la variabilidad aleatoria, por lo que un valor pequeño de α permite un pronóstico mejor. Por el contrario, para una serie de tiempo con una variabilidad aleatoria relativamente pequeña, valores más elevados de la constante de suavización tienen la ventaja de ajustar con rapidez los pronósticos cuando ocurren errores de pronóstico y permitiendo, por lo tanto, que el pronóstico reaccione con mayor rapidez a las condiciones cambiantes. En la práctica, el valor de α está entre .01 y .90.

2.7. Herramientas de recolección de información

Una de las tareas principales de cualquier tipo de evaluación es la recolección de información, tratando de maximizar las fuentes de información existentes, tanto las primarias, datos que provienen de la generación propia del estudio evaluativo, como las secundarias, que provienen de fuentes documentales ya existentes. Gran parte del trabajo de la evaluación se basa en la recolección de información de diversas fuentes. Por lo tanto antes de diseñar herramientas nuevas, es necesario revisar toda la documentación existente en el proyecto y su entorno que pueda aportar datos relevantes sin necesidad de crearlos de nuevo.

En el trabajo de la recolección existe una gran variedad de métodos e instrumentos, no existiendo una única metodología válida, ni un solo instrumento o método calificados como el mejor, pues su uso depende del contexto en que se aplique cada herramienta y de los objetivos que persiga la evaluación.

A continuación se presenta algunos de los métodos y herramientas más utilizados en las evaluaciones de proyectos.

2.7.1. Métodos Cuantitativos y Cualitativos

Los métodos cuantitativos son aquellos en los que las opiniones están basadas en comparaciones, tendencias y en algunos casos análisis estadísticos de datos numéricos. Generalmente, éstos son usados para la valoración de logros de resultados o efectos del proyecto. La información para los métodos cuantitativos se obtiene de los registros de la ejecución, operación, utilización del proyecto, archivos y datos estadísticos de las organizaciones relacionados de alguna manera al proyecto, así como el trabajo de campo. Si esa información pudiera ser recolectada y analizada estadísticamente con rigurosidad, las conclusiones podrían ser relativamente sencillas de generalizar. Pero usualmente la recopilación de la información es una actividad que requiere una enorme cantidad de recursos, adicionalmente se debe considerar que los números por si solos no dicen mucho sobre los factores detrás de los hallazgos.

Mientras que los métodos cualitativos se basan en informaciones cualitativas tales como descripciones, categorías, diagramas, mapas, fotos, etc. La información cualitativa se obtiene a través de entrevistas individuales o grupales, talleres, observaciones de campo, etc. y se usa principalmente para entender el contexto, analizar las causas y relaciones así como los factores que influyen y que no están representados de manera directa en la información cuantitativa. En otras palabras, esta información es indispensable para poder interpretar los datos numéricos. Sin embargo, si por ejemplo se aplicasen métodos cualitativos solo a una pequeña parte de una población grande o gran número de comunidades que haya sido objeto de un proyecto, sería muy difícil generalizar los hallazgos, sumándole a esto el hecho de que los prejuicios podrían distorsionar las observaciones cuando de información cualitativa se trata.

2.7.2. Instrumentos de recolección de información

Entrevista

Gonzales (2005) indica que las entrevistas consisten en una conversación entre dos o más personas, donde una es la entrevistadora y la(s) otra(s), la(s) entrevistada(s). Este diálogo posee ciertos esquemas o pautas acerca de un tema determinado, teniendo propósito profesional.

Además Gonzales (2005) manifiesta que una entrevista es una técnica de investigación que abarca desde la interrogación estandarizada (cerrada-encuesta) hasta la conversación libre (abierta), pero siempre con una guía o pauta para su desarrollo. Para el caso de las encuestas, se construye un formulario con las preguntas y respuestas cerradas, y para el caso de una entrevista abierta, se establece una guía de temas o cuestiones que han de orientar la conversación. Una entrevista puede ser de diferentes modalidades según su combinación, las cuales se pueden apreciar en la *Tabla N° 2.12*.

De estas modalidades, dos son las combinaciones más utilizadas en las evaluaciones de proyectos:

Entrevista semiestructurada, oral, individual y focalizada: es la que se realiza a informantes claves del proyecto o personas líderes de la comunidad que pueden aportar información interesante para la evaluación. Esta modalidad parte de una guía o batería de preguntas que orientan la conversación en un ambiente distendido pero no libre. Es una conversación guiada por la persona que entrevista buscando una información específica (Gonzales, 2005).

Entrevista semiestructura, oral y grupal: son talleres con la propia comunidad, la ONG o entidad que ejecutó el proyecto, o un grupo delimitado de personas implicado en el desarrollo de la intervención. Este tipo de conversatorio permite la discusión y el diálogo, lo cual enriquece sobremanera la información obtenida en las fuentes primarias y en las entrevistas individuales. Estos talleres cuentan con una persona que guía intencionalmente el debate según una serie de categorías o temas que interesa abordar. En algunos casos se complementa con una persona que asume el papel de observadora, que además, recoge los roles, actitudes y comportamientos de las personas reunidas durante el taller (Gonzales, 2005).

Tabla N° 2.13: Modalidades de entrevista.

Criterio	Modalidad	Características
Estandarización	Estructurada (cerrada, formal)	- Realizada por un agente externo. - Preguntas fijas. - Baja espontaneidad pero alto grado de comparación estadística y cuantificación de datos.
	No estructurada (abierta, informal)	- Exploratoria. - Preguntas abiertas, flexibilidad.
Medio	Oral	- Conversación: Preguntas y respuestas mediante conversación. - Permite anotar comportamientos adicionales.
	Escrita (autorrellenado)	- El cuestionario se rellena. - Necesita indicadores.
Número de personas a quien se realiza	Individual (una persona cada vez)	- Entrevista a una persona. - Opciones: focalizada, en profundidad, historia de vida.
	Grupal (varias personas al mismo tiempo)	- Grupo de personas. - Opciones: cuestionario escrito, discusiones de grupo, reuniones comunitarias.

Fuente: La Evaluación en la Gestión de Proyectos y Programas de Desarrollo. Gonzales (2005).
Elaboración propia.

Observación directa

La observación aplicada a la evaluación tiende a ser una técnica para complementar la recogida de información vía entrevista. La observación puede convertirse en una poderosa herramienta de investigación para la evaluación, siempre y cuando se establezcan controles a quien observa para garantizar fiabilidad y validez (Gonzales, 2005).

La utilidad de este método es que permite comprobar la validez y veracidad de afirmaciones encontradas en las entrevistas individuales o grupales u obtenidas por otro medio de investigación. Según Feuerstein (1986), la observación puede dar una visión global del desarrollo de la intervención y no sólo de sus resultados.

Al igual que las entrevistas, la observación posee diferentes modalidades, las cual pueden combinarse.

Tabla N° 2.14: Modalidades de observación.

Criterio	Modalidad	Características
Medio utilizado	Estructurada (sistemática)	- Registro de acuerdo a procedimientos explícitos previamente definidos. - Trata de medir forma, duración y frecuencia de un determinado comportamiento.
	No estructurada (asistemática o libre)	- Anotar hechos sin guía pre-establecida. - Método rápido de captación de información. - Poco objetivo. Sensación de ver más de lo que hay.
Papel de la persona que observa	Participante	- La persona que observa forma parte de las circunstancias de la vida del grupo objeto de estudio. - Contacto directo con la población evaluada. - En evaluación, normalmente la persona que observa es conocida.
	No participante	- La persona que observa no forma parte del grupo observado. - Observa y toma nota sin intervenir en sus vidas.
Número de observadores	Individual	- Observa una única persona. - Difícil control.
	En equipo	- Varias personas del equipo evaluador. - Corrige las distorsiones de una única persona. - Pueden observar todas las personas lo mismo, o cada una, un área de interés.

Fuente: La Evaluación en la Gestión de Proyectos y Programas de Desarrollo. Gonzales (2005). Elaboración propia.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Se presentan las actividades que se llevaron a cabo para cumplir con los objetivos la evaluación post proyecto del "Sistema demostrativo de calefacción basado en el uso de ERNC y producción de biomasa para uso combustible, en las instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud". Debido a la no existencia de una modalidad general para este tipo de evaluaciones, la metodología a utilizar fue diseñada por el estudiante de acuerdo a los requerimientos de información de CONAF, los cuales se ven representados en los criterios de evaluación de eficiencia y sostenibilidad. Para esto se utilizaron distintos métodos de recolección de información, cualitativa y cuantitativa, de fuentes primarias y secundarias.

Tabla N° 3.1: Resumen metodológico.

Objetivo	Actividades
Examinar el proceso de preparación del proyecto.	- Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de la situación anterior al proyecto, de la preparación del proyecto y del post proyecto. - Examinar el proceso de preparación del proyecto ejecutado.
Realizar evaluación técnica de la situación actual del proyecto.	- Evaluar el sistema de calefacción a biomasa instalado en el Liceo Agrícola de Ancud. - Evaluar el sistema de producción de biomasa para la caldera.
Realizar evaluación económica del proyecto.	- Comparar los costos de calefacción de los sistemas. - Comparar las distintas situaciones generadas mediante el método del CAUE.

Fuente: Elaboración propia.

3.1. Objetivo: Examinar el proceso de preparación del proyecto.

El examen del proceso de preparación se realizó con la finalidad de obtener un conocimiento detallado del proyecto ejecutado, a través de la revisión de fuentes secundarias de información, la observación directa y comunicación verbal con los responsables de ejecutar y operar el proyecto.

3.1.1. Actividad: Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de la situación anterior al proyecto, de la preparación del proyecto y del post proyecto.

Previo a la recolección de información fue estrictamente necesario el reconocimiento de los principales involucrados en el proyecto de calefacción ejecutado y sus intereses, tarea clave para la exitosa recopilación de documentos y datos relacionados con el proyecto. Para esto se generó una matriz

expositiva donde se identificaron los distintos actores, su rol en el proyecto, sus intereses en él y una descripción resumida para facilitar la comprensión de los roles de cada actor.

Tabla N° 3.2: Matriz de identificación de involucrados.

Involucrado	Tipo	Interés o expectativa	Descripción
…	…	…	…
…	…	…	…

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez conocidos los involucrados se realizó la recolección de información sobre el proyecto a evaluar, actividad continua a lo largo de todo el desarrollo de la evaluación. Para esta actividad fueron consultadas fuentes de información primaria y secundaria, con el fin de obtener información cualitativa y cuantitativa del proyecto.

En esta actividad se realizaron reuniones con representantes de cada involucrado identificado, como el Director del Liceo Agrícola, el Jefe Provincial de CONAF Chiloé, la Directora de Planificación y Recursos Físicos de la Corporación Municipal y la Operadora de caldera, además de entrevistas, visitas a terreno, solicitud y revisión de diversos documentos, como convenios, manuales de los implementos y documentos de especificaciones técnicas.

Se realizan entrevistas del tipo semiestructuras, orales, individuales y focalizadas, realizadas a la Operadora de Caldera del Liceo Agrícola de Ancud, a la Directora de Planificación y Recursos Físicos de la Corporación Municipal de Ancud y a un Ex – director del Liceo Agrícola. Las entrevistas a la Operadora y a la Directora de Planificación tuvieron la finalidad de conocer los puntos altos y bajos del proyecto ejecutado, desde el punto de vista de los involucrados, tanto en ejecución como operación del sistema, mientras que la entrevista realizada al Ex – director tubo la finalidad de obtener información concreta de la situación ante proyecto.

Las entrevistas presentadas en las *figuras N° 3.1 y 3.2* están compuestas de preguntas guías basadas en las interrogantes que busca responder el criterio de sostenibilidad SNIP (2012), presentes en el ANEXO B, el cual comparte finalidad con este proyecto de evaluación: generar información para la obtención de beneficios a lo largo de la vida útil del proyecto. Mientras que la entrevista presentada en la *figura N° 3.3* está compuesta de preguntas guías enfocadas en la obtención de datos específicos del sistema de calefacción utilizado anterior al proyecto ejecutado.

Entrevista a operador de la caldera

1. En relación a la infraestructura de la sala de caldera, silo de almacenamiento y secadores de leña ¿Alguno de estas edificaciones ha presentado algún tipo de problemas? ¿Cuál o cuáles?

2. En relación al estado de funcionamiento de los componentes del sistema de calefacción, como la caldera y chipeadora, ¿Han existido grandes fallas en los equipos? ¿Cuál o cuáles fallas?
3. En caso de la existencia de problemas con alguno de los componentes del sistema ¿cómo se han solucionado estos problemas?
4. El biocombustible utilizado en la caldera es de gran importancia para el rendimiento de esta ¿Existe algún tipo de problemas con respecto a este?
5. En relación al mantenimiento del sistema de calefacción ¿Existe algún plan de mantenimiento? ¿Cada cuánto tiempo se llevan a cabo las mantenciones? ¿Quién es el responsable de hacerlo?
6. ¿Se han realizado siempre todas las mantenciones planeadas? En caso de que alguna no se halla llevado a cabo ¿Cuál fue el motivo?
7. ¿La empresa encargada de la mantención realiza algún tipo de análisis y/o evaluación del rendimiento de los equipos generadores de calor en función de su potencia térmica nominal instalada?
8. En cuanto a rendimiento de la caldera ¿Es capaz la caldera de satisfacer completamente la necesidad de calor del Liceo Agrícola de Ancud? ¿Y la del Domingo Espiñeira Riesco? ¿Cuál es la capacidad utilizada de la caldera?
9. Dado que la caldera alimenta las necesidades del Liceo Agrícola de Ancud y del Domingo Espiñeira Riesco ¿Existe algún cuidado o procedimiento extra que se deba realizar con respecto a este segundo liceo?
10. Desde que se comenzó la operación de la caldera de biomasa ¿Ha tenido problemas para su operación? ¿Cuál o cuáles? ¿Y cómo los ha solucionado?
11. ¿Cree usted que podría realizarse alguna mejora para facilitar la operación de la caldera?
12. ¿Cuenta con algún tipo de registro sobre el funcionamiento de la caldera?
13. ¿Cuantas personas son capaces de operar esta caldera dentro del liceo? En caso de que ninguna de ellas esté presente en el liceo ¿Quién se responsabiliza de la operación de la caldera en casos de emergencia?
14. Antes de comenzar a operar la caldera ¿Recibieron una capacitación adecuada? ¿A cargo de quien estuvo esta capacitación?
15. ¿Has pensado o tienes planes de continuar capacitándote sobre la operación de calderas?

Figura N° 3.1: Entrevista (1).

Fuente: Elaboración propia.

Entrevista a representante de la Corporación Municipal

1. Desde que entró en operación la caldera de biomasa ¿Ha percibido algún tipo de problema? ¿Cuál o cuáles?
2. ¿Existe un presupuesto fijo mensual para las necesidades de la caldera?

3. ¿Ha percibido una disminución en los costos de calefacción desde que se instaló la caldera de biomasa?
4. ¿Quién es el proveedor del biocombustible utilizado? ¿Cómo fue seleccionado?
5. ¿Se ha planteado la posibilidad de cambiar de proveedor? ¿Por qué?
6. ¿Han tenido problemas para financiar el nuevo sistema de calefacción? ¿Cree que estos puedan existir en el futuro?
7. ¿Cuál es su opinión sobre el proyecto energético? ¿Es un buen o mal proyecto?

Figura N° 3.2: Entrevista (2).

Fuente: Elaboración propia.

Entrevista para situación ante proyecto

1. ¿Cuál era el sistema de calefacción utilizado antes de la realización del proyecto?
2. ¿Cómo era su modo de funcionamiento? ¿Existía algún procedimiento especial para su funcionamiento?
3. ¿Cuál era el horario de funcionamiento de este sistema de calefacción?
4. ¿Cuál era el consumo mensual de combustible?
5. ¿Cada cuánto tiempo se abastecían de combustible? y ¿En qué cantidad lo hacían?
6. ¿Cuál era el costo de este combustible?
7. ¿Quién era su proveedor de combustible?

Figura N° 3.3: Entrevista (3).

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. **Actividad: Examinar el proceso de preparación del proyecto ejecutado.**

Revisada la documentación y realizadas las entrevistas, se realizó el análisis del escenario ante - proyecto, con la finalidad de servir como base de comparación para el post - proyecto, específicamente para la evaluación económica.

Se inició realizando una descripción de los antecedentes que dieron origen al proyecto ejecutado, donde se especificaron cuáles eran los objetivos de este, las especificaciones técnicas solicitadas y el presupuesto estimado para su desarrollo, con el fin de generar la información necesaria para una correcta evaluación de los resultados obtenidos.

A continuación de esto se desarrolló la descripción del escenario ante proyecto, utilizando la información obtenida en la entrevista (3) y en las reuniones con el Director del Liceo Agrícola y la Directora de planificación de la Corporación Municipal.

Con la información obtenida se construyó una matriz con variables representativos del escenario inicial. En donde se indicaron las variables más representativas de la situación ante - proyecto, como combustible utilizado, PCI del combustible, horas de funcionamiento del sistema de calefacción, rendimiento del sistema, consumo de combustible y energía consumida, obtenida a través de la *fórmula N° 3.1*, presentada por Moreno, F. (2012).

$$E_c = C_c * R * PCI \quad (3.1)$$

Donde:

E_c: energía consumida por la instalación, expresado en [kWh/h].

C_c: consumo medio anual de combustible, expresado en [m^3/h] o [kg/h].

PCI: poder calorífico inferior del combustible, expresado en [kWh/m^3] o [kWh/kg].

R: rendimiento del sistema de calefacción, expresado en tanto por uno.

3.2. Objetivo: Realizar evaluación técnica de la situación actual del proyecto.

La evaluación técnica de la situación actual del proyecto fue realizada para la obtención de variables e indicadores representativos del proyecto, que permitieron la posterior comparación y evaluación económica del proyecto.

Para esto fueron analizados componentes o productos obtenidos por el proyecto ejecutado, los cuales fueron reconocidos por los ejecutores del proyecto en el convenio de transferencia como objetivos específicos. Debido a las necesidades de CONAF, los componentes analizados se limitaron al sistema de calefacción y al sistema de producción de biomasa, específicamente de las herramientas de producción, como la máquina chipeadora y los secadores de leña.

3.2.1. Actividad: Evaluar el sistema de calefacción a biomasa instalado en el Liceo Agrícola de Ancud.

Se realizó el reconocimiento de los componentes del sistema de calefacción, su descripción y análisis de sus características, mediante la revisión y análisis de la documentación respectiva, como el informe final de actividades, manuales técnicos, placas de identificación y análisis de información tomada en terreno, además de la conversaciones y la observación directa en terreno del sistema de calefacción y actividades relacionadas con este.

Tipo y calidad del biocombustible

Se realizó el análisis del tipo de biocombustible que es utilizado por el sistema de calefacción, sus características técnicas y el cumplimiento con los requerimientos de calidad y de la caldera instalada. Además se analizó nuevos tipos de biocombustible con posibilidad de ser utilizados por el sistema con el objetivo de proponer alternativas de mejora y/o solucionar problemas existentes, mediante el estudio de

las características de los biocombustibles bajo como su poder calorífico, su disponibilidad y facilidad de obtención.

Caldera de biomasa

El siguiente elemento analizado fue la caldera de biomasa, para lo cual se analizó su placa de identificación y manuales técnicos, con el fin de conocer las características y el funcionamiento de la caldera instalada, ya que este es el elemento más importante del sistema de calefacción, por lo que toda la evaluación y recomendaciones de mejora dependen de las características de esta caldera.

Identificadas las características de la caldera se procedió a desarrollar evaluación de las variables del sistema como la potencia máxima, los consumo de energía y consumo de biomasa del sistema.

- Potencia máxima de consumo: obtenida mediante la *fórmula N° 3.2*, presenta por Moreno, F. (2012).

$$P_c = \frac{Pn}{R} \tag{3.2}$$

Donde:

P_c: potencia de consumo, expresado en [kW].
P_n: potencia neta de la caldera, expresado en [kW].
R: rendimiento de caldera, expresado en tanto por uno.

- Energía consumida: obtenida mediante la *fórmula N° 3.3*, presenta por Moreno, F. (2012).

$$E_c = P_c * Hf \tag{3.3}$$

Donde:

E_c: energía consumida por el sistema, expresado en [kWh/día] o [kWh/mes] o [kWh/año].
P_c: potencia de consumo del sistema, expresada en [kW].
Hf: horas de funcionamiento del sistema, expresada en [h/día] o [h/mes] o [h/año].

- Biomasa consumida: obtenida mediante la *fórmula N° 3.4*, presenta por Moreno, F. (2012).

$$B_c = E_c * \left(\frac{1}{R}\right) * \left(\frac{1}{PCI}\right) \tag{3.4}$$

Donde:

B_c: biomasa consumida por el sistema, expresado en [m^3/día].
E_c: energía consumida por el sistema, expresado en [kWh/día].
R: rendimiento de la caldera, expresado en tanto por uno.
PCI: poder calorífico inferior de la biomasa utilizada, expresado en [kWh/m^3].

Equipos Auxiliares

Se realizó la descripción de los equipos auxiliares del sistema de calefacción, como los son los estanques de inercia, depósitos de expansión de las calderas y componentes hidráulicos.

Sala de Caldera

Se realizó el análisis de las características de la sala de caldera, como sus dimensiones y ubicación, a través de la toma de datos en terreno y la obtención de datos de la operadora de la caldera (fuente secundaria) para su comparación con lo planeado.

Silo de almacenamiento

Se analizaron las características más relevantes del silo de almacenamiento, como su capacidad para almacenar biocombustible y su autonomía, a través dela *fórmula N° 3.5*, para determinar la frecuencia de las cargas de biocombustible.

$$A = \frac{V}{B_c} \tag{3.5}$$

Donde:

A: autonomía del silo, expresado en días.
V: volumen real de almacenamiento del silo, expresado en [m^3].
B_c: biomasa consumida, expresado en [m^3/día].

Suministro de biocombustible

Basándose en la Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios (2009), se realizó el análisis de la forma en que se transporta el biocombustible, el método de descarga de ésta hacia el silo de almacenamiento y se verifico el cumplimento de algunos requisitos importantes de seguridad, mediante la observación directa del trabajo de la operadora de caldera y de conversiones con esta misma, con la finalidad de encontrar puntos débiles y ofrecer ideas de mejora.

Control y monitoreo del sistema

Se realizó un análisis de los elementos implementados por el proyecto para controlar y monitorear el sistema de calefacción instalado, a través de la observación directa y conversaciones con quien opera el sistema, para evaluar su funcionamiento. Además de esto se evaluó la forma de control que se lleva para la operación de la caldera y sus mantenciones, indicando métodos de mejora, en cuanto a su formato y variables controladas.

3.2.2. Actividad: Evaluar el sistema de producción de biomasa para la caldera.

Se realizó la revisión de la documentación y visitas a terreno para el análisis del sistema de producción de biomasa.

Para realizar la evaluación del sistema de producción de biomasa, primero fue necesario el análisis del Plan de Manejo Forestal del Predio Santa Adriana, realizado por CONAF, debido a que este contiene la información general de los recursos naturales presentes en el predio, además de información en detalle del área a intervenir. Se observó especialmente las características de la madera a astillar, en específico sus diámetros promedios, los cuales son de especial relevancia para las características y rendimientos de las herramientas presentes en el ciclo de producción de astillas.

Una vez analizado el plan de manejo se realizó el estudio y descripción del proceso de producción de la biomasa, identificando procesos y tareas realizadas para la producción de las astillas. Se identificaron costos y el volumen necesario de madera a producir para satisfacer la demanda anual de la caldera, a través de la siguiente *fórmula N° 3.6*.

$$V_m = \frac{B_c}{1{,}75} \tag{3.6}$$

Donde:

V_m: volumen estéreo de madera requerido, expresado en [m^3 estéreo].
B_c: biomasa consumida por el sistema de calefacción, expresada en [m^3/año]
1,75 [m^3] de astillas≈ 1[m^3 estéreo] de madera.

Luego de esto se procedió a realizar el análisis de las herramientas o implementos más importantes en el proceso de producción de la biomasa, los cuales son los secadores de leña y la máquina chipeadora.

Para los secadores lo primero que se realizó fue la identificación de las características de los secadores, en especial de sus capacidades, debido a la importancia de estos valores a la hora de planificar temas relacionados a cubrir la demanda de biocombustible del sistema de calefacción. Se analizó el aporte de biocombustible por cada secador utilizando la equivalencia entre astillas y volumen estéreo de madera presentada en la *fórmula N° 3.6*. Para finalizar se analizó el proceso de secado y se identificaron los costos de instalación de los secadores.

Para la máquina chipeadora instalada, se analizaron y evaluaron sus características y funcionamiento, relacionado a su capacidad, consumo de combustibles y tiempo de trabajo, con la finalidad de proponer mejoras, optimizar la producción de biomasa y solucionar problemas generados.

3.3. Objetivo: Realizar evaluación económica del proyecto.

La comparación de los resultados obtenidos por el proyecto, permitió la generación de retroalimentación de información sobre el proyecto ejecutado, la que podrá ser utilizada para futuros proyectos enfocados en calefacción y en producción de biomasa. Además de esto se justificaron los costos de inversión y se identificaron los beneficios económicos del nuevo sistema de calefacción.

3.3.1. Actividad: Comparar los costos de calefacción de los sistemas.

Para el desarrollo de esta actividad se reconocieron los costos de operación relacionados a cada uno de los sistemas de calefacción presentados, tanto del ante proyecto como del post proyecto, esto con la finalidad de ser utilizados en la generación de un flujo de costos para cada situación. Estos flujos luego fueron comparados entre sí para la justificación de la inversión realizada por el proyecto de calefacción.

Los flujos fueron construidos a 10 años de operación (2014 – 2023), ya que como indica Sapag, N. (2008) es lo más común a nivel de proyectos. Para la construcción de estos fue necesario la proyección de los costos de combustibles, mantención y sueldo de los operarios que manejan o manejaban el o los sistemas, así como también el costo de producción de leña en el Predio Santa Adriana. Para el caso de los costos de combustibles y sueldos, se utilizó información histórica de bases de datos de instituciones del gobierno, como el SERNAC, el INE y la biblioteca nacional, mientras que para los costos de mantención y de producción de madera fueron consultadas las fuentes directas, en este caso, la Corporación Municipal y CONAF.

Las proyecciones fueron realizadas utilizando el método de medias móviles, presentado en el punto *2.6.1*, debido a su simplicidad, rapidez y por la variabilidad de los datos observados. Para los cálculos se utilizó un valor *n = 2*, para otorgar una mayor importancia a los datos más recientes y una alta capacidad para responder rápidamente ante fluctuaciones o variaciones significativas de los datos de un período a otro.

