



ESTRATEGIA ENERGÉTICA LOCAL FUTALEUFÚ





Estrategia Energética Local Futaleufú

Equipo Consultor: Futaleufú Riverkeeper ONG

Rocío González Saldivia

Enzo Costa

Rafael Martínez

Benjamín Cabrera

Benjamín Cortés-Monroy

Contraparte Municipal:

Eduardo Enrique Peña Münzenmayer

Documento elaborado por tesis de la Universidad Adolfo Ibáñez, estudiantes de la carrera Ingeniería Civil en Energía y Medio Ambiente, con el patrocinio de la ONG Futaleufú Riverkeeper, para la Ilustre Municipalidad de Futaleufú en el marco del programa “Comuna Energética”, impulsado por la Agencia de Sostenibilidad Energética en conjunto con el Ministerio de Energía.

El objetivo general del programa Comuna Energética es evaluar, calificar y acreditar la gestión energética de una comuna, entendiéndose como la capacidad que posee un municipio para planificar, desarrollar e implementar iniciativas a corto, mediano y largo plazo, que promuevan la descentralización energética y la incorporación de las energías renovables en su matriz, en colaboración y participación con los distintos actores del sector público, privado y la sociedad civil.

Las opiniones vertidas en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor y no representan necesariamente el pensamiento de la Agencia de Sostenibilidad Energética.

Índice



1. Antecedentes	6
.....	6
1.1 Ubicación Territorial y límite de influencia	7
1.2 Población y Sociedad.....	7
1.3 Educación y salud	9
1.4 Economía	9
1.5 Vegetación.....	11
1.6 Clima.....	11
1.7 Contaminación Atmosférica	12
1.8 Marco legal.....	14
1.8.1 Planificación Territorial	15
1.8.2 Normas de calidad primaria y secundarias.....	17
1.8.3 Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica	17
1.8.4 Generación Residencial y PMGD	17
2	19
Diagnóstico	19
de la Gestión Energética	19
2.1 Planificación energética	20
2.2 Eficiencia energética en la infraestructura	20
2.3 Energías renovables y generación local	21
2.4 Organización y finanzas.....	21
2.5 Sensibilización y cooperación.....	22
2.6 Movilidad sostenible	22
3	23
Diagnóstico Energético	23
3.1 Potencia y Generación Eléctrica.....	24
3.2 Costos de electricidad	27
3.