Una vez obtenida las medias móviles, se calculó la variación de cada una de estas con respecto a la anterior, para así obtener un promedio de variación con el cual proyectar las media móviles de los periodos a evaluar, para lo cual se utilizó la *fórmula N° 3.7.*

$$MV_n = MV_{n-1} * (1 + \bar{\Delta}) \quad (3.7)$$

Donde

MV_n: media móvil del periodo a proyectar.

MV_{n-1}: media móvil del periodo anterior.

$\bar{\Delta}$: variación promedio de las medias móviles, expresada en tanto por uno.

Una vez proyectadas las medias se procedió a obtener los valores de los precios proyectados mediante la regla de tres simple.

Finalmente, se procedió al desarrollo de los flujos de costos, los cuales comprendieron costos de operación del sistema: costo combustible, costo de operador, costo de mantención, debido a que estos son los costos de interés para la Corporación Municipal, ya que al ser un proyecto social no se espera un retorno del capital invertido, sino que se espera conocer si los costos de calefacción del nuevo sistema presentan un ahorro significativo, lo que también es de interés de CONAF y el Ministerio de Energía para justificar el dinero invertido. Se identificaron distintas situaciones u opciones de utilización del sistema de calefacción actual, los cuales fueron comparados con la intención de seleccionar la opción que presente menores costos de calefacción.

3.3.2. Actividad: Comparar las distintas situaciones generadas mediante el método del CAUE.

Finalmente se realizó una evaluación por medio del método del CAUE para reafirmar los datos obtenidos en la actividad anterior, para lo cual se utilizaron los flujos obtenidos anteriormente, debido a que en este proyecto no existen ingresos.

Inversión inicial: obtenida del informe final de actividades del proyecto de calefacción.

Costos de operación: costos relacionados con la operación del sistema, y su comportamiento con el paso del tiempo, obtenidos en la actividad anterior.

Flujo neto de efectivo (FNE): es el valor de los flujos generados por los sistemas de calefacción en cada periodo de tiempo, los cuales una vez llevados a valor presente permitirán conocer si el proyecto ejecutado trae los beneficios económicos esperados.

Valor presente (VP): necesario para obtener el VAN, se obtuvo a través de la *fórmula N° 3.8* para cada periodo de tiempo, con la finalidad de trasladar todos los costos futuros a un valor presente. Para lo cual fue necesario estimar la tasa de descuento que afecta al proyecto ejecutado.

$$VP = \frac{VF}{(1+R)^m} \tag{3.8}$$

Donde:

VF: valor futuro.
R: tasa de descuento.
m: periodo de tiempo.

Valor presente acumulado ($VP_{acumulado}$): Con el cual finalmente se obtuvo el VAN, de cada situación analizada o propuesta, a través de la *fórmula N° 2.2*.

Una vez obtenidos los flujos de caja y obtenido los VAN correspondientes, fue calculado los CAUE de los escenarios inicial y actual, a través de la *fórmula N° 2.4*.

4. RESULTADOS

4.1. Objetivo: Examinar el proceso de preparación del proyecto.

4.1.1. Actividad: Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de la situación anterior al proyecto, de la preparación del proyecto y del post proyecto.

Esta actividad dejó ver la existencia de una multiplicidad de objetivos o intereses de parte de los involucrados, lo cual puede jugar en contra del proyecto. Lo positivo es que todos estos objetivos están finalmente relacionados con el objetivo principal del proyecto de calefacción, por lo que si los distintos involucrados lograron enfocarse y trabajar unidos por conseguir el objetivo principal no debería haber existido problemas mayores en la ejecución del proyecto y todos deberían cumplir sus expectativas.

Tabla N° 4.1: Identificación de involucrados.

Involucrado	Tipo	Interés o expectativa	Descripción
Corporación Municipal de Ancud	➢ Beneficiario directo. ➢ Ejecutor del proyecto.	➢ Optimización de la calidad de la calefacción en sus establecimientos. ➢ Disminución de costos de calefacción. ➢ Aprendizaje de los alumnos del Liceo Agrícola en temas relacionados con el trabajo en terreno.	Responsable de la administración de varios establecimientos, entre ellos el Liceo Agrícola de Ancud.
CONAF	➢ Promotor del proyecto.	➢ Contribuir a la discusión y desarrollo del uso de las fuentes de biomasa en la provincia de Chiloé apoyando al proceso de divulgación y promoción de las ERNC. ➢ Incorporar al negocio local forestal un producto nuevo como combustible en la generación de energía térmica, promoviendo el desarrollo sustentable de las existencias de bosque nativo que posee la provincia.	Entidad de derecho privado dependiente del Ministerio de Agricultura, que posee como función principal administrar la política forestal de Chile y fomentar el desarrollo del sector.
Ministerio de Energía	➢ Promotor del proyecto.	➢ Generar información técnica y social para fomentar el uso de ERNC y desarrollar nuevas tecnologías.	Financia proyectos demostrativos de carácter replicable para generar información técnica y social tendiente a la

	➢ Financista del proyecto.		implementación de políticos públicas en materias de energía, esto a través de su Programa de Energización Rural y Social.
Liceo Agrícola de Ancud	➢ Beneficiario directo.	➢ Mejorar de su servicio de calefacción.	Administrador del predio a explotar para combustible.

Fuente: Elaboración propia.

Entrevista a Operador del sistema de calefacción

Sra. Katty Soto, Operadora de la caldera de biomasa y de todos los sistemas relacionados con el sistema de calefacción instalado, comento que el sistema de calefacción había sido instalado correctamente y no presentaba problemas, no así los demás componentes instalados como la máquina chipeadora, la cual no cumple con los requisitos necesarios para astillar la madera del predio y a menos de 24[h] de trabajo dejo de funcionar; y los secadores de leña, quienes presentan problemas de diseño, provocando goteras por la lluvia y una alta humedad en su interior. Estos inconvenientes causaron problemas en la operación del sistema de calefacción, provocando una falta de biocombustible obligando a la compra de astillas. Esto generó un nuevo problema: no existía un lugar donde almacenar el biocombustible comprado, por lo que inicialmente la biomasa se vio contaminada con cuerpos extraños, generalmente piedras, y aumentó su humedad hasta que finalmente se decidió almacenar las astillas en lugar destinado al astillado. Además indicó que este nuevo método de obtención de biomasa dificultó la alimentación de la caldera, ya que el sistema no fue diseñado para ser alimentado de forma manual, sino que era la chipeadora quien alimentaba directamente el silo de almacenamiento.

El proveedor es una empresa ubicada en Osorno, BIOMASA SALINAS Y WAEGER LTDA., quien entrega al liceo astillas de pino y eucaliptus, la Sra. Soto indicó que no se han presentado problemas, la biomasa es de buena calidad y permite el correcto funcionamiento del sistema, mientras que el proveedor, es muy responsable, existiendo plena satisfacción del servicio.

Referente a las mantenciones del sistema de calefacción, estás son realizadas por la empresa ENERGÍAS DEL SUR, misma empresa que se encargó de la instalación de este sistema y le realizó su capacitación. El plan de mantenimiento indica que la caldera debe ser puesta bajo mantención cada 1.000[h] de funcionamiento, si esto no se cumple la caldera está programada para comenzar a funcionar a un ritmo más lento y prender alarmas. En un principio esto fue ignorado llegando a 1.400[h] de trabajo, cuando la caldera comenzó a presentar problemas y tuvo que ser puesta en mantención, luego de esto las mantenciones se realizaron en el tiempo correspondiente, claro que por las fechas sólo se alcanzó a

realizar una mantención más en el año, debido al receso del sistema de calefacción por las vacaciones de los alumnos y el cese de funciones en el establecimiento.

Desde que comenzó a funcionar la caldera en julio 2013, no han existido mayores problemas en su operación, a excepción de un par de ocasiones en que existió un problema de arranque del sistema debido a la humedad de las astillas. Inicialmente el sistema de calefacción sería para el Liceo Agrícola y con el tiempo, luego de ver resultados se comenzarían a anexar los demás establecimientos aledaños, pero rápidamente antes que esto ocurriera se anexo la calefacción del Liceo Domingo Espiñeira Riesco, uno de estos establecimientos cercanos, no existiendo consecuencias negativas para el sistema de calefacción, claro que diariamente antes de que este liceo comience a utilizar el sistema DH debe calefaccionar su red interna con su propio sistema de calefacción, por 45 minutos aproximadamente.

Sobre los registros de control comentó que aún no tiene claro que parámetros debe controlar, que no fue bien guiada en ese ámbito y que los parámetros que controla son los que la experiencia le ha señalado, como las anomalías que va presentando el sistema, la actividad de la caldera, el porcentaje de oxígeno, la temperatura de los gases y las temperaturas altas y bajas de los tanques de salida y retorno.

Para finalizar comento que si las condiciones de trabajo son buenas le gustaría seguir capacitándose en calderas. Además enfatizó que ella es la única persona capacitada para manejar esta caldera de biomasa dentro del liceo o la Corporación Municipal.

Entrevista a Directora de planificación y recursos físicos

Doña Irene Haarmann, Directora de planificación y recursos físicos de la Corporación Municipal, comentó que para ella el proyecto nació de conversaciones entre el Ministerio de Energía y CONAF, donde luego se incluyó a la Ilustre Municipalidad de Ancud, quienes delegaron todas las responsabilidades de ejecución a la Corporación Municipal sin la entrega de mayor información, la corporación carecía de conocimientos sobre el nuevo sistema de calefacción y de profesionales que posean estos conocimientos, lo que ha provocado inconvenientes y mucha improvisación, indica que como corporación se sintieron un poco abandonados, especialmente por el municipio, mientras reconoce la ayuda de CONAF pero señala la existencia de problemas originados por una multiplicidad de objetivos, es decir CONAF, el ministerio y la Corporación Municipal tenían intereses distintos en el proyecto. El objetivo general del proyecto era de dotar al Liceo Agrícola un nuevo sistema de calefacción y utilizar el Predio Santa Adriana para la producción de biomasa, aquí es donde está el principal interés de CONAF, quien espera replicar el sistema de producción de biomasa para explotar un nuevo recurso e integrarlo al mercado, y justamente esta es la parte del proyecto que no ha sido bien ejecutada. Para la Corporación Municipal la idea de la producción de biomasa en el predio tenía un objetivo pedagógico, los alumnos aprenderían a explotar el bosque, conocer una nueva alternativa y poder replicarlo en sus hogares, el problema de esto, según indicó la directora, es que el tiempo con que disponen los alumnos para este tipo de actividades es poco, y además el Liceo Agrícola no cuenta con la cantidad de personal necesario para la explotación del bosque y la

producción de biomasa, y los alumnos deben aprender, no realizar el trabajo pesado. Admite que tal vez existe una falta de compromiso del liceo en ese ámbito.

Ellos como corporación se enfocaron y pusieron toda su energía en lo que es sistema de calefacción, pero no así en la parte de producción de biomasa, ahora lo que se viene es la etapa de monitoreo, la cual aún no ha comenzado debido a que los equipos de monitoreo no están instalados y no poseen conocimiento de que parámetros deben medirse o tratarse con más cuidado en la operación del sistema. Aquí es donde se puede se puede observar la improvisación del proyecto y falta de comunicación entra las partes, la directora indica que en el comienzo de la ejecución del proyecto el ministerio no destino a ninguna persona que se encargue del proyecto, avanzado el tiempo apareció un responsable, por otro lado CONAF ha participado pero enfocándose en la otra parte del proyecto, la explotación del bosque y producción de chip. La Directora comenta que posee la misma opinión que la Operadora de caldera sobre los secadores, y agrega que los diseños enviados a la corporación por el Ministerio de Energía fueron modificados, pero debido al desconocimiento técnico no se lograron grandes resultados. Otro problema fue la chipeadora, la cual piensa no se realizó un buen estudio de los requisitos que esta debía cumplir.

Finalmente ella opina que el proyecto es una muy buena iniciativa, pero que debido a los problemas para la producción de biomasa y el desconocimiento existente del tema energético aún le falta mucho para estar completo.

En cuanto al financiamiento de las mantenciones y la compra de combustible, indica que no existe un presupuesto fijo destinado al sistema de calefacción, todo depende de los recursos que e a la corporación de sus distintas actividades.

Al término de esta entrevista se refirió al proveer del combustible, quién dijo fue elegido por ser un proveedor conocido en la zona y por el bajo costo de sus astillas.

Resultado de las entrevistas

Las entrevistas realizadas permitieron conocer los puntos altos y bajos del proyecto ejecutado, logrando desarrollar una idea sobre donde enfocar esta evaluación. Se determinó a través de las entrevistas que el sistema de calefacción está en excelentes condiciones y funciona adecuadamente, satisfaciendo todas las necesidades de los liceos Agrícola y Domingo Espiñeira. Por otro lado se observa que los implementos para la producción de biomasa han fracaso, ya que estos no cumplen con los requisitos para trabajar en las condiciones reales, esto debido probablemente a un débil estudio técnico en la etapa de pre-inversión, por parte de los involucrados.

4.1.2. Actividad: Examinar el proceso de preparación del proyecto ejecutado.

Antecedentes

- **Nombre Proyecto:** Implementación de sistema demostrativo de calefacción basados en el uso de energías renovables no convencionales y producción de biomasa para uso combustible en el predio e instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud – Proyecto demostrativo.
- **Comuna:** Ancud.
- **RES. N°:** Decreto Exento N° 0567, de fecha 30 de Diciembre del 2011, que aprueba Convenio de Trasferencia de Recursos, suscrito entra la Subsecretaria de Energía y la Ilustre Municipalidad de Ancud, actuando como Unidad ejecutora la Corporación Municipal de Ancud.
- **Empresa:** Corporación Municipal de Ancud.
- **Fecha término proyecto:** 20 de Noviembre 2013.
- **Fecha término convenio:** 30 de Noviembre 2013.
- **Valores de transferencia:** [$] 97.000.000.
- **Valores obra:** [$] 88.607.296.

Objetivo general

Implementación de sistemas demostrativos de calefacción basados en el uso de ERNC y la producción de biomasa para uso combustible, en el predio e instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud.

Objetivos específicos

- Implementar un sistema de calefacción a biomasa para las instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud.
- Implementar el equipamiento necesario en el predio del Liceo Agrícola de Ancud para la producción de biomasa para la caldera.
- Implementar al menos dos secadores de leña demostrativos a fin de difundir su uso en la comuna, priorizando la utilización de energía solar.
- Capacitar a los usuarios y al personal encargado del uso y mantención de los sistemas antes mencionados.
- Generar información sobre el comportamiento técnico de los referidos sistemas energéticos, sus beneficios y externalidades, y generar difusión de esta información.

El proyecto fue presentado como un pre-análisis de aprovechamiento de biomasa para la generación de energía térmica para los establecimientos de dependencia de la Corporación Municipal de Ancud localizados en el sector de calle Latorre en la ciudad de Ancud.



Figura N° 4.1: Establecimientos sector calle Latorre, Ancud.

Fuente: Minuta Proyecto Biomasa Comuna de Ancud (2013).

Para conseguir los objetivos CONAF y la Corporación Municipal de Ancud acordaron la realización de ciertas actividades conjuntas:

- Formulación de términos de referencia de licitación de equipamiento de instalación del sistema de calefacción de biomasa forestal para el Liceo Agrícola de Ancud.
- Identificación de requerimientos para la puesta en producción de biomasa forestal del Predio Santa Adriana del Liceo Agrícola de Ancud y generación de términos de referencia en la licitación de materiales y equipamiento de producción.
- Generar acciones para la implementación de al menos dos secadores de biomasa demostrativos en la comuna de Ancud.
- Proposición del plan de seguimiento, informes de avances e informe final del proyecto.
- Formulación y seguimiento del Plan de manejo de corta y reforestación de Bosque Nativo para el Predio Santa Adriana del Liceo Agrícola de Ancud.

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas del proyecto, presentadas a continuación, fueron realizadas por el Ministerio de Energía.

Tabla N° 4.2: Especificaciones sistema de calefacción.

Combustible	**Astillas de madera.**
Potencia útil	4,1[kW] en c/u de los 20 radiadores a instalar en el Liceo Agrícola.
Temperatura ambiente a generar	20[°C]
Tiempo de funcionamiento	5[h/día] por 6 [meses/año] (invierno).
Potencia de despacho	91,1[kW]
Pérdidas del sistema	5por ciento
Temperatura de entrada al sistema de recirculación	74[°C]
Temperatura de salida al sistema de recirculación	86[°C]

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: “sistema de calefacción a biomasa para Liceo Agrícola de Ancud, Espiñeira Riesco”. Ministerio de Energía (2012). Elaboración Propia.

El trabajo de la caldera a chip debe ser continuo por lo que se requiere de 2 estanques acumuladores de 10.000[l] cada uno, de acero carbono y tratamiento anticorrosivo, soportando una presión de al menos 4[bar] y 99[°C].

Las bombas de recirculación de calderas y las de calefacción debían tener duplicidad y estar instaladas con válvula de bola a ambos lados para facilitar tareas de mantención y recambio. Ambos circuitos cerrados deben contar con manómetro, termómetros de ida y vuelta, purgador de aire automático y filtro de partículas. La caldera debía tener una potencia útil de al menos 20,5[kW] con un caudal estimado de 24,48[l/min].

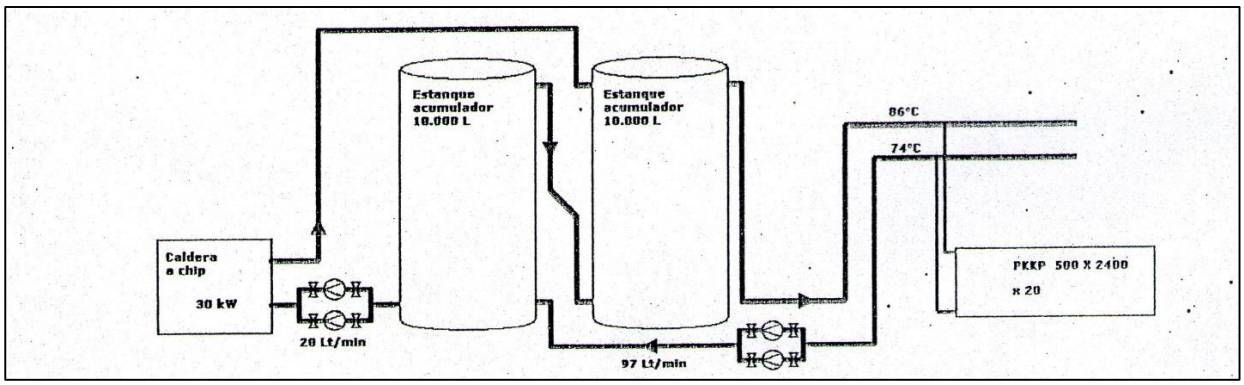


Figura N° 4.2: Estanques de inercia planificados.

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: “sistema de calefacción a biomasa para Liceo Agrícola de Ancud, Espiñeira Riesco”. Ministerio de Energía (2012).

El circuito de calefacción este debía ir por el interior del recinto, por la parte superior de las instalaciones para no estar al alcance de los alumnos. Las cañerías principales deben ser de acero al carbono, o superior, y su diámetro debe ser 1½" para mantener una velocidad del fluido al interior no superior a 1[m/s]. El tramo a recorrer por las cañerías antes de ingresar al edificio deber ser subterráneo y quedar aislado térmicamente de forma de no perder más de 0,4[°C] en el trayecto.

El sector propuesto para almacenar el chip, los estanques acumuladores y la caldera debían situarse sobre el mismo radier de 3x10[m], como se muestra en las *Figuras N° 4.3 y 4.4*.

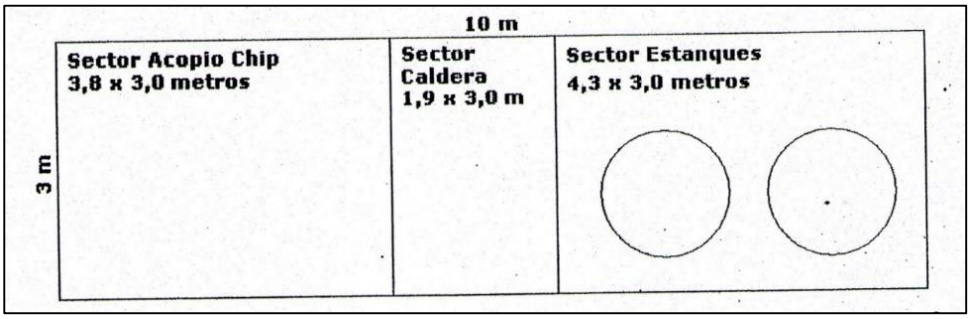


Figura N° 4.3: Planificación sala de caldera.

Fuente: Especificaciones técnicas proyecto: "sistema de calefacción a biomasa para Liceo Agrícola de Ancud, Espiñeira Riesco". Ministerio de Energía (2012).

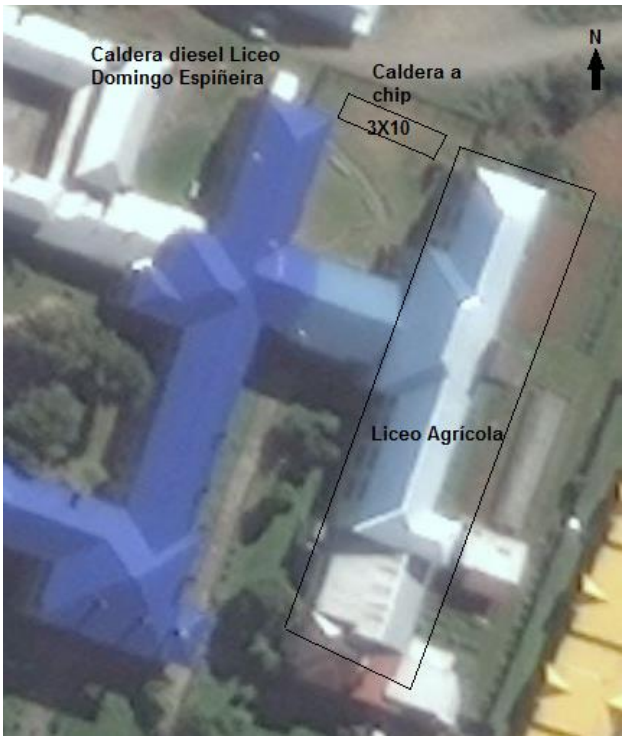


Figura N° 4.4: Ubicación inicial caldera de chip.

Fuente: Bing Maps 3D (2014). Elaboración propia.

Presupuesto planificado

Tabla N° 4.3: Presupuesto planeado.

Actividad	Costo planificado
Definición de carta Gantt para el inicio de actividades.	$ 0
Implementar un sistema de calefacción basado en el uso de ERNC en el Liceo Agrícola de Ancud.	$ 80.000.000
Implementar equipamiento necesario en el predio del Liceo Agrícola de Ancud para la producción de biomasa	$ 7.000.000
Implementar dos secadores de leña demostrativos.	$ 8.000.000
Monitorear los sistemas instalados	$ 2.000.000
Inversión total	$ 97.000.000

Fuente: Convenio de transferencia de recursos entre la Subsecretaría de Energía y la Ilustre Municipalidad de Ancud. Ministerio de Energía (2011). Elaboración propia.

Descripción escenario ante proyecto

En sus inicios el proyecto solo afectaría al Liceo Agrícola, pero como fue comprobado en terreno y a través de las entrevistas realizadas, inmediatamente se realizó la conexión del sistema de calefacción del Liceo Domingo Espiñeira, debido a lo cual se describen a continuación la situación ante proyecto de ambos liceos. Además en el ANEXO C se presenta un diagnóstico de utilización de energía en el Liceo Agrícola De Ancud, realizado por CONAF, en el que se observa que el liceo en cuestión prácticamente no poseía un sistema de calefacción.

- *Liceo Agrícola*: sistema de calefacción basado en un estanque de gas licuado de petróleo (GLP) con capacidad de 1.000[kg] (recargas 800[kg] cada 3 meses), el cual abastecía calefactores de tiro balanceado. El sistema era manejado por un auxiliar quien encendía y apagaba los calefactores diariamente, a las 07:30 y 09:30 horas aproximadamente, de Marzo a Diciembre prácticamente. Este sistema era puesto bajo mantención únicamente a inicios de año, existiendo mantenciones extraordinarias debido a la mala manipulación de los calefactores por parte de los estudiantes, mantenciones que eran realizadas por un servicio técnico especializado de Trotter, proveedor de los calefactores. El rendimiento de este sistema de calefactores era de un 75 por ciento. El PCI del GLP es de 11.850[kcal/kg], según la Asociación Chilena de Gas Licuado A.G.



Figura N° 4.5: Calefactores Trotter, Liceo Agrícola.
Fuente: Propia.



Figura N° 4.6: Caldera diésel, Liceo Domingo Espiñeira.
Fuente: Propia.

- *Liceo Domingo Espiñeira*: sistema de calefacción a base de una caldera a petróleo diésel, UNICAL MO 233, la cual tenía un consumo de 1000[l/mes], funcionando de lunes a viernes, desde las 07:30 – 11:30 horas, desde Marzo a Diciembre prácticamente, según información proporcionada por Don Fredy Cárcamo, antiguo operador de esta caldera. La caldera, que aún se mantiene en funcionamiento, posee una potencia útil de 233[kW], y es sometida a mantención una vez al año, en principios de este. El rendimiento aproximado de esta caldera es de 90,31 por ciento aproximadamente.

Tabla N° 4.4: Resumen sistemas de calefacción ante proyecto.

Variable	Liceo Agrícola de Ancud	Liceo Domingo Espiñeira
Sistema de calefacción	Calefactores de GLP de tiro centralizado	Caldera a petróleo diésel
Densidad del combustible	-	850[kg/m^3]
PCI del combustible	13,78[kWh/kg]	10.147[kWh/m^3]
Horas de funcionamiento del sistema de calefacción	2[h/día]	4[h/día]
Rendimiento del sistema	75,00[%]	90,31[%]
Consumo promedio de combustible	6,67[kg/h]	12,50[l/h]
Consumo promedio de combustible anual	2.666,67[kg/año]	10.000[l/año]
Frecuencia de mantenciones	1[mantención/año]	1[mantención/año]

Energía promedio Consumida por el sistema	137,8[kWh/día]	458,19[kWh/día]

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Objetivo: Realizar evaluación técnica de la situación actual del proyecto.

4.2.1. Actividad: Evaluar el sistema de calefacción a biomasa instalado en el Liceo Agrícola de Ancud.

El sistema de calefacción instalado en el Liceo Agrícola, está compuesto por una caldera de biomasa, dos estanques acumuladores con recubrimiento de aislación térmica, líneas, radiadores y bombas, entre otros elementos. Este sistema es operado únicamente por una auxiliar, la cual tiene un sueldo mínimo, quien además opera la caldera a diésel del Liceo Domingo Espiñeira y es la encargada de realizar las labores de astillado de la madera.

Tipo y calidad del biocombustible

El proyecto se enfoca en el uso de astillas de madera como biocombustible, el cual se planeaba sea producido por el mismo Liceo Agrícola utilizando los recursos leñosos del Predio Santa Adriana, específicamente de la especie Canelo, pero debido a problemas con algunos de los elementos implementados actualmente el biocombustible debe ser comprado. Esta compra se realiza a una empresa ubicada en la ciudad de Osorno, BIOMASA SALINAS Y WAEGER LTDA., la cual ofrece astillas de madera de pino y/o eucaliptus.

La caldera, está diseñada para utilizar astillas de madera G30 y W30 según norma austríaca ÖNORM M7133 o B1 según CEN TC 335.

Tabla N° 4.5: Características astillas G30 según ÖNORM M7133.

Clase Astilla	**Rangos permitidos de granulometría (tamizado)**				**Valores extremos permitidos**	
	Máx. 20[%]	60-100[%]	Máx. 20[%]	Máx. 4[%]	Sección máx. [cm^2]	Longitud [cm]
G30	< 16 [mm]	16 - 2,8 [mm]	2,8 - 1 [mm]	< 1[mm]	3	8,5

Fuente: EnergíaCO2zero, Empresa de servicios energéticos y suministro de Biomasa (2013).

Tabla N° 4.6: Contenido de humedad astillas de madera.

W20	W30	W35	W40	W50
Astilla secada al aire con 20[%] de humedad.	Astillas almacenables con 30[%] de humedad.	Astilla almacenable limitadamente con 35[%] de humedad.	Astilla húmeda.	Astilla fresca.

Fuente: BIOSOL ENERGÍA S.L., sociedad de servicios técnicos de calefacción (2014). Elaboración propia.

Según la División de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía, en su exposición sobre Buen Uso de la Leña (2013), las especies de árboles más comunes dentro del país para el uso combustible son: Espino, Luma, Trevo, Eucaliptus globulus, Aromo australiano, Ulmo, Tineo, Mañio, Eucaliptus nitens, Coihue, Roble, Lenga, Lingue, Raulí, Tepa, Canelo, Pino oregón y Pino insigne.

Tabla N° 4.7: Recurso forestal para uso combustible en Chile.

Especie	PCI [GJ/m^3]	Localización (Región)
Espino	6 - 8	IV, V, R.M, VI, VII y VIII
Luma	6 - 8	VII, VIII, IX, X y XI
Trevo	6 - 8	VII, VIII, IX, X Y XI
Eucaliptus globulus	5,5	V, R.M., VI, VII, VIII, IX y X
Aromo australiano	5,5	VI,VII, VIII, IX
Ulmo	5,5	VII, IX, X y XI
Tineo	5,5	VII, VIII, IX, X, XI y XII
Mañío	5	V, R.M., VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII
Eucaliptus nitens	5	VII, IX y X
Coihue	5	VI, VII, VIII, IX y X
Roble	5	V, R.M, VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII
Lenga	4,5	VII, VIII, IX, X, XI y XII
Lingue	4,5	IV, V, R.M, VI, VII, VIII, IX, X y XI
Raulí	4,5	V, R.M., VI, VII, VIII, IX y X
Tepa	4,5	VII, VIII, IX, X y XI
Canelo	4	V, R.M., VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII
Pino oregón	4	IX, XIV, X, XI
Pino insigne	4	VII, VIII

Fuente: Buen Uso de la Leña, Ministerio de Energía (2013); Árboles nativos de Chile, profesorenlinea.cl (2014); chileflora.com (2014). Elaboración propia.

Sumado a esto, CONAF indica que la cantidad de hectáreas de bosques para fines energéticos aumenta de norte a sur del país, encontrando la mayor cantidad de hectáreas en las Regiones X, XI y XII. Mientras que el Instituto Forestal (INFOR), indica que las mayores plantaciones a nivel nacional son de Pino insigne, Eucaliptus globulus y Eucaliptus nitens, como se observa en el *gráfico N° 4.2*, de un total de 2.414.398 [ha] plantadas, así mismo indica que a nivel de producción de astillas, las de Pino insigne y de Eucaliptus superan el 90 por ciento, de un total de 9.799.000[m^3] de astillas producidas (datos del 2012), claro que la mayor cantidad de estas astillas se utilizan para exportación.

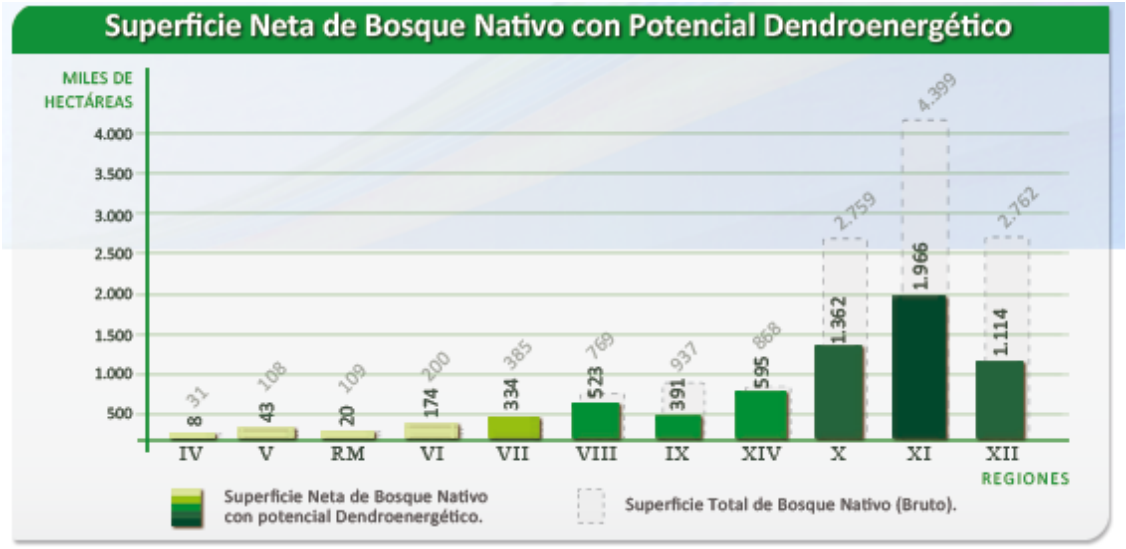


Gráfico N° 4.1: Superficie de bosque nativo aprovechable con fines energéticos.
Fuente: Explorador de bioenergía forestal, Ministerio de Energía, CONAF y UACh. (2014).

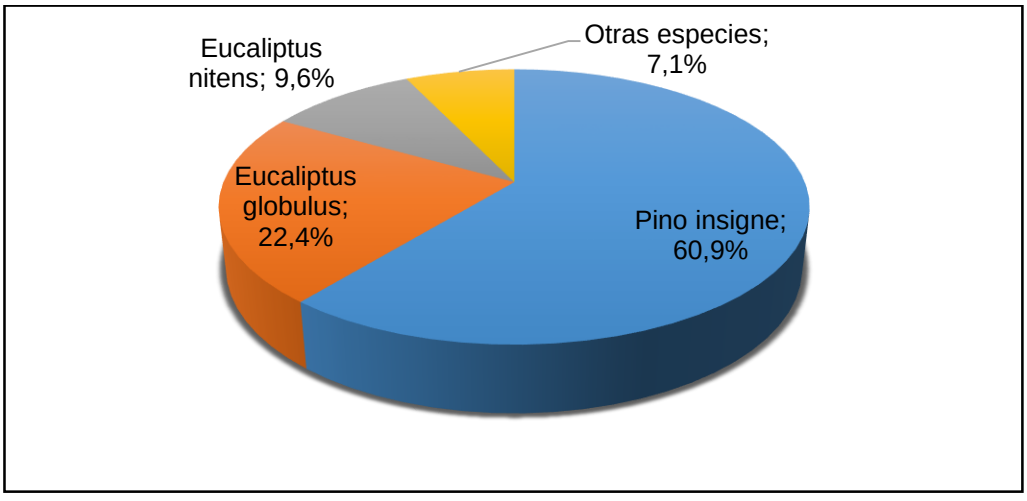


Gráfico N° 4.2: Inventario de plantaciones forestales por especie, 2012.
Fuente: Sector Forestal Chileno. INFOR (2013). Elaboración propia.

Con estos datos se justifica que el presente estudio se enfoque solo en 4 especies de maderas: Eucaliptus nitens, Eucaliptus globulus, Pino insigne y Canelo.

Tabla N° 4.8: Biocombustibles utilizados.

Tipo de astillas	PCI [kWh/m^3]	Humedad	Estado
Pino insigne	1.111,08	< 30[%]	Usado actualmente.
Eucaliptus globulus	1.527,74	< 30[%]	Usado actualmente.
Eucaliptus nitens	1.388,85	< 30[%]	Usado actualmente.
Canelo	1.111,08	< 30[%]	Planificado usar.

Fuente: Elaboración propia.

Caldera de biomasa

Las calderas KWB Multifire de procedencia austríaca, son calderas de biomasa que varían entre los 15 - 100[kW] de potencia nominal, utilizadas para suministrar calor en casas unifamiliares, edificios públicos y privados y para redes locales de calefacción (sistemas DH). La caldera en estudio es una caldera KWB Multifire USV 60, posee una potencia de 60[kW] por lo que es clasificada solo como una "caldera de biomasa", sus dimensiones y características técnicas se presentan en los ANEXOS E y F. Esta caldera fue confeccionada para operar a base de astillas de madera G30 según norma austríaca ÖNORM M7133 o B1 según CEN TC 335 y pellets de madera de Ø 6[mm] según norma austríaca ÖNORM M 7135 o DIN Plus (ANEXO D).

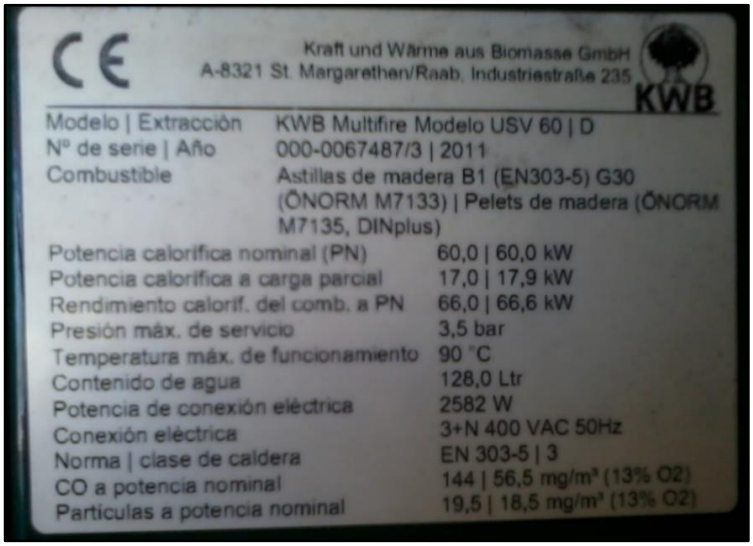


Figura N° 4.7: Placa identificación caldera de biomasa.

Fuente: Propia.

En la *Figura N° 4.8,* se presenta la caldera instalada en las dependencias del Liceo Agrícola, mientras que en el ANEXO G se presenta su estructura.



Figura N° 4.8: Caldera KWB Multifire USV 60.

Fuente: KWB (2013). Técnica y planificación: Calefacción con astillas de madera y pellets KWB Multifire 15-100 kW.

Esta caldera posee un sofisticado sistema de combustión, con una regulación lambda en combinación con una regulación por depresión, lo que garantiza condiciones óptimas de combustión y mínimas emisiones. Esta regulación se ve complementada con un sistema de alimentación inferior con un sensor de cantidad de combustible. El intercambiador de calor posee un sistema de limpieza automático, lo que optimiza el intercambio de calor y disminuye las pérdidas de flujo. Las calderas KWB presentan un sistema de extracción de ceniza automático, formado por dos tornillos sinfín que transportan la ceniza de la cámara de combustión al contenedor de ceniza adosado, el cual debe ser vaciado en periodos de entre 2 y 12 semanas. Estas calderas poseen una plataforma de regulación, llamada KWB Confort 3, la cual cuenta con un menú lógicamente estructurado que permite al usuario configurar los parámetros para los circuitos de calefacción, depósitos de inercia, depósitos de ACS, etc., sumado a esto permite el control del sistema de calefacción vía mensaje de texto (SMS) y posibilita la visualización y el mantenimiento remoto a través de su plataforma KWB Comfort Visio. A nivel de seguridad, cuenta con un sensor de cantidad de combustible, un dispositivo de extinción de emergencia en el canal de alimentación inferior y de una compuerta antiincendio hermética al gas en el punto de descarga entre el sistema de alimentación y el contenedor intermedio. Otra característica importante de estas calderas es que poseen un recipiente intermedio, el cual para este modelo es de 10[l] con un sistema de barrera fotoeléctrica que regula automáticamente el nivel de llenado del recipiente, lo cual prolonga la vida útil de la alimentación y reduce a un mínimo los costos de corriente, ya que el sistema de transporte se pone en marcha menos frecuentemente. La longitud y el diámetro del sistema de alimentación KWB se adapta a las exigencias específicas del cliente a través del

agitador de brazos rotativos y del tornillo sinfín de alimentación sobre eje hueco macizo de doble apoyo (ANEXO H). Los silos de almacenamiento pueden ser cuadrado, rectangulares o redondos y estar sobre el nivel de la sala de caldera, al mismo nivel o bajo su nivel.

La caldera KWB Multifire USV 60 posee un rendimiento de 92,2 por ciento a potencia nominal y 91,1 por ciento a carga parcial, utilizando como biocombustible astillas de madera. Mientras que llega a un rendimiento de un 91,45 por ciento a potencia nominal y 90,5 por ciento a carga parcial si es abastecida con pellets.

La Corporación Municipal determinó en su informe final de actividades, que el consumo promedio de biocombustible de la caldera es de 1[m^3/día]. Como la caldera es utilizada con funcionamiento continuo, durante los meses desde Marzo a Diciembre su consumo promedio anual de biocombustible sería en promedio 300[m^3/año]. El valor de esta variable fue obtenido luego de utilizar la caldera durante el periodo de 5 meses aproximadamente, desde Julio a Diciembre, utilizando diferentes tipos de astillas, pasando por periodos de ensayo y error.

La caldera debe ser puesta bajo mantención cada 1000[h] de funcionamiento, al tener un funcionamiento continuo, es decir las 24[h] del día, de lunes a domingo, la caldera posee 6.720[h/año] de trabajo, lo que indica que se le deben realizar entre 6 – 7 mantenciones al año.

Se calcularon las variables del sistema de calefacción utilizado en su máxima potencia obteniendo los siguientes resultados.

- *Potencia máxima del sistema*: para una potencia de 60[kW] y un rendimiento del 92,2 por ciento, reemplazando los valores en la *fórmula N° 3.2*, la potencia máxima del sistema es de 65,08 [kW].
- *Energía consumida por el sistema*: para una potencia de consumo de 65,08[kW] y un trabajo de 24[h/día], reemplazando los valores en la *fórmula N° 3.3*, la energía máxima que será consumida del sistema es 1.561,82 [kWh/día], 7.809,11[kWh/mes] y 312.364,43[kWh/año].
- *Biomasa consumida por sistema*: según tipo de astillas que se utilice, utilizando los PCI presentados en la *Tabla N° 4.8* y reemplazando sus valores en la *fórmula N° 3.4*.

Tabla N° 4.9: Máximo consumo de biomasa por tipo de astillas.

Biomasa consumida	
Pino insigne	1,52 [m^3/día]
Canelo	1,52 [m^3/día]
Eucaliptus globulus	1,11 [m^3/día]
Eucaliptus nitens	1,22 [m^3/día]

Fuente: elaboración propia.

Se observa que existe una diferencia importante en el consumo de astillas dependiendo de la especie que procedan, diferencia que en términos de consumo anual llega un 27,27 por ciento entre el mayor y menor consumo observado, lo que significa una diferencia de 49,89[UF], es decir [$] 1.047.798 al año. Esta diferencia está dada debido a las propiedades caloríficas de la madera, por lo que al pensar en optimizar los costos de calefacción se recomienda el uso de astillas de Eucaliptus, especialmente la especie globulus.

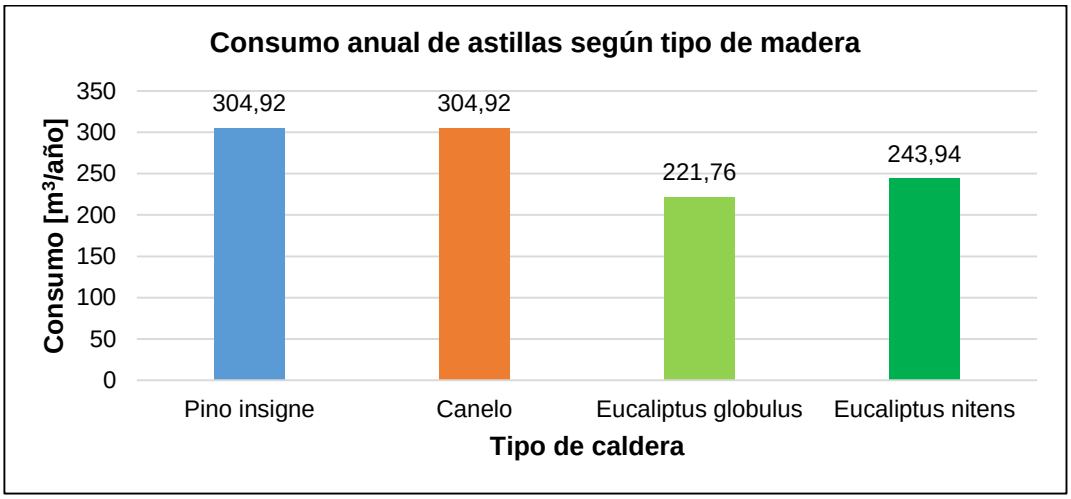


Gráfico N° 4.3: Gráfico consumo máximo de biomasa al año.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa al comparar los consumos energéticos de cada sistema de calefacción, al ser igualados en horas de funcionamiento que la caldera de biomasa es mucho más eficiente que los sistemas de calefacción anteriores, como se observa en el *gráfico N° 4.4*.

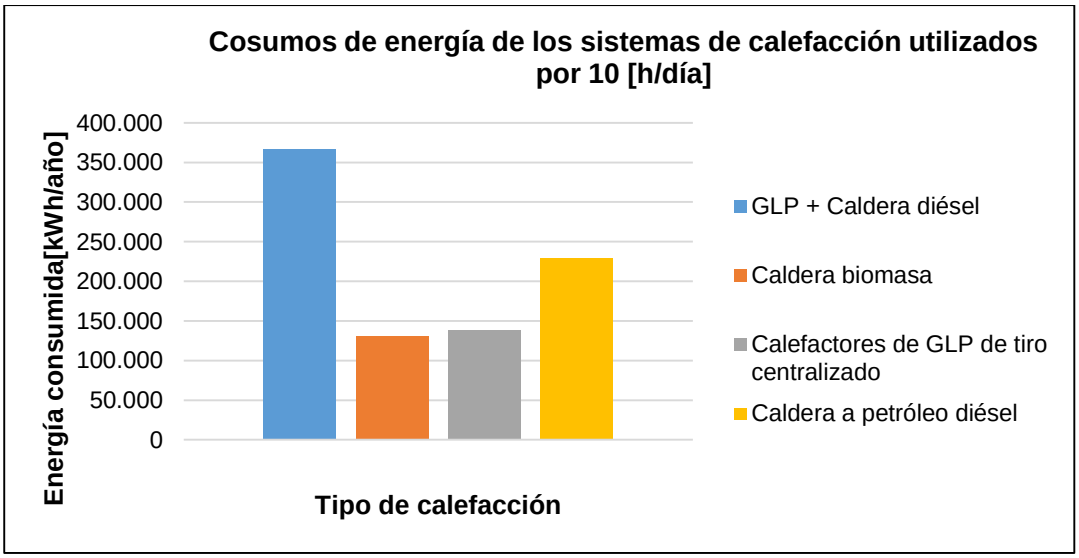


Gráfico N° 4.4: Consumo de energía de los sistemas.

Fuente: Elaboración propia.

Equipos auxiliares

Entre los equipos auxiliares destacan los estanques de inercia, los cuales tienen la función de recuperar el calor de las brasas en los momentos que se apague la caldera, para las mantenciones por ejemplo, y optimizar el arranque y parada de la caldera, mejorando el rendimiento del sistema. Estos estanques poseen las características señaladas en las especificaciones técnicas 4.1.2, al igual que todos los demás equipos y componentes, los cuales no serán descritos debido a que no son de relevancia para este estudio. Se destaca la existencia en el Liceo Agrícola de 20 radiadores y de 28 en el Liceo Domingo Espiñeira.



Figura N° 4.9: Estanques de inercia.

Fuente: Propia.

Sala de caldera

Dividida en tres secciones, una para el chipiado o astillado, otra para el silo de almacenamiento y la última para la caldera de biomasa, además aún lado de la sala se encuentran los estanques acumuladores del sistema de calefacción. Se observa que las dimensiones no son las mismas que las especificadas por el Ministerio de Energía, debido a una modificación realizada para construir un sector de astillado. Este cambio no trajo consecuencias importantes en cuanto al funcionamiento del sistema de calefacción.

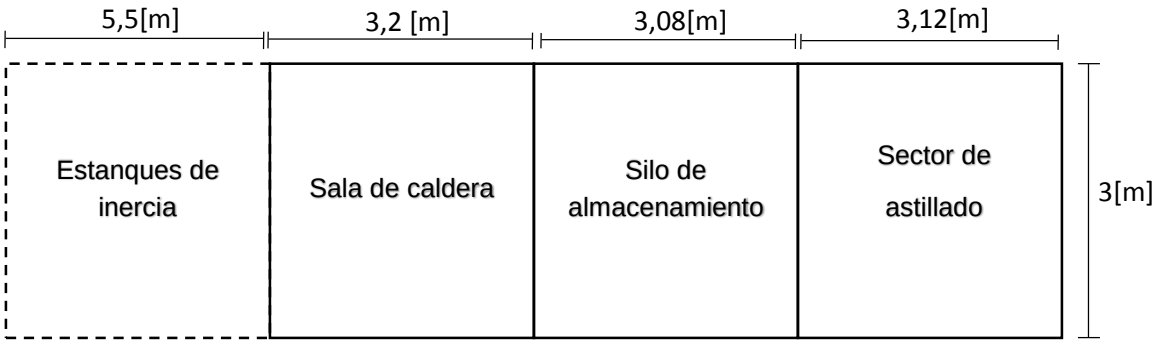


Figura N° 4.10: Boceto sala de caldera instalada.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.11: Sala de caldera implementada.

Fuente: Propia.

La ubicación inicial de la sala de caldera *(figura N° 4.4)* fue modificada a petición del Liceo Agrícola, como se representa en la *figura N° 4.12*, debido a que utilizaba el patio abierto del liceo e interrumpía una de las vías de evacuación del recinto.



Figura N° 4.12: Ubicaciones sala de caldera y secador de leña, Liceo Agrícola.

Fuente: Bing Maps 3D (2014). Elaboración propia.

Se realizan algunas recomendaciones de seguridad, como proveer de un cartel la puerta de entrada a la sala caldera el cual lleve un mensaje indicando precaución, como por ejemplo: “Precaución. Sala de caldera”, además de la instalación de un extintor manual en la entrada de la sala de caldera, para casos

de emergencia y capacitar a más personas en el uso de la caldera, ya que existen muchos riesgos al existir solo una persona que tenga acceso a la caldera y este capacitada para la operación de esta.

Silo de almacenamiento

El silo de almacenamiento es del tipo pre fabricado de suelo inclinado, sus medidas son 3,08[m] x 3,00[m], por lo que tiene un área de 9,24[m^2], el silo generalmente se mantiene lleno, con un volumen de 17[m^3] aproximadamente, por lo que su altura de llenado es de 1,84[m].

Por el volumen del silo y los consumos de combustible, utilizando la *fórmula N° 3.5*, se tiene que el silo posee una autonomía de: 11 [días] con astillas de Canelo o Pino insigne, 13 [días] con astillas de Eucaliptus nitens y 15 [días] con astillas Eucaliptus globulus; lo que finalmente indica que el silo debe ser llenado entre 13 - 18 [veces/año] dependiendo de la especie de procedencia de las astillas.



Figura N° 4.13: Silo de Almacenamiento.
Fuente: Propia.

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en un silo de almacenamiento, es evitar la existencia de humedad, debido a que esto provoca cambios en las características de las astillas. Por lo observado, *figura N° 4.13*, el silo de almacenamiento instalado no garantiza este requerimiento debido a que presenta varias aberturas por las que entra y circula aire proveniente del exterior, el cual posee una humedad muy superior a la de las astillas, desde los 79 – 91,5 por ciento en promedio (según datos del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), específicamente del centro ubicado en Senda Darwin, Comuna de Ancud), lo que provoca que las astillas absorban esta humedad aumentando su volumen y disminuyendo sus propiedades como combustible, lo que significa un mayor consumo, una mayor generación de cenizas y un mayor desgaste en la caldera.



Figura N° 4.14: Aberturas silo de almacenamiento.

Fuente: Propia.

Suministro de biocombustible

Actualmente las astillas compradas son transportadas y distribuidas a granel, los pedidos del biocombustible son realizados una vez la operadora observa que este se está acabando, lo cual provoca que en ocasiones la caldera deje de funcionar por falta de alimentación de biocombustible, en general las compras se hacen de 50[m^3], siendo almacenado a un lado del silo, en el sector donde originalmente se realizaría la tarea de astillado.

Una vez el silo está lleno, este se va alimentando continuamente, manteniéndose al tope de su capacidad. El rellenado del silo se realiza de manera manual, siendo una tarea con gran dificultad para la operadora de caldera, quien debe subir por un escalera con baldes de astillas para arrojarlos al silo, debido a que el sistema de alimentación se pensó únicamente para que la máquina chipeadora alimente directamente el silo.

En cuanto a la seguridad, sin importar si la recarga se hace manual o través de la chipeadora, se deben y son seguidos los siguientes pasos para un correcto llenado y almacenamiento del biocombustible:

1. Preparación del silo: vaciado y limpieza en caso de cambio del tipo o tamaño del combustible.
2. Estado de la caldera: Apagada; sistema de antirretorno cerrado.
3. Estado del silo: Cerrado en todos los casos.
4. Combustible existente en el silo: Comprobación del tipo y estimación de la cantidad de combustible presente en el silo antes de la recarga.

Un problema que se observa es que el biocombustible que no se almacena directamente al silo de almacenamiento, es depositado en el sector destinado a la chipeadora y/o al aire libre, esto último provoca que las astillas no garanticen una combustión óptima, ya que al estar al aire libre y en contacto con el suelo o la tierra aumenta su humedad y su contenido de silicio, provocando una disminución de su PCI y aumenta su consumo, además; existe riesgo de contaminación con métales debido a contacto de elementos como

herramientas o maquinarias o por el mismo viento, lo que aumenta la cantidad de cenizas y las operaciones de mantenimiento y limpieza.



Figura N° 4.15: Almacenamiento del biocombustible restante en el sector de astillado.
Fuente: Propia.

Dependiendo de la especie de las astillas que se compre, pino o eucaliptus, deberá realizarse entre 4 – 7 compras de astillas al año respectivamente, 50[m^3] de astillas de pino insigne tienen una duración de 32 – 33 días, la misma cantidad de astillas pero de eucaliptus globulus duran entre 45 - 46 días, mientras que de eucaliptus nitens de 40 – 41 días.

Por último se recomienda si se requiere disminuir un poco más los costos, realizar la compra de astillas en época de verano, debido que por efectos del secado de la madera el biocombustible debe ser más barato en esta época, además puede aumentarse el volumen de compra utilizando el secador de leña en el liceo como lugar de almacenamiento de las astillas, lo cual disminuiría las cantidades de compra y los costos. Procurando eso sí, tomar medidas de seguridad para mantener las características del biocombustible, como evitar el contacto directo con la tierra y cubrirlo para evitar que se aumente su humedad.

Control y monitoreo del sistema

En este proyecto fueron adquiridos instrumentos de medición de alta tecnología, con la finalidad que la comunidad beneficiada se empoderara del proyecto. Los elementos adquiridos fueron:

- *Xilohigrómetro*: se utiliza para medir la humedad de la leña, lo que facilita la tarea de elegir la madera a astillar y/o seleccionar el momento en que deben ser astilladas. El cual es punto muy importante para el rendimiento del sistema, ya que para que sea óptimo la madera debe haber perdido su humedad hasta un 30 por ciento mínimo, evitando de igual manera el aumento de la contaminación.

- *Estación meteorológica*: están deben instalarse en los secadores de leña, con el fin de medir parámetros ambientales que influyen en el tiempo de secado de la madera, como la velocidad del viento, humead ambiente y temperatura ambiental.
- *Looger de temperatura*: los que instalados dentro del liceo permitirán la toma de datos de la temperatura ambiente a nivel de usuario, permitiendo controlar y mejorar la eficiencia de uso del sistema de calefacción.
- *Termómetro*: para monitorear en su totalidad las líneas, radiadores, murallas de ambos establecimientos, permitiendo la regulación de los radiadores, homogenizando la temperatura en distintos espacios.

Pero debido a desconocimiento técnico por parte de la Corporación Municipal estos elementos no han podido ser instalados, lo que provoca que el sistema no sea manejado de manera óptima, como podría suceder con la elección del trozo de madera a astillar.

Por otro lado, enfocado en la caldera, deben medirse algunos parámetros con el fin de llevar un control del sistema, para lo cual es esencial que la operadora tenga una bitácora oficial, donde registrar el comportamiento de la caldera.

Los elementos de composición de esta bitácora fueron tomados de una propuesta realizada por un ente gubernamental de México, debido a que a nivel nacional no se encontraron documentos similares y que al analizar esta propuesta se encontraron elementos idóneos para la situación de la caldera bajo estudio. Se recomienda, entonces, que la bitácora esté compuesta por:

- Carátula: en donde se indiquen los datos de razón social, representante legal, responsable operativo y el número y fecha de la licencia de funcionamiento de la caldera.
- Una portada que indique el uso de esta bitácora, es decir, registro de operación y mantenimiento, el nombre completo del equipo y las especificaciones técnicas de éste.
- Un mapa del interior del recinto, Liceo Agrícola, donde se señale la ubicación exacta de la caldera.
- Un apartado sobre instrucciones de llenado de bitácora que contenga: el objetivo de llenado de la bitácora, un listado de las variables a considerar especificando el significado de cada una de ellas, así como nomenclatura, unidades y simbología de las mismas.
- Un ejemplo de llenado de la bitácora.
- Un formato diseñado por el usuario que contenga los parámetros o variables a supervisar de acuerdo a la actividad realizada por la fuente emisora y a la experiencia del responsable de llenado de la bitácora, debido a que la caldera tiene solo uso de calefacción, los parámetros serán los que la experiencia le indique al operadora de caldera junto a algunos parámetros básicos como:
    - Horario de arranque.
    - Tiempo de operación.
    - Nombre y firma del responsable.

- No se cree necesario un registro de los mantenimientos, debido a que estos son realizados por una empresa externa, quienes lleva sus propios registros.
- Finalmente se recomienda poner un folio en la esquina superior derecha de todas las hojas.

En el ANEXO O se presenta un ejemplo de bitácora de registro.

4.2.2. Actividad: Evaluar el sistema de producción de biomasa para la caldera.

El predio (ANEXO I), ubicado a 27,05[km] aproximadamente del Liceo Agrícola, se encuentra dividido en tres rodales, de los cuales dos debieran ser utilizados para la explotación de recursos madereros, los que están formados mayoritariamente por canelo, como se observa en la *Tabla N°4.10*. Además de esto se observa en la *Tabla N° 4.11*, el diámetro medio de la madera obtenida del predio es de 12[cm], pero a futuro se espera cosechar árboles de hasta 32,5[cm] de diámetro (*Tabla N° 4.10*), los cuales pueden ser partidos por la mitad, una o dos veces, para facilitar su astillado por la máquina chipeadora.

Tabla N° 4.10 Objetivos de manejo.

N° de Rodal	Objetivo de manejo	Especie(s) objetivo	Edad o diámetro cosecha estimado [años] - [cm]	Estructura deseada	Duración del ciclo de corta [años]
1	Restauración	Ulmo, Tepa, Canelo	Árboles muertos	Irregular	-
2	Producción maderera	Canelo, Luma	7,5 - 32,5	Regular	5
3	Producción maderera	Canelo, Coihue	7,5 - 27,5	Regular	5

Fuente: Plan de Manejo Forestal, CONAF (2012). Elaboración Propia.

Tabla N° 4.11: Características rodales a explotar.

Rodal	Actividad silvícola	Estado de Desarrollo	Criterios para la realización de la actividad	Parámetros
2	Raleo	Latizal Bajo	Alta ocupación del sitio lo que se observa en la densidad de 3.680 [árboles/ha] y el DMC de 12 [cm]	DMC = 12[cm] [árboles/ha] = 3.680
3	Raleo	Latizal bajo	Alta ocupación del sitio lo que se observa en la densidad de 3.067 [árboles/ha] y el DMC de 12[cm]	DMC = 12[cm] [árboles/ha] = 3.067

Fuente: Plan de Manejo Forestal, CONAF (2012). Elaboración Propia.

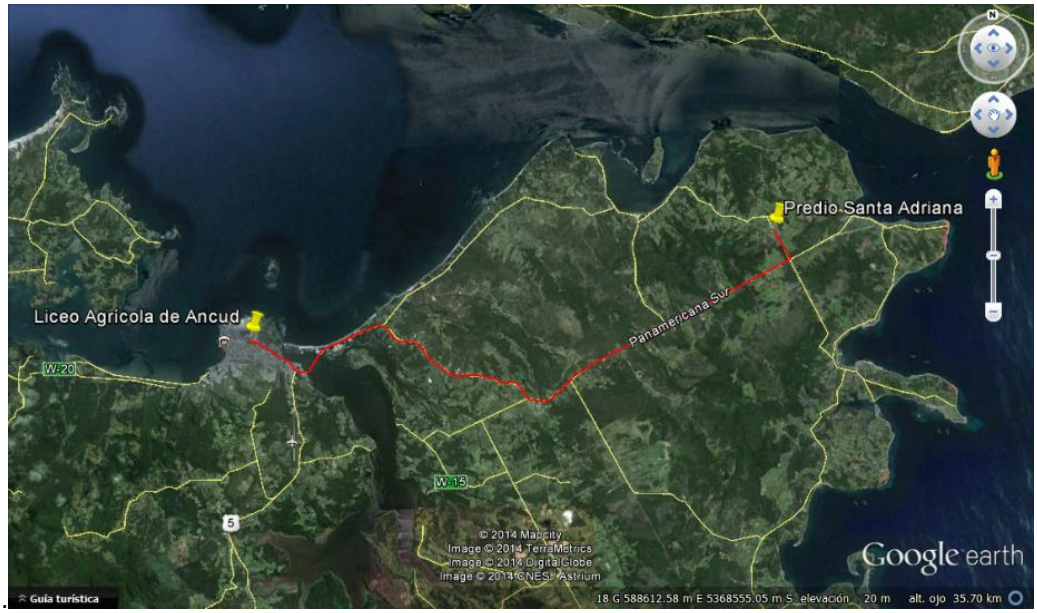


Figura N° 4.16: Ubicación Predio Santa Adriana.

Fuente: Google earth (2014).

Una vez desarrollado el plan de manejo por CONAF, fueron adquiridos los implementos necesarios para la producción de biomasa, estos implementos fueron básicamente los secadores de leña y la máquina chipeadora, la cual es de suma importancia para completar el ciclo de producción de astillas.

La producción del biocombustible consta de dos etapas: la primera consiste en trozar la madera en secciones de 1[m] de largo, para luego ser secadas en los secadores. La segunda etapa consiste en astillar la leña en la chipeadora instalada en el Liceo Agrícola, depositándola directamente en el silo de almacenamiento. Esta segunda etapa sería realizada por la operadora del sistema de calefacción, quien debe tomar la madera del secador de leña y trasladarla al sector de chipeado, para producir astillas.

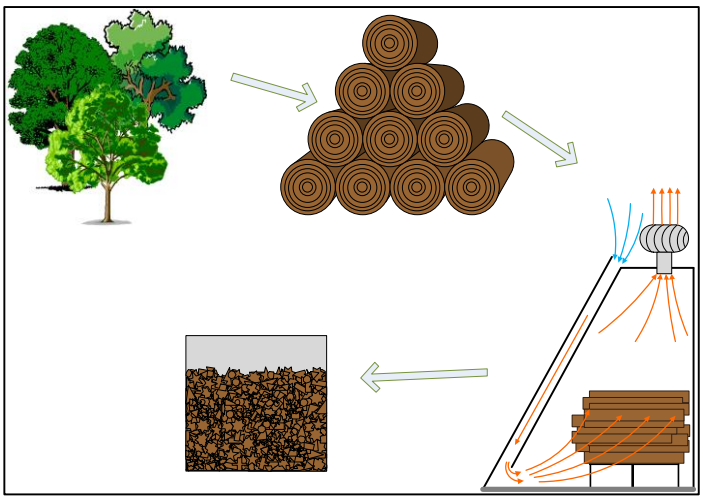


Figura N° 4.17: Ciclo producción de biomasa.

Fuente: Informe final actividades, Corporación Municipal de Ancud (2014).

La primera etapa contiene actividades de volteado, desrramado y trozado, actividades que presentan un costo de 2.500 [$/m^3 estéreo], y de madereo y arrumado, con un costo de 4.500 [$/m^3 estéreo]. Por lo que la actividad de producir la madera en el predio es de 7.000[$/m^3 estéreo] de madera.

La cantidad de madera que se requiere para suplir el consumo anual de astillas es de 174,24 [m^3 estéreo], lo que equivale a 88,86 [ton/año] de madera canelo.

Análisis de los secadores

Fueron instalados dos secadores demostrativos de leña, uno en el Liceo Agrícola de Ancud (f*igura N° 4.12*) y otro en el Predio Santa Adriana (*figura N° 4.18)*, ambos cuentan con el mismo diseño, poseen una capacidad de 7[m^3], lo que equivales a 3.570[kg] de canelo, y se encuentran bajo las mismas características climatológicas.



Figura N° 4.18: Ubicación secador Predio Santa Adriana.
Fuente: Informe Final, Corporación Municipal de Ancud (2014).



Figura N° 4.19: Secador Liceo Agrícola de Ancud.
Fuente: propia.



Figura N° 4.20: Secador Predio Santa Adriana.
Fuente: propia.

A pesar de las modificaciones que la Corporación Municipal realizó al diseño de los secadores, el cual fue realizado por las Subsecretarías de Medio Ambiente y la Subsecretaria de Energía, con la finalidad de aumentar la hermeticidad del sistema, no se obtuvieron los resultados esperados, ya que la humedad y las filtraciones están fuertemente presentes en ambos secadores. Esto debido a que la Corporación Municipal no cuenta con gente especializada en estos temas.

El problema presentado por los secadores puede repercutir en la chipeadora, ya que si la leña posee un mayor contenido de humedad dificultara el astillado, provocando que las astillas se peguen a la chipeadora y no cumplir con las características físicas requeridas.



Figura 4.21: Techo secador húmedo producto de filtraciones de agua lluvia.
Fuente: Propia.

La capacidad total de secado es 14[m^3], lo que significa, teniendo en cuenta los 174,24 [m^3 estéreos/año] de madera que se requiere, que cada secador debe ser llenado 13[veces/año] aproximadamente.

Cada secador puede aportar 12,25[m^3] de astillas promedio, lo que equivale a 8 días de calefacción por secador aproximadamente. Además, dada la capacidad de la chipeadora instalada en el liceo, 7 – 8 [m^3/h], el contenido de cada secador puede ser astillado en un día, llenando el silo de almacenamiento hasta un 72,05 por ciento de su capacidad. El astillado de los 7[m^3] de madera significa que el secador debe ser vuelto a llenar, lo que conlleva transportar la madera desde el predio hasta el liceo (ANEXO N). Así mismo la leña del secador en el predio debe ser transportada al liceo para ser astillada antes de que se consuma la biomasa del silo. El transporte de ambos grupos de leños (secos y húmedos) debe ser por separado, para evitar el contacto y la mezcla entre ellos, lo que finalmente quiere decir que se necesita realizar 26 viajes anuales para transportar la madera a astillar, recorriendo en total 54,1[km] por viaje.

Una vez cortada la madera se apila cerca de la entrada del predio, donde se encuentra el secador, para una tarea de pre-secado, parte de esta madera es puesta en los secadores instalados, el resto se mantiene al aire libre, es decir secando naturalmente.



Figura N° 4.22: Madera en espera para ingresar a secador.

Fuente: propia.

Aquí es donde se da cuenta de un problema, el clima de la comuna de Ancud es templado frio de costa occidental con máximo invernal de lluvias, su temperatura promedio mensual de 10[°C], con una baja oscilación térmica debido la escasa diferencia de altura entre la costa y la cordillera. En cuanto a las precipitaciones, están son abundantes generando que la mayoría de los días del año sean nublados, se registra un promedio mensual de 151,55[mm] y 1.818,6[mm] promedio anual de agua caída, y una humedad relativa promedio anual de 85,68 por ciento. Con esto se prevé que la madera que no se almacena en los secadores será humedecida constantemente por las precipitaciones, lo que finalmente aumentará su tiempo de secado.

Por estudios de la Universidad Católica de Temuco se estima que secar madera de manera natural, desde condiciones verdes (120 por ciento de humedad) hasta valores de 50 por ciento, demora 4 meses aproximadamente, mientras que llevarla de 120 por ciento a 25 por ciento toma un tiempo de 5 meses aproximadamente, esto debido a que humedad de la madera tiende a alcanzar el contenido de humedad del equilibrio del lugar. Mientras que el usar secadores solares, como los instalados, el tiempo de secado se reduce entre un 30 – 45 por ciento, es decir, baja a 3 – 4 meses aproximadamente. Estos datos fueron obtenidos en la ciudad de Temuco, pero debido a que sus condiciones climáticas son similares a las de Ancud, pueden proyectarse para este estudio, una temperatura mensual aproximada de 11[°C], una humedad relativa anual promedio de entre 79 -91 por ciento y 1.065,7 [mm] de agua caída anual aproximadamente (Datos de la Dirección Meteorológica de Chile, 2012).

Que la leña no sea liberada correctamente de la humedad tiene efectos negativos tanto en su PCI como en las reacciones químicas durante su combustión, aumentando sus niveles de contaminación al medio ambiente. Se conoce por diferentes estudios que ya con valores sobre 25 por ciento se genera progresivamente contaminación.

Por todo esto, la alta demanda anual de madera, alta humedad ambiente, baja capacidad de los secadores y su mal diseño, se ve realmente difícil obtener la biomasa por medio de la madera del predio, ya que solo pueden ser secado simultáneamente un 8,7 por ciento del volumen anual necesario de madera cada 3 meses aproximadamente.

Además se observa que no existe un compromiso de parte del liceo en cuanto al correcto manejo del predio, y no posee la cantidad de personal necesario, para producir el volumen de madera requerido, lo que genera muchas dudas sobre la disponibilidad de la madera para ser utilizada como combustible.

Por lo que finalmente, desde este punto, se recomienda que lo mejor es continuar la compra de astillas, ya que es un método seguro y con mayor disponibilidad para la obtención de biocombustible. En caso de insistir en el secado de la madera para ser astillada, se recomienda un tipo distinto de secador de leña, acorde a las condiciones climáticas de la zona y de la demanda requerida de madera. Por ejemplo, podría utilizarse el sistema de calefacción instalado en el liceo para calentar el aire dentro del secador, lo que aumentaría la velocidad de secado.

Debido a problemas con la obtención del valor real de instalación de los secadores, se tomó el valor de un secador de características similares (capacidad 6[m^3]) a los instalados por el proyecto el cual es 7.223,3[US$], es decir [$] 3.960.143 por secador.

Análisis Chipeadora

La máquina implementada para la producción de astillas es una DIVERMAQ modelo CH-6D (ANEXO J), que utiliza combustible diésel y posee un consumo de 1[l/h]. Procesa madera de hasta 15,24 [cm] de diámetro y produce entre 7 – 8 [m^3/h] de astillas.



Figura N° 4.23: Chipeadora DIVERMAQ CH-6D.
Fuente: Propia.

Esta máquina fue dada de baja para objetivos de producción, debido a que a luego de 24[h] de trabajo dejo de funcionar debido a una variados problemas mecánicos provocados por su calidad y por no cumplir con los requerimientos técnicos para astillar la madera que se obtiene del predio, a lo que se suma que la

madera a procesar no alcanza los niveles requeridos de contenido de humedad debido al mal funcionamiento de los secadores.

Para solucionar este problema existen tres opciones, comprar una nueva máquina, arrendar una o definitivamente dejar de producir y comprar el biocombustible.

Se cotizaron máquinas chipeadoras vía web, bajo las siguientes condiciones: *"Se busca máquina chipeadora para madera de 1[m] de largo y de unos 12 - 15[cm] de diámetro. Las astillas no deben tener una superficie no mayor a 3[cm^2] y una longitud máxima de 8,5[cm]".*

ANDERSEN Soluciones Innovadoras ofreció tres opciones de máquinas para estos requerimientos: LASKI LS 150DW, LASKI LS 150/27 y TEREX- WOODSMAN 730, las presentan un costo de [$] 21.777.000, [$] 17.838.100 y [$] 34.141.100, respectivamente.



Figura N° 4.24: Chipeadora LASKI LS 150DW



Figura N° 4.25: Chipeadora LASKI LS 150/27



Figura N° 4.26: Chipeadora TEREX-WOODSMAN modelo 730.

Fuente: Cotización ANDERSEN (2014).

Debido a las características de las máquinas se seleccionó a la LASKI LS 150DW (ANEXO K) como la mejor opción, ya que la LASKI LS 150/27 cumple de manera muy justa con los requisitos y la TEREX-WOODSMAN posee características muy superiores a los requerimientos.

Conocido el rendimiento de la máquina seleccionada y el consumo de astillas de canelo por parte de la caldera se calcularon las horas de trabajo que tendrá la chipeadora y se comparó con la máquina que había sido instalada, se tiene en cuenta que la operadora no trabaja bajo ningún tipo de planificación sobre la tarea de astillado, habiendo realizado esta actividad en diversos momentos de la jornada laboral, dedicando entre 0,3 – 2,42[h] cada vez que astilló.

Tabla N° 4.12: Tiempos de trabajo chipeadoras.

Máquina	Rendimiento [m³/h]		Tiempo de trabajo [h/año]		Días de trabajo [días/año]*	
DIVERMAQ CH-6D	7	8	44	39	22	13
LASKI LS150DW	10	15	31	21	16	11

***suponiendo 2 [h/día] de astillado**

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, teniendo en consideración que la cantidad de leña disponible para astillar, es la que se encuentra en el secador, es decir, 7[m³] de madera, y que esta permite 8 días de funcionamiento del sistema de calefacción aproximadamente, se tiene la frecuencia aproximada de utilización de la máquina chipeadora es entre 0,7 – 1 [h/8 días].

Por lo tanto, debido a las escazas horas de trabajo al año por parte de la chipeadora y por el alto costo que conllevaría comprar una nueva, no se justifica la compra de este equipo, por lo puede ser más rentable la compra de astillas o el arriendo de una chipeadora.

Arriendo máquina chipeadora

La Ilustre Municipalidad de Ancud realizó la cotización de una máquina chipeadora de características similares a la que se instaló en el Liceo Agrícola, esta es una chipeadora BEARCART modelo 72620, esta tiene un costo mensual de 760.000[$/mes] y 38.000 [$/h], más IVA (ANEXO L).



Figura N° 4.27: Chipeadora BEARCART 72620.

Fuente: Cotización máquina chipeadora para arriendo. Corporación Municipal de Ancud. (2013)

Al realizar búsquedas de chipeadoras para su arriendo, no se encontraron muchas opciones, la mayoría se encontraban fuera de la Región o poseían capacidades demasiado superiores a la requerida, lo que solo aumentaría los costos debido al traslado y precio de arriendo. Esto hace del arriendo de una máquina

chipeadora una idea no muy viable, ya que la chipeadora cotizada no posee las características necesarias para el astillado de la madera obtenida del predio, lo que dificultaría y retrasaría el proceso.

Compra de Astillas

El Sistema Nacional de Certificación de Leña indica que solo son cinco los comerciantes certificados que presentan entre sus productos astillas de madera dentro de la Región de Los Lagos. Al estar certificados quiere decir que la humedad de su leña es inferior a 25 por ciento, entre otras cosas que no van al caso para esta evaluación. Los comerciantes certificados son: Mauricio Arismendi (Osorno), Ruperto Velásquez (Osorno), Germán Arias Quiroz (Osorno), Francisco Ojeda Barría (Ancud) y Sergio Álvarez Remolcoi (Ancud).

En resumen, estos productores producen astillas de madera de tamaños superiores a los solicitados por la caldera, debido a que no están enfocados para este uso, el costo promedio de estas astillas es de 25.000 [$/m^3], pero producirlas con las características solicitadas aumentaría su valor, además la mayoría de estos productores no pertenecen a la ciudad de Ancud, y el costo presentado no comprende el costo de envío, debido a la negativa de los productores de realizar la cotización al ver que no era conveniente para ellos. Por todo esto, es que lo que finalmente se determina que lo más conveniente es continuar la compra de astillas al proveedor actual, BIOMASA SALINAS Y WAEGER LTDA, quien se presenta como un proveer seguro y estable, dispuesto a proveer astillas con las características solicitadas y a un precio adecuado para la Corporación Municipal.

4.3. Objetivo: Realizar evaluación económica del proyecto.

4.3.1. Actividad: Comparar los costos de calefacción de los sistemas.

Los primeros costos identificados y los más importantes, fueron los costos de los combustibles. Para el caso del petróleo diésel y el GLP se utilizaron los precios presentados por el SERNAC, para la Región de Los Lagos, en sus bases de datos: “PRECIOS OBSERVADOS A PÚBLICO: PROMEDIOS NOMINALES EN REGIONES Y REGIÓN METROPOLITANA ($/LITRO)” y “PRECIOS OBSERVADOS A PÚBLICO: PROMEDIOS NOMINALES EN REGIONES Y REGIÓN METROPOLITANA DE GAS CORRIENTE Y CATALÍTICO EN CILINDROS”, respectivamente. Mientras que para el caso de las astillas de madera, su valor se encuentra en UF (0,6[UF/m^3]), por lo que se realizó una proyección del valor de la UF, con las bases de datos obtenidas de páginas financieras especializadas y se traspasó a [$/m^3].

GLP

Los precios reales del GLP se presentan en valores mensuales para la Región de Los Lagos desde enero de 2000 hasta noviembre 2012.

Una vez calculado la media móvil de los datos se obtuvo la variación promedio de éstas:

- Formato de 5[kg]: 0,64 por ciento.
- Formato de 11[kg]: 0,66 por ciento.
- Formato de 15[kg]: 0,72 por ciento.
- Formato de 45[kg]: 0,71 por ciento.

Con estos porcentajes de variación se realizó la proyección de las medias móviles para los meses que comprenden los años bajo estudio de cada formato de GLP, para luego obtener los valores proyectados del precio de este combustible y finalmente obtener un valor promedio anual de los años proyectados.

Una vez obtenido esos valores, se calculó el valor promedio anual por [kg] de GLP, los resultados son presentados en el *gráfico N° 4.5*.

Diésel

Los precios reales del diésel se presentan en valores mensuales para la Región de Los Lagos desde enero de 1994 hasta diciembre 2013.

Una vez calculado la media móvil de los datos se obtuvo la variación promedio de las medias móviles: 0,79 por ciento. Con esto se realizó la proyección de las medias móviles para los meses que comprenden los años bajo estudio, para luego obtener los valores proyectados del precio de este combustible y finalmente obtener un valor promedio anual de los años proyectados.

Una vez obtenido los valores mensuales, se calculó el valor promedio anual del precio del diésel, los resultados son presentados en el *gráfico N° 4.5*.

UF

Los valores reales de la UF se presentan en valores diarios desde el 01/01/2009 hasta el 31/12/2013. Por lo que antes de realizar cualquier cálculo se obtuvo el valor promedio mensual de la UF, para cada mes dentro del pedido mencionado.

Una vez calculado la media móvil de los datos se obtuvo la variación promedio de las medias móviles: 0,21 por ciento. Con esto se proyectaron las medias móviles mensuales de los años bajo estudio, para luego calcular los valores mensuales proyectados.

Una vez obtenido los valores mensuales, se calculó el valor promedio anual y se multiplicó por el precio de las astillas, los resultados son presentados en el *gráfico N° 4.5*.

A través de los resultados se puede observar que de los 3 tipos de combustibles, el más caro es la biomasa, lo cual no permite concluir que este sea el combustible menos conveniente, ya que depende de otros factores como su rendimiento y capacidades caloríficas.

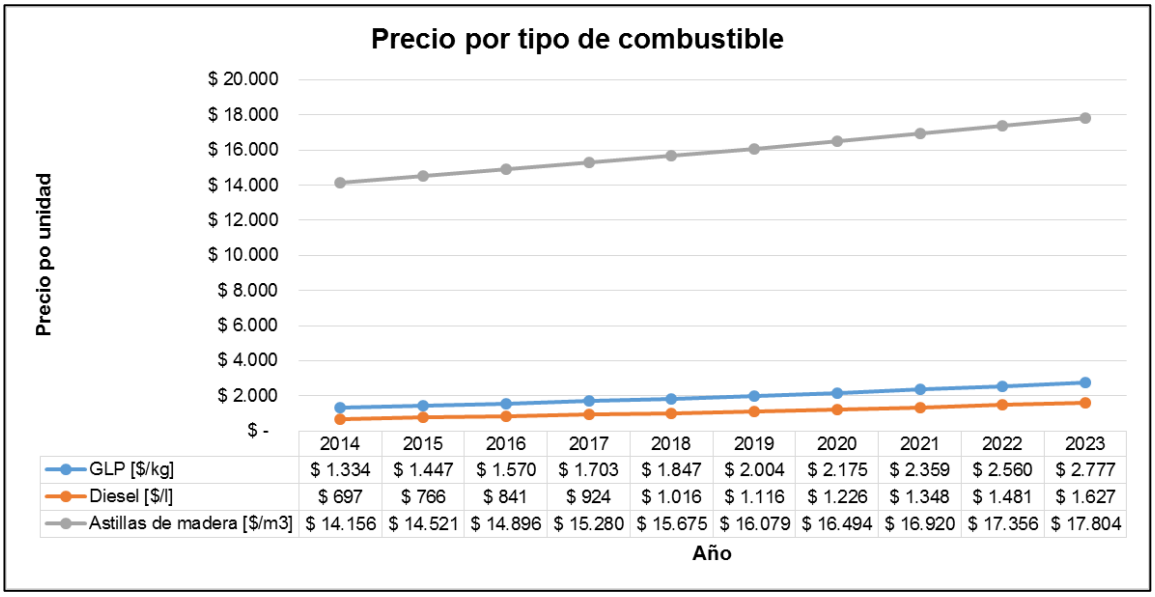


Gráfico N° 4.5: Costo de los combustibles proyectados.

Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los tres sistemas de calefacción estudiados era o es operado por solo una persona, la cual recibe un sueldo base, por lo cual con los datos encontrados en la biblioteca nacional sobre sueldos base se realizó la proyección de los costos del operador del sistema de calefacción, el cual es el mismo en las tres situaciones.

Los valores reales de sueldo base se presentan desde el año 2000 hasta el 2012.Una vez calculado la media móvil de los datos se obtuvo la variación promedio de las medias móviles: 6,32 por ciento.

Se proyectaron las medias móviles anuales, para luego calcular los valores anuales proyectados.

Tabla N° 4.13: Proyección sueldo mínimo.

Sueldo mínimo mensual	
2014	$ 218.489
2015	$ 237.102
2016	$ 247.305
2017	$ 267.740
2018	$ 279.881
2019	$ 302.376
2020	$ 316.708
2021	$ 341.533
2022	$ 358.558
2023	$ 386.040

Fuente: Elaboración propia.

Tanto los costos de producción y de traslado de la madera fueron proyectados utilizando un promedio de variación anual del IPC de 3,41 por ciento, según los datos obtenidos por la calculadora de IPC del INE.

Tabla N° 4.14: Costo producción de madera en el predio.

Volteado, desrramado y trozado	$ 2.500
Madereo y arrumado	$ 4.500
Total costo faena por [m^3 estéreo]	$ 7.000

Fuente: CONAF (2014).

Tabla N° 4.15: Proyección costos de producción [m^3 estéreo] de madera.

Costo producción [m^3 estéreo] de madera	
2014	$ 7.000
2015	$ 7.001
2016	$ 7.002
2017	$ 7.003
2018	$ 7.004
2019	$ 7.005
2020	$ 7.006
2021	$ 7.007
2022	$ 7.008
2023	$ 7.009

Fuente: Elaboración propia.

Para el costo de traslado se cotizo el arriendo de un camión que tenga la capacidad de trasportar los 3.570[kg] de canelo por carga de secador, camiones con estas características tienen un rendimiento aproximado de 4,05 [km/l] y utilizan combustible diésel. En el mercado informal se pueden encontrar camiones con un costo de arriendo de entre 1200 – 1500 [$/km recorrido], por lo que conociendo el recorrido anual del camión, de 1.406,6 [km/año] el costo de traslado serán los presentados en la *Tabla N° 4.16*.

Tabla N° 4.16: Costo anual aproximado de traslado de leña.

Traslado madera	
2014	$ 2.109.900
2015	$ 2.181.848
2016	$ 2.256.249
2017	$ 2.333.187
2018	$ 2.412.748
2019	$ 2.495.023

2020	$ 2.580.103
2021	$ 2.668.085
2022	$ 2.759.067
2023	$ 2.853.151

Fuente: Elaboración propia.

Debido a problemas con la Corporación Municipal, no fue posible la obtención de los costos de mantención, por lo cual estos quedaron fuera del análisis.

Identificados los costos de operación de los sistemas fueron desarrollados los flujos de costos, de tres escenarios o situaciones diferentes:

1. Producción de biomasa en el Liceo Agrícola con chipeadora propia.
2. Producción de biomasa en el Liceo Agrícola con chipeadora arrendada.
3. Compra de Biomasa.

Cada uno de los tres casos fue comparado con la situación ante proyecto, obteniendo los siguientes resultados. Donde el año uno representa el año 2014 y así sucesivamente, hasta llegar al año diez el cual representa el año 2023.

1. Producción de biomasa en el Liceo Agrícola con chipeadora propia.

Para la situación ante proyecto con sistema de GLP y de petróleo diésel (GLP+Diésel), se consideraron los costos proyectados del precio de los combustibles GLP y diésel (g*ráfico N° 4.5*), y los consumos promedios de combustibles anuales, 2.666,67[kg/año] y 10.000[l/año] (*Tabla N° 4.4)*, de los Liceos Agrícola y Domingo Espiñeira respectivamente, además del costo anual por operario.

Tabla N° 4.17: Costos de calefacción ante proyecto Liceo Agrícola y Liceo Domingo Espiñeira.

	Costos sistema de calefacción ante proyecto				
	Combustible Liceo Agrícola	**Operador**	**Combustible Liceo Domingo Espiñeira**	**Operador**	**Total**
1	$ 3.556.725	$ 2.184.893	$ 6.966.670	$ 2.184.893	$ 14.893.182
2	$ 3.858.443	$ 2.371.015	$ 7.655.259	$ 2.371.015	$ 16.255.732
3	$ 4.185.826	$ 2.473.050	$ 8.411.909	$ 2.473.050	$ 17.543.835
4	$ 4.541.063	$ 2.677.397	$ 9.243.347	$ 2.677.397	$ 19.139.204
5	$ 4.926.532	$ 2.798.810	$ 10.156.964	$ 2.798.810	$ 20.681.117
6	$ 5.344.811	$ 3.023.762	$ 11.160.884	$ 3.023.762	$ 22.553.218
7	$ 5.798.701	$ 3.167.082	$ 12.264.031	$ 3.167.082	$ 24.396.897
8	$ 6.291.243	$ 3.415.326	$ 13.476.215	$ 3.415.326	$ 26.598.110
9	$ 6.825.736	$ 3.583.413	$ 14.808.211	$ 3.583.413	$ 28.800.772
10	$ 7.405.763	$ 3.857.989	$ 16.271.862	$ 3.857.989	$ 31.393.604
Promedio	23,73%	13,30%	49,68%	13,30%	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Para la situación post proyecto con sistema de biomasa (Biomasa), se consideraron el consumo máximo de la caldera instalada, 304,92[m^3/año] de canelo, los costos de producción anual y de traslado anual de la madera desde el predio al liceo, el costo anual de la operadora de caldera, el costo promedio anual de uso de la chipeadora, la cual tiene un consumo de 1[l/h] y el costo de la caldera a petróleo del Liceo Domingo Espiñeira, la que es usada 1[h/día] aproximadamente.

Tabla N° 4.18: Costos de calefacción para sistema con producción de astillas y chipeadora propia.

	Costos- Situación: producción biomasa chipeadora propia					
Año	**Producir Madera**	**Traslado madera**	**Combustible Chipeadora**	**Operador caldera**	**Combustible Domingo Espíñeira**	**Total**
1	$ 1.219.678	$ 2.109.900	$ 30.653	$ 2.184.893	$ 1.741.667	$ 7.286.793
2	$ 1.219.859	$ 2.181.848	$ 33.683	$ 2.371.015	$ 1.913.815	$ 7.720.219
3	$ 1.220.039	$ 2.256.249	$ 37.012	$ 2.473.050	$ 2.102.977	$ 8.089.327
4	$ 1.220.219	$ 2.333.187	$ 40.671	$ 2.677.397	$ 2.310.837	$ 8.582.310
5	$ 1.220.399	$ 2.412.748	$ 44.691	$ 2.798.810	$ 2.539.241	$ 9.015.889
6	$ 1.220.579	$ 2.495.023	$ 49.108	$ 3.023.762	$ 2.790.221	$ 9.578.693
7	$ 1.220.759	$ 2.580.103	$ 53.962	$ 3.167.082	$ 3.066.008	$ 10.087.914
8	$ 1.220.940	$ 2.668.085	$ 59.295	$ 3.415.326	$ 3.369.054	$ 10.732.700
9	$ 1.221.120	$ 2.759.067	$ 65.156	$ 3.583.413	$ 3.702.053	$ 11.330.808
10	$ 1.221.300	$ 2.853.151	$ 71.596	$ 3.857.989	$ 4.067.966	$ 12.072.002
Promedio	12,92%	26,08%	0,51%	31,27%	29,21%	100,00%

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa el gran beneficio que llevó el cambio de sistema de calefacción. En caso de no haber existido los problemas técnicos en los implementos para la producción de biomasa los ahorros en calefacción, para los Liceos bajo estudio, estarían sobre el 50 por ciento para el año 2014 mientras que en 10 años se lograría un ahorro acumulado de un 57,48 por ciento en costos de calefacción, lo que equivale a [$] 127.759.015 aproximadamente (*Tabla N° 4.19)*.

Tabla N° 4.19: Costos de calefacción: Producción de Biomasa con chipeadora propia vs GLP+Diésel.

Producción Biomasa - chipeadora propia							
Año	**Pagos anuales**			**Pagos acumulados**		**Ahorro acumulado**	
	GLP+Diésel	Biomasa	Ahorro anual	GLP+Diésel	Biomasa	$	%
0		$ 97.000.000					
1	$ 14.893.182	$ 7.286.793	51,07%	$ 14.893.182	$ 7.286.793	$ 7.606.389	51,07%
2	$ 16.255.732	$ 7.720.219	52,51%	$ 31.148.914	$ 15.007.012	$ 16.141.902	51,82%
3	$ 17.543.835	$ 8.089.327	53,89%	$ 48.692.748	$ 23.096.339	$ 25.596.410	52,57%
4	$ 19.139.204	$ 8.582.310	55,16%	$ 67.831.953	$ 31.678.649	$ 36.153.304	53,30%
5	$ 20.681.117	$ 9.015.889	56,41%	$ 88.513.069	$ 40.694.538	$ 47.818.531	54,02%
6	$ 22.553.218	$ 9.578.693	57,53%	$ 111.066.287	$ 50.273.231	$ 60.793.056	54,74%
7	$ 24.396.897	$ 10.087.914	58,65%	$ 135.463.184	$ 60.361.146	$ 75.102.039	55,44%
8	$ 26.598.110	$ 10.732.700	59,65%	$ 162.061.294	$ 71.093.845	$ 90.967.449	56,13%
9	$ 28.800.772	$ 11.330.808	60,66%	$ 190.862.067	$ 82.424.653	$ 108.437.413	56,81%
10	$ 31.393.604	$ 12.072.002	61,55%	$ 222.255.671	$ 94.496.655	$ 127.759.015	57,48%

Fuente: Elaboración propia.

2. Producción de biomasa en el Liceo Agrícola con chipeadora arrendada.

Para la situación ante proyecto (GLP+Diésel) ver *Tabla N° 4.17*.

Para la situación post proyecto (biomasa), se consideraron los mismos costos de la situación anterior a los que fueron agregados el costo de arrendar una máquina chipeadora, el cual es de 38.000[$/día] + IVA, por la capacidad de la chipeadora, similar a la instalada en el liceo por el proyecto, se puede astillar el contenido de un secador de leña en un día, al año se debe astillar esta capacidad 26 veces, es decir en 26 días, por lo que el arriendo mensual de la chipeadora debería bastar en el año, pero debido a que no se tiene toda la madera que debe ser astillada dentro del mismo mes, se utiliza el costo de arriendo diario.

Tabla N° 4.20: Costos de calefacción para producción de astillas con chipeadora arrendada.

	Costos - Situación: Producción biomasa Chipeadora arrendada						
Año	**Producir Madera**	**Traslado madera**	**Arriendo Chiipeadora**	**Combustible Chipeadora**	**Operador caldera**	**Combustible Domingo Espíñeira**	**Total**
1	$ 1.219.678	$ 2.109.900	$ 1.175.720	$ 30.653	$ 2.184.893	$ 1.741.667	$ 8.462.513
2	$ 1.219.859	$ 2.181.848	$ 1.215.812	$ 33.683	$ 2.371.015	$ 1.913.815	$ 8.936.031
3	$ 1.220.039	$ 2.256.249	$ 1.257.271	$ 37.012	$ 2.473.050	$ 2.102.977	$ 9.346.598
4	$ 1.220.219	$ 2.333.187	$ 1.300.144	$ 40.671	$ 2.677.397	$ 2.310.837	$ 9.882.454
5	$ 1.220.399	$ 2.412.748	$ 1.344.479	$ 44.691	$ 2.798.810	$ 2.539.241	$ 10.360.369
6	$ 1.220.579	$ 2.495.023	$ 1.390.326	$ 49.108	$ 3.023.762	$ 2.790.221	$ 10.969.019
7	$ 1.220.759	$ 2.580.103	$ 1.437.736	$ 53.962	$ 3.167.082	$ 3.066.008	$ 11.525.650
8	$ 1.220.940	$ 2.668.085	$ 1.486.763	$ 59.295	$ 3.415.326	$ 3.369.054	$ 12.219.463
9	$ 1.221.120	$ 2.759.067	$ 1.537.461	$ 65.156	$ 3.583.413	$ 3.702.053	$ 12.868.269
10	$ 1.221.300	$ 2.853.151	$ 1.589.889	$ 71.596	$ 3.857.989	$ 4.067.966	$ 13.661.891
Promedio	11,28%	22,77%	12,69%	0,45%	27,30%	25,50%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Se observa que para este caso los costos anuales aumentaron, disminuyendo el ahorro del primer año un 16,1 por ciento respecto a la situación anterior, a pesar de esto el cambio sigue siendo beneficioso logrando un ahorro acumulado a los 10 años de un 51,30 por ciento, es decir unos [$]114.023.414 aproximadamente (*Tabla N° 4.21)*.

Tabla N° 4.21: Costos de calefacción: Producción de Biomasa con chipeadora arrendada vs GLP+Diésel.

Producción Biomasa - chipeadora arrendada							
Año	**Pagos anuales**			**Pagos acumulados**		**Ahorro acumulado**	
	GLP+Diésel	Biomasa	Ahorro anual	GLP+Diésel	Biomasa	$	%
0		$ 97.000.000					
1	$ 14.893.182	$ 8.462.513	43,18%	$ 14.893.182	$ 8.462.513	$ 6.430.669	43,18%
2	$ 16.255.732	$ 8.936.031	45,03%	$ 31.148.914	$ 17.398.544	$ 13.750.370	44,14%
3	$ 17.543.835	$ 9.346.598	46,72%	$ 48.692.748	$ 26.745.142	$ 21.947.607	45,07%
4	$ 19.139.204	$ 9.882.454	48,37%	$ 67.831.953	$ 36.627.596	$ 31.204.356	46,00%
5	$ 20.681.117	$ 10.360.369	49,90%	$ 88.513.069	$ 46.987.965	$ 41.525.104	46,91%
6	$ 22.553.218	$ 10.969.019	51,36%	$ 111.066.287	$ 57.956.984	$ 53.109.304	47,82%
7	$ 24.396.897	$ 11.525.650	52,76%	$ 135.463.184	$ 69.482.634	$ 65.980.550	48,71%
8	$ 26.598.110	$ 12.219.463	54,06%	$ 162.061.294	$ 81.702.097	$ 80.359.198	49,59%
9	$ 28.800.772	$ 12.868.269	55,32%	$ 190.862.067	$ 94.570.366	$ 96.291.701	50,45%
10	$ 31.393.604	$ 13.661.891	56,48%	$ 222.255.671	$ 108.232.257	$ 114.023.414	51,30%

Fuente: Elaboración propia.

3. Compra de Biomasa

Para la situación ante proyecto (GLP+Diésel) ver *Tabla N° 4.17.*

Para la situación post proyecto (biomasa), se consideraron los costos proyectados de las astillas, el cual depende del precio de la [UF] y el consumo máximo anual de la caldera instalada, 304,92[m^3/año] de astillas de pino insigne. Se utilizó este tipo de madera y no el eucaliptus debido a que esta presenta un mayor volumen requerido, lo que permite evaluar el peor de los casos, y el costo anual de la operadora de caldera.

Tabla N° 4.22: Costos de calefacción para compra de astillas.

	Costos - Situación: Compra de biomasa			
	Compra biomasa	**Operador caldera**	**Comb. Domingo Espiñeira**	**Total**
1	$ 4.316.417	$ 2.184.893	$ 1.741.667	$ 8.242.978
2	$ 4.427.806	$ 2.371.015	$ 1.913.815	$ 8.712.636
3	$ 4.542.070	$ 2.473.050	$ 2.102.977	$ 9.118.098
4	$ 4.659.283	$ 2.677.397	$ 2.310.837	$ 9.647.517
5	$ 4.779.520	$ 2.798.810	$ 2.539.241	$ 10.117.572
6	$ 4.902.861	$ 3.023.762	$ 2.790.221	$ 10.716.843
7	$ 5.029.384	$ 3.167.082	$ 3.066.008	$ 11.262.474
8	$ 5.159.172	$ 3.415.326	$ 3.369.054	$ 11.943.552
9	$ 5.292.310	$ 3.583.413	$ 3.702.053	$ 12.577.775
10	$ 5.428.883	$ 3.857.989	$ 4.067.966	$ 13.354.838
Promedio	45,92%	27,96%	26,12%	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.23: Costos de calefacción: Compra de biomasa (P. insigne) vs GLP+Diésel.

Compra biomasa -Pino insigne							
Año	**Pagos anuales**			**Pagos acumulados**		**Ahorro acumulado**	
	GLP+Diésel	Biomasa	Ahorro anual	GLP+Diésel	Biomasa	$	%
0		$ 97.000.000					
1	$ 14.893.182	$ 8.242.978	44,65%	$ 14.893.182	$ 8.242.978	$ 6.650.204	44,65%
2	$ 16.255.732	$ 8.712.636	46,40%	$ 31.148.914	$ 16.955.614	$ 14.193.300	45,57%
3	$ 17.543.835	$ 9.118.098	48,03%	$ 48.692.748	$ 26.073.712	$ 22.619.037	46,45%
4	$ 19.139.204	$ 9.647.517	49,59%	$ 67.831.953	$ 35.721.229	$ 32.110.724	47,34%
5	$ 20.681.117	$ 10.117.572	51,08%	$ 88.513.069	$ 45.838.800	$ 42.674.269	48,21%
6	$ 22.553.218	$ 10.716.843	52,48%	$ 111.066.287	$ 56.555.644	$ 54.510.644	49,08%
7	$ 24.396.897	$ 11.262.474	53,84%	$ 135.463.184	$ 67.818.118	$ 67.645.067	49,94%
8	$ 26.598.110	$ 11.943.552	55,10%	$ 162.061.294	$ 79.761.670	$ 82.299.625	50,78%
9	$ 28.800.772	$ 12.577.775	56,33%	$ 190.862.067	$ 92.339.445	$ 98.522.622	51,62%
10	$ 31.393.604	$ 13.354.838	57,46%	$ 222.255.671	$ 105.694.283	$ 116.561.388	52,44%

Fuente: Elaboración propia.

Se observa la opción de comprar la biomasa, como se realiza actualmente, es una opción más conveniente económicamente hablando que la situación anterior (2), ya que por el costo de calefacción el ahorro el primer año es un 13,2 por ciento inferior a la opción más barata (situación 1), se calcula que en 10 años

el ahorro acumulado en gasto de calefacción puede ser superior a un 52 por ciento, unos [$] 116.561.388 aproximadamente (*Tabla N° 4.23)*.

Analizadas las tres situaciones, los resultados indican que una opción más económica de calefacción es la auto - producción de biocombustible por medio de la utilización de una máquina chipeadora propia, pero como fue señalado anteriormente es imposible utilizar esta opción debido a que máquina instalada por el proyecto no está funcionando, por lo que lo más recomendable antes que comprar una nueva chipeadora, es continuar con la compra de biomasa, en lo posible astillas provenientes de madera de eucaliptus, ya que este biocombustible presenta un ahorro similar a situación planeada originalmente (1), como se observa en el *gráfico N° 4.6*.

Otra razón para continuar con la compra de astillas es el que los secadores de leña instalados tampoco cumplen su función, por lo que se requiere de una gran inversión para solucionar ambos problemas detectados. Sumado a esto se observó la existencia de una falta de compromiso y/o la mala administración de parte del Liceo Agrícola en el manejo del predio, ya que lo que indica la realidad es que este no posee el personal necesario ni las condiciones óptimas para la obtención del volumen de madera requerido anualmente para satisfacer la demandas de calefacción, además del problema que origina las condiciones climáticas de la región, las cuales no permiten el secado natural de la madera.

Ahora si se observa el flujo de costos utilizando el biocombustible de mejor capacidad calorífica de los estudiados, Eucaliptus globulus, se observa que los ahorros son superiores a los de la situación 1, esto debido a que por su mayor PCI el consumo anual de este biocombustible es mucho menor (*Tabla N° 4.8*).

Tabla N° 4.24: Costos de calefacción: Compra de biomasa (E. globulus) vs GLP+Diésel.

Compra biomasa -Eucaliptus globulus							
Año	**Pagos anuales**			**Pagos acumulados**		**Ahorro acumulado**	
	GLP+Diésel	Biomasa	Ahorro anual	GLP+Diésel	Biomasa	$	%
0		$ 97.000.000					
1	$ 14.893.182	$ 7.065.773	52,56%	$ 14.893.182	$ 7.065.773	$ 7.827.409	52,56%
2	$ 16.255.732	$ 7.505.053	53,83%	$ 31.148.914	$ 14.570.826	$ 16.578.088	53,22%
3	$ 17.543.835	$ 7.879.351	55,09%	$ 48.692.748	$ 22.450.177	$ 26.242.571	53,89%
4	$ 19.139.204	$ 8.376.803	56,23%	$ 67.831.953	$ 30.826.980	$ 37.004.972	54,55%
5	$ 20.681.117	$ 8.814.066	57,38%	$ 88.513.069	$ 39.641.047	$ 48.872.023	55,21%
6	$ 22.553.218	$ 9.379.700	58,41%	$ 111.066.287	$ 49.020.746	$ 62.045.541	55,86%
7	$ 24.396.897	$ 9.890.824	59,46%	$ 135.463.184	$ 58.911.570	$ 76.551.614	56,51%
8	$ 26.598.110	$ 10.536.505	60,39%	$ 162.061.294	$ 69.448.075	$ 92.613.219	57,15%
9	$ 28.800.772	$ 11.134.418	61,34%	$ 190.862.067	$ 80.582.493	$ 110.279.573	57,78%
10	$ 31.393.604	$ 11.874.234	62,18%	$ 222.255.671	$ 92.456.727	$ 129.798.944	58,40%

Fuente: Elaboración propia.

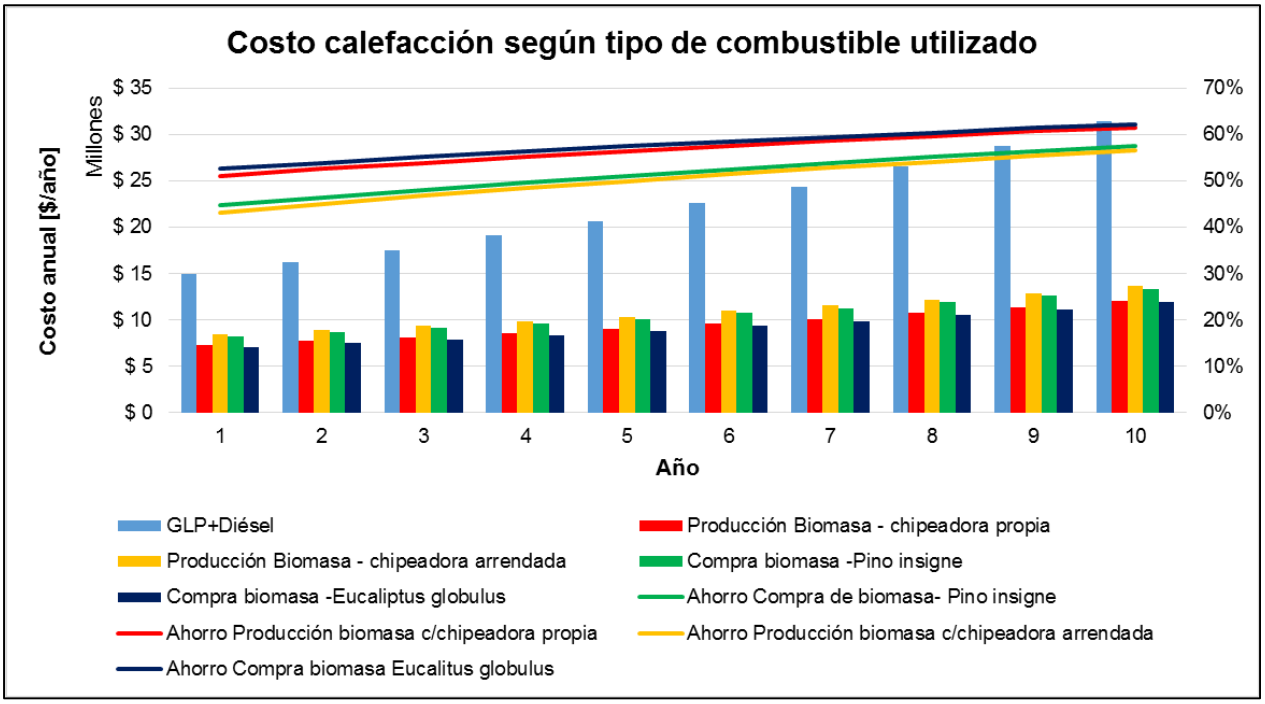


Gráfico N° 4.6: Gráfico costos de calefacción, según combustible y método de obtención.

Fuente: Elaboración propia.

En la *Tabla N° 4.25,* se pueden observar los costos relacionados únicamente al biocombustible, quedando de manifiesto la diferencia entre el costo de producir el biocombustible (canelo) o el de comprarlo (pino o eucaliptus), observando que los que provoca el mayor costo de la producción de astillas es costo del traslado de la madera, el cual posee un peso superior al 60 por ciento del costo total de producción.

Tabla N° 4.25: Costos de producción de biomasa vs Costo de compra de biomasa.

	Producir Madera	Traslado madera	Combustible Chipeadora	Costos producir biocombustible	Compra biomasa (pino insigne)	Compra biomasa (eucaliptus globulus)
2014	$ 1.219.678	$ 2.109.900	$ 30.653	**$ 3.360.232**	**$ 4.316.417**	**$ 3.139.212**
2015	$ 1.219.859	$ 2.181.848	$ 33.683	**$ 3.435.389**	**$ 4.427.806**	**$ 3.220.223**
2016	$ 1.220.039	$ 2.256.249	$ 37.012	**$ 3.513.300**	**$ 4.542.070**	**$ 3.303.324**
2017	$ 1.220.219	$ 2.333.187	$ 40.671	**$ 3.594.076**	**$ 4.659.283**	**$ 3.388.569**
2018	$ 1.220.399	$ 2.412.748	$ 44.691	**$ 3.677.838**	**$ 4.779.520**	**$ 3.476.015**
2019	$ 1.220.579	$ 2.495.023	$ 49.108	**$ 3.764.710**	**$ 4.902.861**	**$ 3.565.717**
2020	$ 1.220.759	$ 2.580.103	$ 53.962	**$ 3.854.824**	**$ 5.029.384**	**$ 3.657.734**
2021	$ 1.220.940	$ 2.668.085	$ 59.295	**$ 3.948.320**	**$ 5.159.172**	**$ 3.752.125**
2022	$ 1.221.120	$ 2.759.067	$ 65.156	**$ 4.045.342**	**$ 5.292.310**	**$ 3.848.952**
2023	$ 1.221.300	$ 2.853.151	$ 71.596	**$ 4.146.047**	**$ 5.428.883**	**$ 3.948.279**
Promedio	32,83%	65,88%	1,28%	100,00%	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente otro punto muy importante para justificar la gran inversión realizada en este proyecto de calefacción es que los cálculos y proyecciones realizadas en este proyecto de titulación representan las situaciones reales de cada sistema de calefacción, es decir, los cálculos realizados para representar la

situación ante – proyecto fueron obtenidos de acuerdo a los horarios promedios de utilización de cada sistema de calefacción, 2[h/día] y 4[h/día], para los liceos Agrícola y Domingo Espiñeira respectivamente, mientras que los cálculos de la situación post – proyecto fueron realizados bajo el funcionamiento continuo del sistema de calefacción, es decir 24[h/día] de lunes a domingo.

4.3.2. Actividad: Comparar las distintas situaciones generadas mediante el método del CAUE.

Se realizó la comparación de las tres situaciones detectadas a través del CAUE como método para reafirmar las recomendaciones y conclusiones desarrolladas en el punto anterior. Confirmando que la mejor opción es la de la situación 1 u original, teniendo un costo anual de [$] 22.435.605, mientras que la opción de arrendar una máquina chipeadora (2) es la menos favorable, llegando a los [$] 23.796.302 lo que lo hace el mayor CAUE de las tres opciones de obtención de biocombustible.

Para la obtención de estos valores se utilizó una tasa de descuento del 6 por ciento anual, como indica la División de Planificación, Estudios e Inversión, del MIDEPLAN.

Se observa que los VAN son negativos en todos los casos, debido a la no existencia de ingresos en este proyecto por su carácter social. Por otro lado, si se mejora la tecnología de los secadores y la máquina chipeadora podría pensarse en la obtención de ingresos por medio de la venta de biocombustible sobrante, lo cual no fue analizado ya que la Corporación Municipal es una organización que no posee fines de lucro.

Tabla N° 4.26: Valor presente

	Flujo de costos			Valor Presente		
Año	**Situación 1**	**Situación 2**	**Situación 3**	**Situación 1**	**Situación 2**	**Situación 3**
0	$ 97.000.000	$ 97.000.000	$ 97.000.000	-	-	-
1	$ 7.286.793	$ 8.462.513	$ 8.242.978	$ 7.286.793	$ 8.462.513	$ 8.242.978
2	$ 7.720.219	$ 8.936.031	$ 8.712.636	$ 6.870.968	$ 7.953.036	$ 7.754.215
3	$ 8.089.327	$ 9.346.598	$ 9.118.098	$ 6.791.955	$ 7.847.584	$ 7.655.731
4	$ 8.582.310	$ 9.882.454	$ 9.647.517	$ 6.797.994	$ 7.827.830	$ 7.641.737
5	$ 9.015.889	$ 10.360.369	$ 10.117.572	$ 6.737.197	$ 7.741.870	$ 7.560.438
6	$ 9.578.693	$ 10.969.019	$ 10.716.843	$ 6.752.601	$ 7.732.725	$ 7.554.952
7	$ 10.087.914	$ 11.525.650	$ 11.262.474	$ 6.709.039	$ 7.665.216	$ 7.490.188
8	$ 10.732.700	$ 12.219.463	$ 11.943.552	$ 6.733.829	$ 7.666.642	$ 7.493.532
9	$ 11.330.808	$ 12.868.269	$ 12.577.775	$ 6.706.688	$ 7.616.709	$ 7.444.766
10	$ 12.072.002	$ 13.661.891	$ 13.354.838	$ 6.740.943	$ 7.628.728	$ 7.457.272

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 4.27: VAN y CAUE de cada situación

Situación	VAN	CAUE
1	-$ 165.128.005	$ 22.435.605
2	-$ 175.142.853	$ 23.796.302
3	-$ 173.295.809	$ 23.545.348

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En Chile y como ocurre a nivel mundial, existe una gran preocupación por la disminución de la contaminación y el cuidado del medio ambiente, por lo que en la actualidad se fomenta en gran medida el uso de ERNC con la finalidad de disminuir los efectos del gas invernadero. Es por esto que el Ministerio de Energía, a través de su Programa de Energización Rural y Social, el año 2011, favoreció al Liceo Agrícola de Ancud con un proyecto energético, el cual tenía como objetivo el fomento de la utilización de energías limpias, el uso de nuevas tecnologías y la mejora de la calidad de vida de la comunidad favorecida. El proyecto fue ejecutado por la Corporación Municipal de Ancud, organismo encargado de la administración del liceo y otros establecimientos, y consistió en dotar de calefacción a este liceo utilizando biomasa como combustibles, además este proyecto contemplaba la explotación del Predio Santa Adriana, administrado por el liceo, para la obtención del biocombustible, por lo que CONAF se integró a la formulación de este proyecto y ha sido un miembro importante en su ejecución.

El objetivo de la realización de este estudio, con enfoque técnico – económico, era el de unificar y generar información sobre el proyecto de calefacción ejecutado, con la finalidad de fomentar el uso de este tipo de energía y la explotación del bosque nativo de la provincia de Chiloé, y de paso justificar la enorme inversión realizada. Por lo cual se evaluaron distintos parámetros y variables, como la potencia de la caldera instalada y su consumo dependiendo del tipo de astillas utilizada como biocombustible, además de sus costos y las ventajas que significó utilizar este nuevo tipo de calefacción.

El proyecto ejecutado vino a reemplazar el antiguo y precario sistema de calefacción del Liceo Agrícola de Ancud, el cual era utilizado 2[h] en promedio al día debido al costo del combustible que se utilizaba (GLP), siendo que por las condiciones climatológicas de la zona donde se encuentra, la calefacción es una necesidad constante a lo largo del día, además inmediatamente se reemplazó el sistema de calefacción del Liceo Domingo Espiñeira Riesco por el sistema instalado por el proyecto, ya que su antiguo sistema a base de diésel funcionaba durante 4[h] al día en promedio. Esto favoreció a una comunidad compuesta por más de 600 personas, entre alumnos, docentes y auxiliares de educación, debido a que desde la implementación del proyecto comenzaron a tener una calefacción continua a lo largo del día, lo que más allá de mejorar la comodidad de esta comunidad, debe traer gradualmente grandes beneficios a su salud de esta misma y al rendimiento de los estudiantes.

A nivel de sostenibilidad el proyecto fue implementado en un 100 por ciento, habiendo sido instalado el sistema de calefacción en su totalidad: caldera de biomasa, silo de almacenamiento, bombas, sala de caldera, etc., al igual que los secadores de leña y la máquina chipeadora. El sistema de calefacción está compuesto por una caldera KWB Multifire de 60[kW] de potencia, con una eficiencia superior al 90 por ciento y de operación automática, esta caldera tiene la capacidad de funcionar como un sistema calefacción distrital, quedando claro al abastecer a dos establecimientos educacionales, la potencia máxima del sistema es de 65,08[kW], consumiendo entre 221,76 – 304,92 [m^3/año] de astillas, dependiendo de la

especie que provengan. Mientras que a nivel de consumo energético, por el combustible que se utiliza, es un 43,37 por ciento menor que los consumos sumados de los sistemas de calefacción anteriormente utilizados, llevado a mismas condiciones horarias de funcionamiento. Los estanques de almacenamiento y equipos auxiliares, fueron instalados perfectamente, siguiendo las especificaciones dadas por el Ministerio de Energía. El silo de almacenamiento, de piso inclinado, posee un volumen que permite una autonomía de 11 - 15 [días], y presenta dos problemas, no es completamente cerrado, por lo que provoca que las astillas aumenten su contenido de humedad por efectos de contacto con la humedad ambiente, y que al no funcionar la chipeadora, se hace muy incómoda y peligrosa su alimentación.

La biomasa utilizada por este sistema son las astillas de madera, debido a los intereses de CONAF y el Ministerio de Energía, quienes esperan fomentar el uso de este biocombustible en la región. Este biocombustible debía ser obtenido del Predio Santa Adriana, el cual es administrado por el Liceo Agrícola, y vendría de la especie Canelo, el cual se encuentra en abundancia en este predio. Pero debido al mal funcionamiento de los implementos para la producción del biocombustible, este ha tenido que ser comprado a una empresa ubicada en Osorno, BIOMASA SALINAS Y WAEGER LTDA., empresa seleccionada por la Corporación Municipal debido al bajo costo de sus astillas y a que es un conocido proveedor de estas en la ciudad de Ancud. Este mal funcionamiento de los implementos se debe, según lo analizado en los documentos y en conversaciones con funcionarios de CONAF y la Corporación Municipal, por un deficiente estudio en la etapa de pre inversión.

Los secadores de leña fueron diseñados para condiciones climáticas diferentes a las encontradas en la zona sur del país, y a pesar de ser modificados buscando mejorar su hermeticidad, no se logró el objetivo de obtener un secado óptimo de la madera, debido al desconocimiento técnico del ejecutor del proyecto, ya que estos secadores presentan varias filtraciones de agua producto de las constantes lluvias, lo que se suma a la alta humedad ambiente de la zona (79 - 91,5 por ciento promedio), lo que no permite cumplir el requerimiento de la caldera para su combustible, un contenido de humedad menor al 30 por ciento. Por otro lado la máquina chipeadora implementada presentó problemas al procesar la madera, debido a que esta no presentaba los niveles adecuados de contenido de humedad, además que a modo de reducir costos de implementación, la máquina adquirida no cumple con los requisitos necesarios para astillar la madera del predio, ni le otorga a las astillas los requerimientos físicos demandados por la caldera, astillas G30, por lo que fue dada de baja luego de apenas 24[h] de funcionamiento aproximadamente.

Al existir sólo una persona capacitada y que pueda operar el sistema completo de calefacción, se corre un riesgo ante emergencias o la falta del operario, por lo que debiera ser recomendable la capacitación de por lo menos una persona más dentro del liceo, para que exista quien pueda reemplazar en caso de situaciones especiales o ayudar en las labores relacionadas con el sistema de calefacción a la operadora oficial, quien es además es la única que posee una llave para entrar a la sala de caldera. Además debieran realizarse capacitaciones continuas a estas personas para reforzar sus conocimientos sobre el funcionamiento del

sistema, lo que igual es recomendable para las personas de la Corporación Municipal que están encargadas de tomar las decisiones importantes sobre el sistema instalado.

Para dar solución al no funcionamiento de la máquina chipeadora, fue analizada la posibilidad de adquirir una nueva máquina, lo que trajo como resultado que una opción más adecuada era el arriendo de una de estas, debido a que la compra de una máquina nueva no es rentable, por el poco tiempo de trabajo que se requiere de esta máquina, entre 21 - 31 [h/año], para una inversión superior a los [$] 21 millones.

Al realizar un análisis de los costos de calefacción del nuevo sistema, comparando la situación ante proyecto con cada una de las tres posibilidades estudiadas: producción de astillas con chipeadora propia, producción de astillas con arriendo de chipeadora o simplemente la compra del biocombustible, se determinó que el ahorro en costos anuales de calefacción supera el 40 por ciento anual en cada uno de los tres casos, lo que va aumentando año a año, llegando a un ahorro superior de un 62 por ciento para los casos de producción de biomasa con chipeadora propia y compra de astillas de Eucaliptus globulus. Estos significa ahorros superiores a los [$] 6 millones al año, lo que al décimo año, utilizando la opción de compra de astillas de Eucaliptus globulus significaría un ahorro de superior a los [$] 19 millones de pesos al año, por lo que el beneficio económico de este proyecto de calefacción es evidente. Al observar más en detalle la diferencia entre los costos de calefacción de una u otra forma de obtención de biomasa, se da cuenta que la diferencia económica entre producir o comprar la biomasa es de hasta un 22,15 por ciento, lo que equivale al [$] 1 millón al año aproximadamente, y que el costo de producir astillas esta dado principalmente por el alto costo de trasladar la madera del predio al liceo, teniendo un peso superior al 60 por ciento del costo total de producción, lo que equivale a entre [$] 2 – 3 millones al año (aumenta a lo largo del tiempo). Se determinó finalmente que lo mejor para la realidad actual del liceo y la Corporación Municipal es que se continúe con la compra de biocombustible sobre la inversión en nueva maquinaria, o el arriendo de está, ya que la fiabilidad de disponer de madera del predio es muy baja, debido a la mala administración del liceo sobre el predio. Además antes de poder utilizar una chipeadora se debe realizar una modificación a los secadores de leña, ya que estos tienen una baja capacidad y requieren de apoyo energético para secar la madera, ya que el proceso de secado es muy lento.

De los cuatro tipos de especies de astillas de madera estudias, hay una que resalta por sobre las demás por el bajo consumo que presenta, gracias su elevado PCI, las astillas provenientes del eucaliptus globulus, teniendo un diferencia no tan grande con el eucaliptus nitens, un 10,00 por ciento, pero que se eleva hasta un 27,27 por ciento comparado con el canelo o el pino insigne, lo que significa una diferencia sobre [$] 1 millón al año. Es por esto que debiera exigirse al proveedor sólo astillas de eucaliptus, no siendo mezcladas con astillas de pino, ya que esto sólo aumenta el volumen y el costo del biocombustible. Además el comportamiento del costo de calefacción al utilizar eucaliptus es muy similar e incluso menor a la auto-producción de biomasa, superando el 50 por ciento de ahorro con respecto a la situación ante proyecto.

En cuanto al suministro de biocombustible, se debiera realizar el abastecimiento de biocombustible cada 40 días máximo, para así evitar que la caldera deje de funcionar debido a falta de astillas o bien podría

aumentarse el volumen comprado, utilizando el secador instalado en el liceo o incluso ambos secadores como lugares de almacenamiento del biocombustible, lo que sumado a que esta compra sea realizada en épocas de verano, donde es más fácil y rápido secar la madera, podría disminuir aún más los costos de calefacción anuales. Por otro lado, modificando levemente el secador del liceo, específicamente cubriendo el suelo, se solucionaría el problema del lugar donde almacenar las astillas compradas, evitando la contaminación del biocombustible.

A nivel de eficiencia, como ya fue mencionado se cumplió con la implementación de los productos que fueron planeados, aunque no todos funcionan como debieran. Podría decirse que el proyecto ejecutado se divide en dos sub – proyectos, uno implementar un sistema de calefacción en el Liceo Agrícola y el otro implementar elementos que le permitan al liceo producir biomasa para alimentar su nuevo sistema de calefacción, por lo que en cumplimiento del objetivo central, actualmente solo ha sido completado en un 50 por ciento, debido a que todo lo que es producción de biomasa no ha funcionado como se esperaba e incluso no se ha podido realizar prácticamente, debido a desconocimientos técnicos y por el intento de disminuir costos de implementación en el caso de la chipeadora.

Finalmente, se observan los grandes beneficios que trajo consigo el cambio tecnológico, tanto económico como social, ya que sumado al benefició que trae el ahorro en costos de calefacción para la Corporación Municipal, aumentó la comodidad de quienes utilizan los establecimientos, lo que según variados estudios finalmente tendrán un efecto positivo en el rendimiento académico de los alumnos y además trae un beneficio a la comunidad en general, debido a que el uso de biomasa como combustible posee una ventaja ambiental muy importante, debido que al ser usado “correctamente” alcanza un factor de emisión cero de CO_2, debido a que emite este gas en la misma cantidad que fue absorbido por las plantas, mientras que sus residuos sólidos pueden ser utilizadas como abono para el proceso de fotosíntesis de nuevas plantas. Y con correctamente, se quiere decir, que es muy importante el cumplimiento de los requisitos que solicita la caldera para su biocombustible, debido a que estos requisitos están basados en normativas internacionales que buscan, aparte de la mejor calidad para los usuarios, la disminución de las emisiones atmosféricas, es sabido mediante diversos estudios que humedades superiores a 25 – 30 por ciento en las astillas, o la madera en general, provocan un aumento exponencial de las emisiones en su proceso de combustión. Es por esto mismo que a nivel nacional se han lanzado una gran cantidad de programas para el fomento de la utilización de biomasa seca, especialmente la leña, ya que según estudios de la firma de certificación y control de calidad de materias primas John O’Ryan Surveyors (2013), si en Chile se usara leña al 25 por ciento de humedad, una parte importante del problema de la contaminación del aire en el sur se reduciría un 90 por ciento.

6. RECOMENDACIONES

La biomasa es un recurso energético muy potente, de fácil obtención, bajo costo y un alto poder calorífico, siempre y cuando se utilice con los correctos niveles de humedad, lo que ayuda a disminuir la contaminación ambiental, por lo que se cree importante continuar con la realización de proyectos de este tipo, los cuales además de preocuparse por el medio ambiente generan una gran ayuda a las comunidades, debido a que las tecnologías que acompañan al uso de biomasa poseen una gran eficiencia, permitiendo la generación de sistemas distritales de calefacción. Sumado a esto es de gran importancia que estos cambios de tecnología vengan acompañados de una correcta capacitación para los usuarios, ya que de ellos depende que se cumplan los objetivos de esta materia.

En cuanto al estudio realizado, se encontraron varias dificultades debido al poco tiempo con el que contaban los representantes de la municipalidad, quienes son los encargados de la administración de los liceos y sus sistemas calefacción en este caso, y el desconocimiento de parte de estos en las materias estudiadas, debido al escaso tiempo que lleva instalado este nuevo sistema de calefacción, lo que provoca igualmente que aún no exista mucha información ni documentación oficial sobre el sistema, debido a que se encuentra en una etapa de ensayo y error. Es por esto que se recomienda a mediano plazo realizar un nuevo estudio del sistema, utilizando como base la información generada por este proyecto de título, en donde pueda evaluarse la conexión de una mayor cantidad de establecimientos al sistema de calefacción, optimizando el sistema DH, debido que por lo analizado se entiende que la capacidad de la caldera es superior a la utilizada actualmente, sumado a esto la gran capacidad de sus estanques de inercia. Para esto se recomiendo utilizar el método del marco lógico, específicamente para realizar una evaluación de impacto.

Además se recomienda realizar un rediseño de los secadores de leña, debido a que los implementados no son viables para esta zona del país, se recomienda estudiar la posibilidad de utilizar la misma caldera de biomasa para optimizar el tiempo de secado de la leña, o diseñar un secador de mayor capacidad con su propia caldera en el mismo predio, con la posibilidad de astillar la madera en el lugar y solo transportar astillas al liceo.

En cuanto a la operación del sistema de calefacción se recomienda capacitar por lo menos a una persona más, ya sea auxiliar u otro funcionario del Liceo Agrícola, para el manejo de la caldera por temas de seguridad, además de realizar capacitaciones continuas para reforzar el conocimiento del o los operadores de la caldera, para asegurar el uso óptimo de esta herramienta y una rápida reacción en caso de emergencias.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, E. 2008. Efectos del establecimiento en el crecimiento y rentabilidad de plantaciones de eucalytus en el sur de Chile. Universidad de Chile. Chile. pp. 11-13.

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA. Introducción a la biomasa y estudio de sustitución de calderas en edificios. España. 62p.

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGIA. La biomasa Forestal. España. 32p.

BARRIOS, S. 2012. Evaluación de alternativas de calefacción distrital para las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Chile. 29p.

BLANK, L. 2006. Ingeniería económica. Sexta edición. McGrae-Hill Interamericana. 803p.

CER (Centro de Energías Renovable). 2011. Energía biomasa. Chile. 16p.

CONAF. 2013. Minuta Proyecto Biomasa Comuna de Ancud. Chile. 3p.

CORPORACIÓN MUNICIPAL DE ANCUD PARA LA EDUCACIÓN, SALUD Y ATENCIÓN DE MENORES. 2014. Informe final. Chile. 15p.

DE MIRANDA, B. 2010. Instalaciones de biomasa. A coruña, España. 20p.

FOCER. 2002. Manuales sobre energía renovable: Biomasa. 1° edición San José, Costa Rica. 52p.

GONZALES, L. 2005. La evaluación en la gestión de proyectos y programas de desarrollo. Cooperación púbica Vasca. España. 266p.

GUITIÉRREZ, M. et al. 2009. Modelos de negocios para el acopio y secado de leña: Informe final. Chile. 329p.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). 2009. Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. Madrid, España. 84p.

INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2013. El sector forestal chileno 2013. Chile. 52p.

MINISTERIO DE ENERGÍA. 2012. Especificaciones técnicas proyecto: “Sistema de calefacción a biomasa para Liceo Agrícola de Ancud, Domingo Espiñeira”. Chile. 3p.

MORENO, F. 2012. Estudio técnico económico para la sustitución del gasóleo por biomasa térmica en edificios urbanos. 107p.

PAVES, A. 2013. Calefacción distrital por biomasa calor centralizado y sustentable. SustentaBit. (16):10-15.

RODRIGUEZ, H. 2004. Las energías renovables y el MDL. Perú.

SANTA CRUZ, J., DEL RÍO, M., CACHERO, G., MONJE, I. y RUBIO, D. 2008. Estudio de la viabilidad del aprovechamiento de biomasa para calefacción y ACS en edificación. Madrid, España. 51p.

SAPAG, N. 2008. Preparación y evaluación de proyectos. Quinta Edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana S.A. Colombia. 463p.

SEGURA, C. Producción de pellets en Chile y tecnologías de combustión. Universidad de Concepción, Chile. 25p.

SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA (SNIP). 2012. Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública. Perú. 213p.

SUBSECRETARÍA DE ENERGÍA. 2013. Convenio de transferencia de recursos entre la I. Municipalidad de Ancud y la Subsecretaría de Energía. Chile. 12p.

7.1. Linkografía

ANDERSEN Soluciones Innovadores [en línea] <http://www.andersen.cl/cotizar-maquina.html> [consulta: 08 abril 2014].

APPA Biomasa. ¿Qué es la Biomasa? [en línea] <http://www.appa.es/04biomasa/04que_es.php> [consulta: 15 Octubre 2013].

ASOCIACIÓN CHILENA DE GAS LICUADO A.G. GLP Chile [en línea] <http://www.glpchile.cl/el-glp> [consulta: 11 abril 2014].

AUTOCOSMO.COM Catálogo Hyundai HD 78 Chasis (2013) [en línea] <http://www.autocosmos.com.ar/catalogo/2013/hyundai/hd-78/chasis/154139#fichaTecnica> [consulta: 14 mayo 2014].

BOSQUES PROCARBONO UACH Proyectos MDL de compensación de emisiones [en línea] <http://www.uach.cl/procarbono/mdl.html> [consulta: 30 marzo 2014].

CEAZA Senda Darwin: Humedad Relativa por ciento, 1.5m [en línea] <http://www.ceazamet.cl/modulos/pop_sensorhistorico.php?s_cod=CNSDHR> [consulta: 2 mayo 2014].

CHILEFLORA Buscador de plantas [en línea] <http://www.chileflora.com/Florachilena/FloraSpanish/SHSearchengine.htm> [consulta: 28 abril 2014].

CIENCIAS NATURALES. Biomasa [en línea] <http://www.areaciencias.com/fisica/la-biomasa.html> [consulta: 21 Octubre 2013].

COMISION NACIONAL DE ENERGÍA Sistema de información en línea de precios de combustibles en estaciones de servicio [en línea] <http://www.bencinaenlinea.cl/web2/buscador.php?region=3> [consulta: 25 abril 2014].

COMISION NACIONAL DE ENERGÍA Sistema de información en línea de precios de gas en cilindros y de gas de red en si equivalencia en cilindros [en línea] <http://gasenlinea.gob.cl/index.php/web/buscador?rere_id=10> [consulta: 25 abril 2014].

CONAF Quiénes Somos [en línea] < http://www.conaf.cl/quienes-somos/> [consulta: 17 Octubre 2013].

DIPLOMADO EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LAS FINANZAS PÚBLICAS Métodos estadísticos para la estimación de ingresos [en línea] <http://www.cca.org.mx/funcionarios/biblioteca/html/finanzas_publicas/documentos/3/m3_metodos.pdf> [consulta: 10 mayo 2014].

ECURED Gasóleo [en línea] <http://www.ecured.cu/index.php/Gas%C3%B3leo> [consulta: 11 abril 2014].

EDUCAR CHILE Región de los Lagos [en línea] <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=130238> [consulta: 13 mayo 2014].

EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS Curso de Preparación y Evaluación Social de Proyectos División de Planificación, Estudios e Inversiones MIDEPLAN [en línea] <http://www.academia.subdere.gov.cl/wp-content/uploads/downloads/2013/03/EVALUACION-SOCIAL-DE-PROYECTOS.pdf> [consulta: 25 abril 2014].

EXPLORADOR DE BIONERGÍA FORESTAL Superficie de bosque nativo aprovechable con fines energéticos [en línea] <http://sit.conaf.cl/> [consulta: 30 abril 2014].

GESTIÓN EN RECURSOS NATURALES Plan de manejo forestal [en línea] <http://www.grn.cl/plan-de-manejo-forestal.html> [consultado: 13 abril 2014].

GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO. Registro Estatal de trámites empresariales. Guía de los requisitos para el registro de bitácoras de operación y mantenimiento de equipos generadores o de control de emisiones contaminantes a la atmosfera [en línea] <http://www.edomexico.gob.mx/rete/PORTRAMITE/MEDIOAMBIENTE/DGPYCCA6.pdf> [consulta: 15 mayo 2014].

INDEF Biomasa [en línea] <http://www.indef.cl/unidades-negocio/biomasa/> [consulta: 15 Octubre 2013].

INDICADORES FINANCIEROS.CL UF 2012, Unidad de Fomento 2012 [en línea] <http://valoruf.cl/valores_anuales_uf_2012.html> [Consulta: 2 mayo 2014].

LICEO AGRICOLA DE ANCUD [en línea] <http://liceoagricolaancud.blogspot.com/> [consulta: 23 Octubre 2013].

LICEO DOMINGO ESPIÑEIRA RIESCO Historia [en línea] <http://liceoder.wordpress.com/mi-liceo/historia/> [consulta: 23 Octubre 2013].

MINISTERIO DE ENERGÍA. Portal de proyectos. Proyecto: Implementación de sistemas demostrativos de calefacción basados en el uso de Energías Renovables no Convencionales y producción de biomasa para uso combustible, en el predio y en las instalaciones del Liceo Agrícola de Ancud [en línea] <http://proyectosdaee.minenergia.cl/muestraproyecto.php?idProyecto=273#> [consulta: 12 marzo 2014].

MINISTERIO DE ENERGIA. Renovables no convencionales. Tipos de energía: Biomasa [en línea] <http://antiguo.minenergia.cl/minwww/opencms/03_Energias/Otros_Niveles/renovables_noconvencionales/Tipos_Energia/biomasa.html> [consulta: 15 Octubre 2013].

PROFESOR EN LINEA. Árboles Nativos de Chile [en línea] <http://www.profesorenlinea.cl/Chilegeografia/ArbolesNativosChile.htm> [consulta: 28 abril 2014].

SCHULUMBERGER EXCELLENCE IN EDUCATIONAL DEVELOPMENT (SEED) Fuentes de energía alternativa: biomasa [en línea] <http://www.planetseed.com/es/relatedarticle/fuentes-de-energia-alternativa-biomasa> [Consulta: 21 Octubre 2013].

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL Sistema de Información de Líneas de Bases de los proyectos sometidos al SEIA [en línea] <http://www.sea.gob.cl/contenido/sistema-de-informacion-de-lineas-de-bases-de-los-proyectos-sometidos-al-seia> [consulta: 30 marzo 2014].

SERVICIO NACIONAL DEL CONSUMIDOR Encuesta mensual de gas licuado [en línea] <http://www.sernac.cl/wp-content/uploads/2012/12/precios-combustibles-region-de-los-lagos-diciembre2012-diciembre2011-Sernac.pdf> [consulta: 2 mayo 2014].

TODO BIOMASA Equipos e instalaciones [en línea] <http://www.todosbiomasa.com/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=20637796&refcompra=> [consulta: 22 Octubre 2013].

TORRES, C. 2013. La calefacción distrital promete ser una revolución sin contaminar [en línea] El Austral. 03 Julio de 2013. <http://www.australtemuco.cl/impresa/2013/07/03/full/5/> [consulta: 16 Octubre 2013].

UNIDAD DE DESARROLLO TECONOLÓGICO Universidad de Concepción [en línea] <http://www2.udt.cl/Tecnolog%C3%ADas-maduras-ba.html> [consulta: 16 Octubre 2013].

WIKISILVA Eucalytus nitens [en línea] <http://silvicultura.wikispaces.com/Eucalyptus+nitens> [consulta: 28 abril 2014].

ANEXOS

ANEXO A: Glosario

Agua caliente sanitaria (ACS): agua destinada a consumo humano (potable) de alta temperatura. Se utiliza para usos sanitarios (baños, duchas, etc.) y para otros usos de limpieza (fregado de platos, lavadora, lavavajillas, fregado de suelos). Normalmente el procede de la instalación de agua del edificio.

Comité de ayuda al desarrollo (CAD): organización multilateral, inserta en el sistema de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Se dedica al seguimiento y la evaluación de las políticas de desarrollo de los países integrantes. Analiza el programa de ayuda de cada país, dirige recomendaciones sobre los esfuerzos de ayuda, sus condiciones y sus modalidades financieras.

Energías renovables no convencionales (ERNC): las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se consumen ni se agotan en una escala humana. Entre estas fuentes de energías están: la hidráulica, la solar, la eólica y la de los océanos. Además, dependiendo de su forma de explotación, también pueden ser catalogadas como renovables la energía proveniente de la biomasa, la energía geotérmica y los biocombustibles. Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten. En Chile se define como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a la eólica, la pequeña hidroeléctrica (centrales hasta 20 MW), la biomasa, el biogás, la geotermia, la solar y la mareomotriz

Gases de efecto invernadero (GEI): son gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Su concentración atmosférica es baja, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta.

Los gases de invernadero más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2) metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) clorofluorcarbonos (CFC) y ozono (O_3).

Gas licuado de petróleo (GLP): según la ASOCIACIÓN CHILENA DE GAS LICUADO S.A, es una mezcla de hidrocarburos ligeros, principalmente de butano y propano, ya sea combinados o puros, que no emite material particulado, no deja residuos ni productos sulfurados, es libre de plomo y de otros productos contaminantes.

Instituto nacional de estadística (INE): organismo encargado de producir, recopilar y publicar las estadísticas oficiales del país.

Según la Ley N°17.374 de octubre de 1970, el Instituto Nacional de Estadísticas es un organismo técnico e independiente que constituye una persona jurídica de derecho público, funcionalmente descentralizado y con patrimonio propio. El INE se relaciona con el/la Presidente de la República a través del/a Ministro/a de Economía, Fomento y Reconstrucción.

Latizal: es un término utilizado para la clasificación y comparación de masas forestales en función de sus estadios de desarrollo y aspecto morfológico. Se utiliza para referirse desde el comienzo de poda natural hasta que se alcanza un diámetro normal de 20 [cm].

Latizal bajo: desde el comienzo de la poda natural hasta que se alcanza un diámetro normal de 10 [cm].

Latizal alto: el diámetro normal medio se sitúa entre 10 y 20 [cm]

Metro cúbico (m^3) estéreo: se refiere al volumen que ocupan la madera y el aire considerando que el espacio vacío está ocupado, se usa para la leña.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE): organización internacional formada por 34 miembros, entre ellos Chile, que tiene como misión promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo. Ofrece un foro donde los gobiernos pueden trabajar conjuntamente para compartir experiencias y buscar soluciones a los problemas comunes, trabaja para entender que es lo que conduce al cambio económico, social y ambiental, mide la productividad y los flujos globales del comercio e inversión, analiza y compara datos para realizar pronósticos de tendencias y fija estándares internacionales dentro de un amplio rango de temas de políticas públicas.

Plan de Manejo Forestal: Instrumento que planifica la gestión del patrimonio ecológico o el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales de un terreno determinado, resguardando la calidad de las aguas y evitando el deterioro de los suelos. Su objetivo está relacionado con el aprovechamiento del bosque nativo para la obtención de bienes madereros y no madereros, considerando la multifuncionalidad de los bosques y la diversidad biológica.

Poder Calorífico: Debido a que casi todos los combustibles poseen hidrógeno en su composición y el resultado de la oxidación es la producción de agua, dependiendo de su estado físico en que esta agua se disperse se trabajara con el Poder Calorífico Superior (PCS) o Poder Calorífico Inferior (PCI) del combustible, siendo el PCI quien representa mejor el proceso de combustión debido que en la mayoría de las aplicaciones la temperatura de los humos a la salida de la caldera hace que el agua formada en la combustión escape en estado gaseoso.

Raleo: consiste en la cortar o eliminar una proporción de los árboles de un rodal, extrayendo aquellos que interfieren en el crecimiento de los arboles seleccionados o definitivos para la cosecha final, y/o cuando no pueda cumplir con la obtención de productos de calidad por su mal crecimiento o mala forma. Sus objetivos son aumentar y concentrar el crecimiento o producción de madera en los arboles seleccionados para el siguiente raleo y corta final, y mejorar el vigor promedio del rodal, mejorando las condiciones de crecimiento.

Rodal: Unidad forestal básica. Es un área que comprende un cultivo más o menos homogéneo en términos de edad, composición de especies y condición. Los rodales no tienen por qué ser necesariamente unidades permanentes de gestión ya que probablemente variarán con el desarrollo y aprovechamiento de la masa

forestal a la que pertenecen. (Forestry Comission. 1991. Forestry practice). No se denomina rodal cuando es menor a 0,5 [ha].

Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC): agencia del Estado de Chile encargada de velar por la protección de los derechos de los consumidores establecidos en la Ley N° 19.496. Su misión es informar, educar y proteger eficientemente a los consumidores, vigilando que se respeten sus derechos a través de la promoción de una cultura de consumo responsable y participativa entre los actores relevantes del mercado, con el fin de contribuir a su desarrollo y transparencia.

Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP): sistema administrativo del Estado de Perú que a través de un conjunto de principios, métodos, procedimientos y normas técnicas certifica la calidad de los Proyectos de inversión Pública (PIP), con la finalidad de mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos sociales y obtener un mayor impacto socio – económico.

ANEXO B: Preguntas para evaluación de sostenibilidad

La evaluación de sostenibilidad responderá a las preguntas siguientes:

Preguntas de Evaluación: Sostenibilidad

Operación y mantenimiento

- ✓ En la actualidad ¿Cuáles son las condiciones físicas y funcionales de la infraestructura, equipos e instalaciones (productos asociados con los componentes) que se ejecutaron con el proyecto? ¿Están operativas? Si no lo estuviesen, ¿cuál es el motivo?
- ✓ En cuanto al mantenimiento, ¿Qué tipo de estrategia es la que se maneja? ¿Mantenimiento preventivo y/o mantenimiento correctivo? ¿Se cuenta con un plan de mantenimiento bien definido? ¿Se han realizado las acciones de mantenimiento previstas? Si no se estuviese realizado el mantenimiento ¿cuáles son las causas? ¿Cómo se puede mejorar?
- ✓ ¿Se producen los bienes y/o servicios intervenidos con el proyecto en la cantidad y calidad prevista? Si no fuese así ¿cuáles son las causas? ¿Cómo se podría mejorar?
- ✓ ¿Cuáles son las principales dificultades y limitaciones en cuanto a la operación y mantenimiento?

Capacidad técnica y gerencial del operador

- ✓ ¿Se realizaron los arreglos institucionales para la operación y mantenimiento? ¿Funcionan correctamente?
- ✓ ¿Las entidades responsables y usuarios (de ser el caso) tienen la suficiente capacidad técnica y administrativa para cumplir con la operación y el mantenimiento?
- ✓ ¿Recibió el operador capacitación en cuanto a la operación y mantenimiento? ¿Fue suficiente? ¿El operador cuenta con un programa de capacitación propio?

Sostenibilidad financiera

- ✓ ¿Cuál es el presupuesto planeado y el asignado para la operación y mantenimiento?
- ✓ ¿Cómo están financiados los costos de operación y mantenimiento? ¿Hasta qué punto los ingresos generados mediante la operación del proyecto cubren los gastos operativos, el mantenimiento y de reinversión en el proyecto?
- ✓ ¿Cuáles son las probabilidades de que el costo de operación y mantenimiento sea cubierto durante la vida útil del proyecto?

Riesgos

- ✓ ¿Existen riesgos de desastres o de conflictos sociales para el proyecto? ¿Se adoptaron medidas para reducirlos, si es así cuáles? ¿Cómo está preparado para asimilar o recuperar de los desastres o conflictos?

Sostenibilidad global

- ✓ ¿Cuál es el grado de sostenibilidad global del proyecto?
- ✓ ¿Cuáles han sido los factores que más influenciaron la sostenibilidad del proyecto?
- ✓ ¿Cómo es que la sostenibilidad del proyecto puede ser mejorada?

Fuente: Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública. SNIP (2012).

ANEXO C: Ficha diagnostico utilización de energía en el Liceo Agrícola De Ancud.

Unidad	Cantidad	Superficie (M2)	Tipo de tecnología	Registro de Consumo	Costo identificado y Proyección de uso optimo
Oficinas de administración y de inspectorías	8	150	Calefactores eléctricos	12 kcal/hora	Se estima un consumo de 8 horas diarias durante 200 días / año. Costo Kw/Mes $290.
Oficina de Dirección, sala de profesores, biblioteca, sala de música y oficina de enlace	4	380	Calefactores a gas	650 kg de gas/ año	$ 1.300 el kilo de gas
Quesería	1	135	Caldera diesel (28.500 Kcal /hora)	Año 2011 consumo 348 lts en un trabajo de 125 días.	Se estima un óptimo de trabajo de 300 días con un consumo estimado de 850 lts año. $ 640 el litro de petróleo diesel.
Salas de clases	13	780	No tiene		
Gimnasio: debe incluir duchas para 390 alumnos.	1	850	No tiene		
Cocina	1	45			
Auditórium- comedor	1	300	No tiene		
Laboratorio	1	60	No tiene		
Pasillos		350	No tiene		
Sala de maduracion de Quesos	1	40	No tiene (Temp. 15°C)		
Información adicional edificios públicos aledaños al Liceo Agrícola de Ancud					
Liceo Municipal Domingo Espineira Riesco.					
Salas de clases	60		20 combustiones lentas	Actualmente no tiene consumo por falta de recursos.	160 metros cúbicos de leña al año.
Escuela Anexa					
Recinto			Caldera diesel	Consumo de 1156 Lt de petróleo mes utilizando la caldera 4 horas diarias.	Se estima optimo consumo 2312 Lts. Al mes utilizando la caldera ocho horas diarias.
Consultorio					
Recinto			Caldera diesel	Consumo de 1009 Lt de petróleo mes utilizando la caldera 4 horas diarias.	Se estima optimo consumo 2018 Lts. Al mes utilizando la caldera ocho horas diarias.
Escuela Especial					
Recinto			Caldera a leña	65 m3 de leña al año	S estima que el óptimo sería de 100 metros cúbicos de leña anuales.

ANEXO D: Normas de calidad de los biocombustibles

Energíadelsur
Calor sustentable

Categorías de Chips de madera según ÖNORM M 7133:

Categoría de Chip según tamaño	contenido másico permitido				Valores Extremos permitidos máx. 5%	
	máx.4%	máx. 20%	60-100%	máx. 20%		
	Tamaño de particula en mm [a]				sección transversal in cm²	Largo en cm
G30 - TS 150	< 1,0	1,0 - 2,8	2,8 - 16,0	> 16,0	3,0	8,5
G50 - TS 220	< 1,0	1,0 - 5,6	5,6 - 31,5	> 31,5	5,0	12,0
G 100 - TS 330	< 1,0	1,0 - 11,2	11,2 - 63,0	> 63,0	10,0	25,0*
G 120 *** - BKKF 700 hasta < 3 MW	< 1,0	1,0 - 63,0	63,0 - 100,0	> 100,0	12,0	30,0
G 150 *** - BKKF 1030 > 3 MW	< 1,0	1,0 - 100,0	100,0 - 130,0	> 130,0	15,0	40,0

Categoría de Chip según contenido de agua [b]	Limite de Categoría contenido de agua en %	Explicación
W 20	< 20	secado natural
W 30	20 - 30	estable para almacenamiento
W 35	30 - 35	almacenamiento restringido
W 40	35 - 40	húmedo
W 50	40 - 50	recién cosechado

Categoría de Chip según densidad aparente [c]	Limite de Categoría en kg/m³	Explicación
S 160	< 160	baja densidad aparente
S 200	160 - 250	mediana densidad aparente
S 250	> 250	alta densidad aparente

Categoría de Chip según contenido de cenizas	Limite de Categoría en %	Explicación
A 1	< 1	contenido de cenizas bajo
A 2	1 - 5	contenido de cenizas elevado

Anotación:

[a] después de Análisis de Harnero según DIN 66 165

[b] contenido de Agua en referencia a la masa húmeda

[c] Datos en referencia a condición sin agua

* en propuestas también se puede usar Tornillos TS 220 para G 100 – solo con un largo máx. de 15 cm

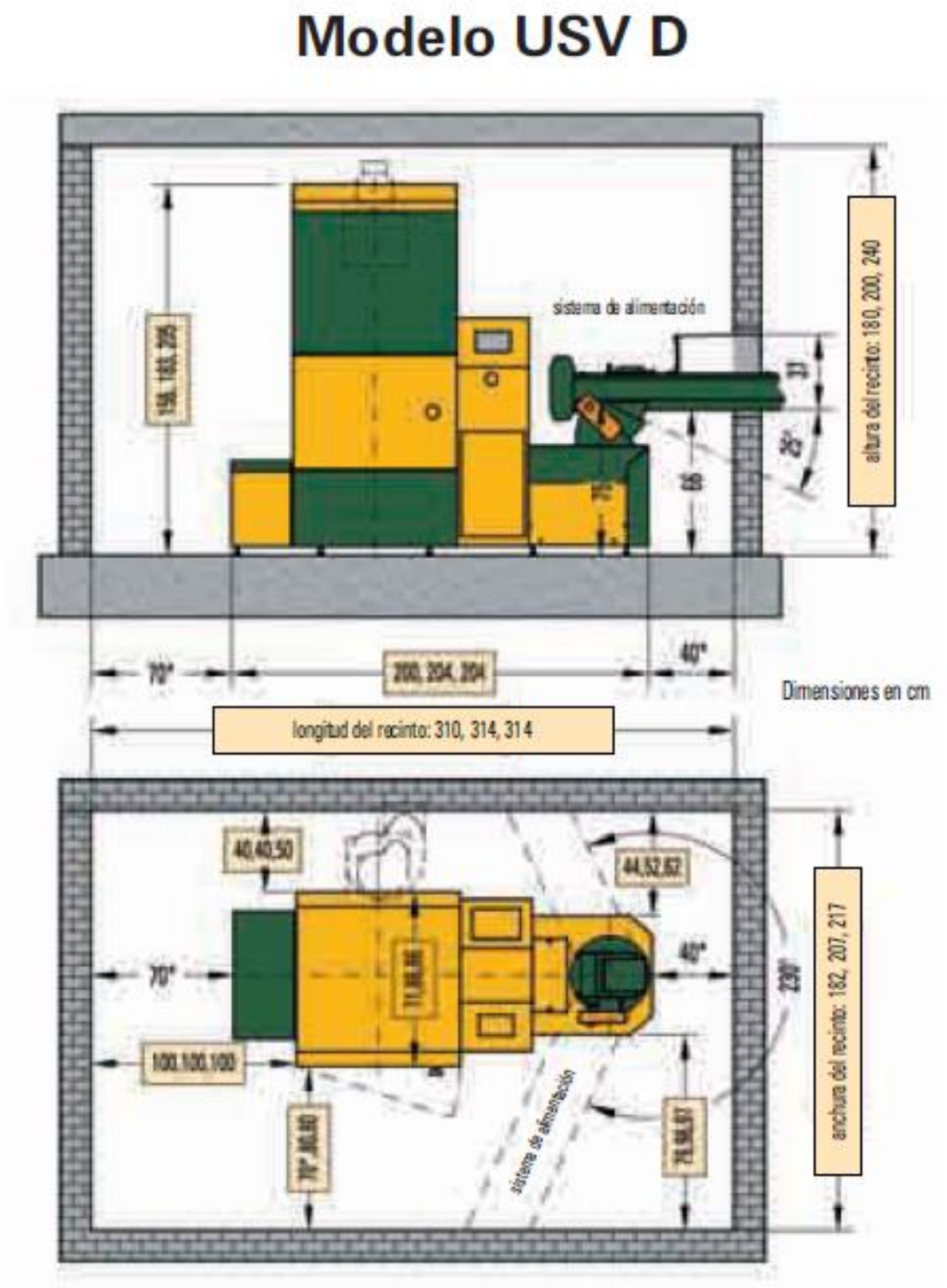
*** Regulación propia de EDS (G 120 y G 150)

Energía del Sur Ltda.
CASA MATRIZ Y SHOWROOM
Gral. San Martin 9340-P Quilicura - Fono: (56-2) 376 5071
www.energiadelsur.com

Wood Pellets	Units	ÖNorm M 7135	DIN 51731	DIN plus	SS 187120 1 grupa
Diameter	mm	4≤d<10 ******	4≤d<10 ******	4≤d<10 ******	4≤d<10 ******
Lenght	mm	5 x D***	<50	5 x D***	4 x D*****
Density	kg/dm'	>1,12	1,0< density< 1,4	>1,12	Bulk density≥ 600 kg/m'
Ash	%	<0,5*; *******	<1,50	<0,5*; *******	<0,07
Moisture	%	<10	<12	<10	<10
Moisture at delivery	%	Not specified	Not specified	Not specified	<10
Caloric value	MJ/kg	>18*	17,5<HW< 19,5**	>18*	≥16,9
Sulphur	%	<0,04*	<0,08	<0,04*	<0,08
Nitrogen	%	<0,3*	<0,3	<0,3*	Not specified
Chlorine	%	<0,02*	<0,03	<0,02*	<0,03
Showered ash	%	<2,3	-	<2,3	<0,8
Additives	%	<2 ********	****	<2 ********	Amount and type shall be specified
Ash melting temperature		Not specified	Not specified	Not specified	Starting temperature shall be specified
Arsenic	mg/kg	Not specified	<0,08	<0,08	Not specified
Lead	mg/kg	Not specified	<10	<10	Not specified
Cadium	mg/kg	Not specified	<0,5	<0,5	Not specified
Chrome	mg/kg	Not specified	<8	<8	Not specified
Copper	mg/kg	Not specified	<5	<5	Not specified
Mercury (quicksilver)	mg/kg	Not specified	<0,05	<0,05	Not specified
Zink	mg/kg	Not specified	<100	<100	Not specified
Halogens	mg/kg	Not specified	<3	<3	Not specified
*	Dry mass				
**	Free from water and dust				

***	No more than 20% of Pellet can have the length to 7,5 x diameter
****	DIN forbids the using of additives. However it is not forbidden for small heating systems.
*****	On the producer's store
******	Tolerance for the difference In diameter ± 10 %
*******	Ash content can reach 0,8%, if it is higher for the specific type of wood.
********	Only natural additives are permissible.

ANEXO E: Dimensiones de caldera KWB USV D



Las dimensiones en los recuadros son para diferentes tamaños constructivos.

Modelo USV D/USV ZI

Medida 1: 15-25 kW

Medida 2: 30- 60 kW

Medida 3: 80-100 kW

Modelo USV V

Medida 1: 15-25 kW.

Medida 2: 30 – 40 kW

Las distancias son medidas mínimas-

* Para asegurar el acceso a la cara posterior de la caldera hay que atenerse a las medidas mínimas indicadas.

El canal del sistema de alimentación tiene que quedar por debajo del ángulo indicado (máx. 230° horizontal, 25° de ascenso, 45° de ascenso con tornillos sinfín ascendentes).

Anchuras de los vanos de las puertas para introducir la caldera; en cm (anchura × altura)		
Tipo de caldera	desmontada	montada
USP V 15/25	70 × 180	110 × 180
USP V 30/40	80 × 200	110 × 200
USP D/ZI 15/25	70 × 180	90 × 180
USV D/ZI 30/40/50/60	80 × 200	95 × 200
USV D/ZI 80/100	85 × 220	95 × 220

ANEXO F: Detalles técnicos caldera KWB – funcionamiento con astillas

TIPO DE CALDERA									
Potencia	**Unidad**	**USV 15**	**USV 25**	**USV 30***	**USV 40***	**USV 50**	**USV 60***	**USV 80**	**USV 100****
Potencia nominal	[kW]	15	25	30	40	50	60	80	99/101
Carga parcial	[kW]	5	7,1	8,6	11,5	14,2	17	22,4	27,6
Rendimiento de la caldera a carga parcial	[%]	91,3	90,2	90,4	90,8	90,9	91,1	91,3	91,1
Rendimiento de la caldera a potencia nominal	[%]	87,7	89,1	90,1	92,2	92,2	92,2	92,2	92,6
Potencia calorífica de consumo a potencia nominal	[kW]	16,4	29	34,8	46,3	56,1	66	85,6	113,9
Potencia calorífica de consumo a carga parcial	[kW]	5,7	8	9,5	12,5	15,5	18,4	24,3	29,9
Circuito hidráulico									
Volumen de agua	[l]	82	63	158	158	128	128	167	167
Diámetro de la tubería de empalme	"	5/4	5/4	2	2	2	2	2	2
Diámetro de la tubería de empalme	[DN]	32	32	50	50	50	50	50	50
Diámetro de la válvula termostática de seguridad	"	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Resistencia del circuito hidráulico a 10 K	[mbar]	1,4	8,1	9,2	11,5	19,4	27,3	43,1	64
Resistencia del circuito hidráulico a 20 K	[mbar]	0,35	2,1	2,4	3	5	6,9	10,8	16
Temperatura de la caldera	[°C]	65-90	65-90	65-90	65-90	65-90	65-90	65-90	65-90
Temperatura mínima de entrada a la caldera	[°C]	55	55	55	55	55	55	55	55
Presión máx. de servicio	[bar]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Presión de prueba	[bar]	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Circuito de humos									
Temperatura de la cámara de combustión	[°C]	900-1100							
Presión de la cámara de combustión	[mbar]	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Tiro necesario o potencia nominal/carga parcial	[mbar]	0,15/0,11	0,15/0,11	0,15/0,1	0,15/0,1	0,15/0,1	0,15/0,1	0,15/0,1	0,18/0,12
Aspiración requerida		Sí	Sí	Sí	Sí		Sí	Sí	Sí
Temperatura de los gases de escape a potencia nominal (para calcular las dimensiones de la chimenea)	[°C]	160	160	160	160	160	160	160	160
Temperatura de los gases de escape a carga parcial (para calcular las dimensiones de la chimenea)	[°C]	90	90	90	90	90	90	90	100
Flujo másico de gases a potencia nominal	[kg/h]	45	75	90	120	150	180	240	268
Flujo másico de gases a carga parcial	[kg/h]	15	24	29	39	50	60	81	93
Volumen de gases de escape a potencia nominal	[Nm^3/h]	35,3	58,8	70,5	94	117,5	141	178	209
Volumen de gases de escape a carga parcial	[Nm^3/h]	11,8	18,8	22,7	30,6	38,8	47	63,5	72,6
Diámetro del tubo de salida de humos	[mm]	180	180	200	200	200	200	200	200
Díametro de la chimenea (valores orientativos)	[mm]	180	180	200	200	200	200	220	250
Altura mínima de empalme de la chimenea)	[mm]	1600	1600	1900	1900	1900	1900	2300	2300
Tipo de chimenea		inalterable a la humedad							
Combustible		**astillas de madera según norma ÖNORM M 7133**							
Contenido máx. de agua	[kg/kg s.f.]	0,33							
Humedad máxima	[kg/kg s.s.]	0,5							
Tamaño máximo del combustible según la ONORM		G30							
Ceniza									
Volumen del contenedor de ceniza	[l]	65	65	65	65	65	65	65	65
Sistema de extracción de la ceniza		sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Instalación eléctrica									
Conexión		400 V 5 polos máx.13 A							
Potencia de conexión	[W]	1621-2379	1621-2379	1732-2490	1732-2490	2290-2490	2290-2490	2502-2702	2502-2702

FJ-BLT Francisco Josephinum Wieselburg - Biomass ● Logistic ● Technology

mg/Nm^3 miligramos por metro cubico normal ($1m^3$ normal a 0°C bajo una presión de 1300 mbar)

n.m. no medido

c.f. Sustancia fresca

s.s. Sustancia seca

* Verificación del diseño técnico

** Variantes de clasificación

*** Valores de las medidas intermedias obtenidos por interpolación

TIPO DE CALDERA									
Pesos	**Unidad**	**USV 15**	**USV 25**	**USV 30***	**USV 40***	**USV 50**	**USV 60***	**USV 80**	**USV 100****
Camisa de agua	[kg]	99	115	197	197	227	227	286	286
Cuerpo de la caldera	[kg]	125	142	238	238	268	268	327	327
Peso de la caldera USV V	[kg]	684	699	785	785	-	-	-	-
Peso de la caldera USV D	[kg]	528	556	705	705	768	768	990	997
Peso de la caldera USV ZI	[kg]	573	601	750	750	813	813	1035	1042
Emisiones según el informe de ensayos		**FJ-BLT**	**FJ-BLT**	**FJ-BLT**	**FJ-BLT**	**FJ-BLT**	**FJ-BLT**	**FJ-BLT**	**FJ-BLT**
Número del informe de ensayo		BLT -034/99	BLT -026/05	***	BLT -001/05	***	***	BLT -003/05	BLT - 019,017/03
Contenido de O_2 a potencia nominal	% vol	7,5	7,3	7,2	7,1	7,2	7,3	7,4	6,2
Contenido de O_2 a carga parcial	% vol	12,6	12	12,3	13	12,4	11,8	10,5	10
Contenido de CO_2 a potencia nominal	% vol	13,1	13,1	13,2	13,4	13,3	13,2	13,0	14,3
Contenido de CO_2 a carga parcial	% vol	8,0	10	9,2	7,7	8,3	8,9	10	10,5
Referencia del 10% O_2 seco (EN 303-5)									
CO a potencia nominal	[mg/Nm^3]	100	25	93,7	231	214,5	198	165	19
CO a carga parcial	[mg/Nm^3]	913	311	317,7	331	271,5	212	93	92
NOx a potencia nominal	[mg/Nm^3]	187	173	180,7	196	199,8	203,5	211	203
NOx a carga parcial	[mg/Nm^3]	n.m.	n.m.	n.m.	228	218	208	188	n.m.
OGC a potencia nominal	[mg/Nm^3]	2	2	3,3	6	6	6	6	< 1
OGC a carga parcial	[mg/Nm^3]	10	9	9	9	78,3	5,5	2	1
Partículas de polvo a potencia nominal	[mg/Nm^3]	40	24	24	24	25,3	26,5	29	31
Partículas de polvo a carga parcial	[mg/Nm^3]	n.m.	23	18,7	10	12	14	18	n.m.
Referencia del 13% O_2 seco (Wieselburg)									
CO a potencia nominal	[mg/Nm^3]	73	18	68	168	156	144	120	14
CO a carga parcial	[mg/Nm^3]	664	226	231	241	197,8	156,4	68	67
NOx a potencia nominal	[mg/Nm^3]	136	126	131,3	142	145	148	154	148
NOx a carga parcial	[mg/Nm^3]	n.m.	n.m.	n.m.	166	158,8	151,5	137	n.m.
OGC a potencia nominal	[mg/Nm^3]	1	1	2	4	4	4	4	< 1
OGC a carga parcial	[mg/Nm^3]	7	7	7	7	5,8	4,5	2	< 1
Partículas de polvo a potencia nominal	[mg/Nm^3]	2,9	17	17,3	18	18,8	19,5	21	23
Partículas de polvo a carga parcial	[mg/Nm^3]	n.m.	17	13,7	7	8,5	10	13	n.m.
Según art. 15a de la ley austríaca BVG									
CO a potencia nominal	[mg/Nm^3]	49	12	47,3	118	119,8	111,5	85	9
CO a carga parcial	[mg/Nm^3]	439	153	159,3	172	141	110	48	45
NOx a potencia nominal	[mg/Nm^3]	102	85	90	100	102	104	108	100
NOx a carga parcial	[mg/Nm^3]	n.m.	n.m.	n.m.	118	112,8	107,5	97	n.m.
OGC a potencia nominal	[mg/Nm^3]	1	1	1,7	3	3	3	3	< 1
OGC a carga parcial	[mg/Nm^3]	5	5	5	5	4	3	1	< 1
Partículas de polvo a potencia nominal	[mg/Nm^3]	19	12	12	12	12,8	13,5	15	15
Partículas de polvo a carga parcial	[mg/Nm^3]	n.m.	11	9	5	6	7	9	n.m.

FJ-BLT Francisco Josephinum Wieselburg - Biomass ● Logistic ● Technology

mg/Nm^3 miligramos por metro cubico normal (1m^3 normal a 0°C bajo una presión de 1300 mbar)

n.m. no medido

c.f. Sustancia fresca

s.s. Sustancia seca

* Verificación del diseño técnico

** Variantes de clasificación

*** Valores de las medidas intermedias obtenidos por interpolación

ANEXO G: Estructura calderas KWB multifire.

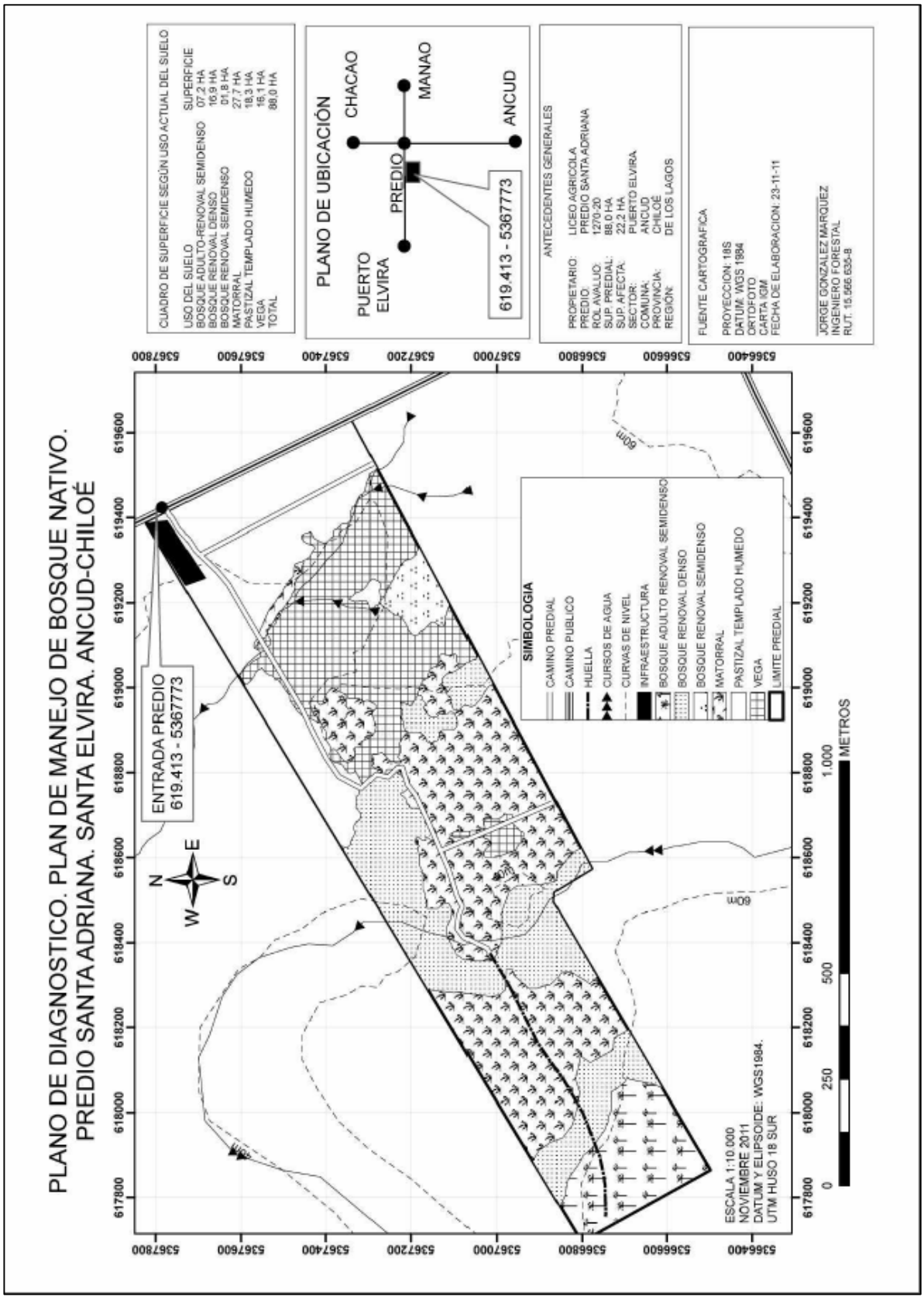
1. **Intercambiador de calor:** termocambiador de haz de tubos verticales con limpieza compacta vertical, con turbuladores especiales.
2. **Sistema de combustión:** Dispositivo de gasificación con alimentación inferior, quemador en forma de anillo dotado de inyectores de aire, cúpula de distribución de gases de alta temperatura, zona de combustión completa en régimen turbulento.
3. **Compuerta antiincendio:** Hermética al gas, a prueba de retroceso del fuego, verificada.
4. **Sistema de extracción de ceniza:** extracción de ceniza, compactación de ceniza y control de llenado.
5. **Sistema de alimentación:** técnica de transporte innovadora para satisfacer altas exigencias individuales.
6. **KWB Comfort 3:** innovador, fácil de manejar, automático y único en su género.
7. **Tornillo sinfín de alimentación:** espiras de acero fino inoxidable con recubrimiento de metal duro.



ANEXO H: sistema de alimentación KWB



ANEXO I: Predio Santa Adriana, Puerto Elvira



ANEXO J: Características máquina chipeadora DIVERMAQ CH -6D

Marca	DIVERMAQ
Modelo	CH-6D
Motor	22 [HP] Diésel YANMAR 115
Capacidad	6" (15,24 [cm])
Sistema de alimentación	Acoplamiento universal
Tamaño del plato	60 [cm]
Peso del plato	85 [kg]
N° de cuchillo	1 fijo; 2 móviles
Dimensiones	2,01[m] X 1,655 [m] X 1,950[m]
RPM nominal	2200
Peso	650 [kg]
Eficiencia	7-8 [m3/h]
Campana de descarga	Gira en 360°
Costo	[$] 7.036.207

ANEXO K: Cotizaciones máquina chipeadora LASKI LS 150

ANDERSEN
>SOLUCIONES INNOVADORAS>



CHIPEADORA PROFESIONAL LASKI MODELO LS150DW (6")

Chipeadora fabricada en la Republica Checa para la Comunidad Europea, orientada para uso profesional en pequeños Municipios o contratistas de áreas verdes, para procesar troncos y ramas de diámetros hasta 6" (15 cm). Equipada con sistema autofeed alimentación automática) que regula las revoluciones del motor respecto a la entrada de material. Rodillos de alimentación hidráulico dobles en contra sentido a la entrada de alimentación para forzar el material hacia el sistema de corte patentado exclusivo de Laski, logrando con este nuevo sistema, mejores rendimientos que las chipeadoras tradicionales de disco común. Este nuevo sistema desarrollado permite menores costos de mantenimiento, economía de combustible, y tamaño del chip obtenido (9 mm) mucho más pequeño que las otras chipeadoras de mercado. Rendimiento 10-15 m3/hora
Equipada con motor Diesel Lombardini de 40,8 HP, y montada sobre sólido chasis de DOBLE EJE para tránsito por carreteras y mayor estabilidad en el trabajo mismo.
Otra característica exclusiva de esta chipeadora es que tiene 5 posiciones de trabajo girable en 120° lo que facilita enormemente al evitar tener que mover toda la máquina según la faena que se está efectuando.
VER VIDEO: http://www.youtube.com/watch?v=AMsE6sQAM8E

VALOR: $ 18.300.000 + IVA

Entrega aproximada a 90 días de la orden
Forma de pago: 50% de anticipo con la orden saldo a convenir
Trabajando en Chile:
Municipalidad de Zapallar; Municipalidad de San Pedro de La Paz Concepción; Municipalidad de Linares; Municipalidad de Cunco (9°región); Municipalidad de San Felipe, varios particulares

COMERCIALIZA PROTURF LTDA.

TOMÁS MORO 1132 – FONO (56-2) 2229 50 33 – SANTIAGO – CHILE
E-mail : info@andersen.cl Web-site www.andersen.cl

ANDERSEN
>SOLUCIONES INNOVADORAS>



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LARGO X ANCHO X ALTO	3995 mm X 1800 mm X 2720 mm
PESO	1260 kg
Neumáticos en doble eje	4 x 155 R 13 C
Rendimiento	10 - 15 - m°/ hour (depende material de entrada)
Consumo de combustible promedio	4,9 Lts/ hour
Diámetro máximo permitido material de entrada	150 mm

CABEZAL DE CORTE (PATENTADO)

Diámetro	560mm (tipo fresa)
Número de cuchillas	2
Velocidad de corte	42 m/s
Largo del chip obtenido	9 mm
Transmisión al cabezal de corte	3 correas B 17x 1250 Li

SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Garganta de alimentación (Base x Altura)	290 x 220 mm
Rodillos alimentadores de entrada	2 rodillos de diámetro 190 mm
Velocidad de alimentación de entrada automática	Entre 12m/min - 40m/min (dependiendo material)
Sistema de tracción de rodillos	Con motores Hidráulicos

TOLVA GIRABLE TIPO TORNAMESA (120° 5 posiciones)

Tolva de entrada de material (Base x Altura) :	920 x 800 mm

MOTOR / ENGINE

Tipo:	LOMBARDINI LDW 1603 refrigerado por agua
Potencia output:	40,8HP (30 kW)
Capacidad de aceite	3,8 l (15W – 40)
Lubricación	A presión con filtro de aceite
Combustible / capacidad	Diesel / 15 litros
Máxima inclinación permitida	25° en todas las direcciones

TOMÁS MORO 1132 – FONO (56-2) 2229 50 33 – SANTIAGO – CHILE
E-mail : info@andersen.cl Web-site www.andersen.cl

ANDERSEN
>SOLUCIONES INNOVADORAS>

Sistema de arranque	Eléctrico / batería 12 V / 100 A*

OTRAS ALTERNATIVAS PARA ESTE MODELO

LASKI AUTOPROPULSADA CON ORUGAS

(VALOR: $ 22.500.000 +IVA)



VER VIDEOS

http://www.youtube.com/watch?v=_TkijnDbTCg

http://www.youtube.com/watch?v=UkXqCKu1us8

TOMÁS MORO 1132 – FONO (56-2) 2229 50 33 – SANTIAGO – CHILE
E-mail : info@andersen.cl Web-site www.andersen.cl

ANEXO L: Chipeadora BEARCART modelo 72620

Maquinarias Austral S.A.

Ficha Técnica: CHIPEADOR

Modelo : 72620 (20 HP)



CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Potente chipeador para todo tipo de trabajo.
- Especialmente ocupado en municipalidades y predios agrícolas.
- Fácil de operar.
- Rápido y fácil acople al tercer punto de un tractor

DATOS TÉCNICOS

MODELO	72620
MOTOR	Honda - Bencina
POTENCIA	20 HP
CAPACIDAD DE CHIPEADO	6"
ENTRADA RAMAS	Por Tolva
Nº CUCHILLOS FIJO	4
REFRIGERACIÓN	Aire
TIPO PARTIDA	Eléctrica
TIPO ALIMENTACIÓN	Hidráulico
PESO	846 kg
DESCARGA	Superior
TIPO DE ARRASTRE	Enganche - vehículo

ANEXO M: Datos climáticos estación Senda Darwin, comuna de Ancud

Senda Darwin: Humedad Relativa [%], 1.5m

Promedios mensuales historicos

Medida	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Max.Mensual Promedio	98.7	98.9	98.9	99.6	100	100	99.9	99.9	100	99.6	99.3	98.7
Prom.Mensual Promedio	79	82.2	86.2	88.3	91.5	91.4	90.7	87.6	87.2	82.4	81.1	80.6
Min.Mensual Promedio	25.7	29.2	45.8	37.4	43.2	53.7	48.8	31.1	36.8	38.1	30.7	37.2

Senda Darwin: PrecipitaciÃ³n [mm], 1.5m

Promedios mensuales historicos

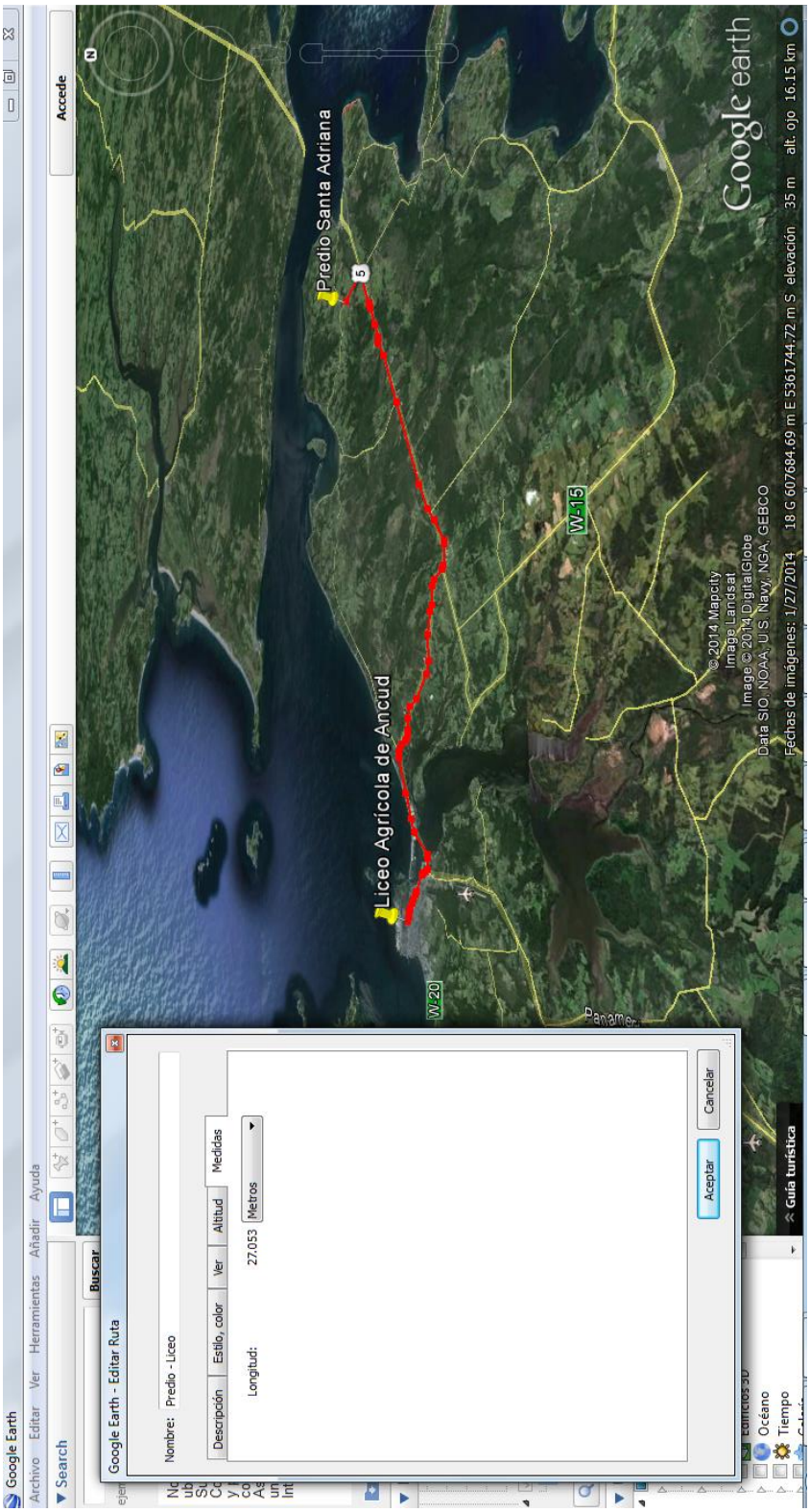
Medida	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Max.Mensual Promedio	79.4	100.3	99	109.1	223.8	286.9	215.9	261	139.3	81.2	103.8	118.9
Prom.Mensual Promedio	79.4	100.3	99	109.1	223.8	286.9	215.9	261	139.3	81.2	103.8	118.9
Min.Mensual Promedio	79.4	100.3	99	109.1	223.8	286.9	215.9	261	139.3	81.2	103.8	118.9

Senda Darwin: Temperatura del Aire [Â°C], 1.5m

Promedios mensuales historicos

Medida	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Max.Mensual Promedio	28.9	28.1	22.8	21.6	18.2	14	13.5	15	17.9	20.4	22.8	24.4
Prom.Mensual Promedio	14.6	13.6	12.7	10.1	8.2	7.2	5.8	6.7	8.1	9.2	10.9	12.9
Min.Mensual Promedio	1.2	0.8	3.3	-1.3	-2.7	-3.3	-3.6	-3.7	-2.7	-2.2	-1.2	-0.1

ANEXO N: Distancia Liceo Agrícola – Predio Santa Adriana medido con plataforma google earth.



ANEXO O: Ejemplo contenido de bitácora para registro de operación de caldera.

CARATULA

RAZON SOCIAL:

REPRESENTANTE LEGAL:

RESPONSABEL OPERATIVO:

LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO:

FECHA DE EMISIÓN DE LA LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO:

BITACORA PARA EL REGISTRO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CALDERA No.____ DE POTENCIA_____[kW] MARCA_____ PROPIEDAD DE _____

CALDERA N°_____
MARCA_____
N° DE SERIE_____
POTENCIA_____
COMBUSTIBLE UTILZIADO:_____
UBICACIÓN: _____
PRESIÓN DE OPERACIÓN:_____
PRESIÓN DE PRUEBA:_____
PRESIÓN DE CALIBRACIÓN (VÁLVULA DE SEGURIDAD):_____
MAPA UBICACIÓN DEL LA EMPRESA (liceo en este caso)
UBICACIÓN FISICA DE LA CALDERA N°._____

INSTRUCCIONES DE LLENADO

Objetivo: CONTAR CON LOS DATOS NECESARIOS PARA EL CONTROL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE COMBUSTION DENOMINADO **CALDERA N°**_____ DE POTENCIA_____, MARCA_____, DE LA EMPRESA: _____ Y CON ESTO ASEGURAR EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.

NOMBRE DEL CAMPO	**SIGNIFICADO**
FECHA	ES EL DÍA EN QUE SE LLEVA A CABO LA OPERACIÓN DEL EQUIPO.
TURNO	ES EL HORARIO DE TRABAJO.
PRESION DE VAPOR	ES LA PRESION REAL QUE SE LEE EN EL MANOMETRO Y A LA QUE TRABAJA LA CALDERA
TEMPERATURA DE GASES	ES LA TEMPERATURA REGISTRADA EN EL TERMOMETRO, SITUADO EN LA BASE DE LA CHIMENEA.
TEMPERATURA DEL AGUA	ES LA TEMPERATURA DE ENTRADA AL RECIPIENTE, DONDE SE ENCUENTRAN LOS DOS TUBOS.
TEMPERATURA DE COMBUSTION	ES LA TEMPERATURA DEL RECIMPIENTE.
PRESIÓN DE COMBUSTIÓN	ES LA PRESION EN LA QUE SE REGISTRA LA TEMPERATURA DE COMBUSTION
DISPARO DE VALVULA DE SEGURIDAD	ES LA ACCION QUE REALIZA LA VALVULA PARA LIBERAR LA PRESION DEL RECIPIENTE CUANDO ESTE HA REBASADO LA PRESION DE TRABAJO
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	ES LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE QUE SE OCUPÓ EN UN PERIODO
COLOR DEL HUMO	ES AQUEL QUE SE OBSERVA A LA SALIDA DE LA CHIMENEA
PARO	ES LA HORA DE TERMINO DE OPERACIÓN DE LA CALDERA
ARRANQUE	ES LA HORA DE INICIO DE OPERACIÓN DE LA CALDERA

PARO FALLA FLAMA	ES LA HORA QUE POR CIRCUNSTANCIAS AJENAS DE OPERACIÓN, SE PARÓ.
NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABEL	ES LA PERSONSA QUE SE ENCARGA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CALDERA

NOMENCLATURA

FECHA	DÍA, MES, AÑO, NUMERO DE 2 DIGITOS
TURNO	MATUTINO, VESPERTINO, NOCTURNO
HORA	INTERVALOS DE 12 AM Y PM
Pv	PRESION DE VAPOR EN [kg/m^2]
Tg	TEMPERATURA DE LOS GASES DE COMBUSTION EN [°C]
Ta	TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACION EN [°C]
TC	TEMPERATURA DE COMBUSTION EN [°C]
PC	PRESION DE COMBUSTION [kg/cm^2]
PURGA DE FONDO	%
PURGA DE NIVEL	[kg/cm^2]
DISPARO DE VALVULA DE SEGURIDAD	[kg/cm^2]
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	[m^3]
COLOR DEL HUMO	BLANCO, GRIS, CAFÉ, TRANSPARENTE (SIN COLOR)
PARO	EN HORAS Y MINUTOS
ARRANQUE	EN HORAS Y MINUTOS
PARO FALLA FLAMA	EN HORAS Y MINUTOS

EJEMPLO DE LLENADO

FECHA	TURNO	HORA	Pv [kg/cm^2]	Tg [°C]	Ta [°C]	Tc [°C]	Pc [kg/cm^2]	COLOR DEL HUMO	DISPARO VALVULA DE SEGURIDA	CONSUMO COMB. [m^3]	CONTROLES			PARO FALLA FLAMA	RESPONSABLE DE BITACORA
											PRESIÓN [kg/cm^2]	BOMBA DE AGUA			
												PARO	ARRANQUE		
17/02/02	Matutino	7:30	4	200	23	280	8	s/color	---	1	3	13:00	7:00	----	---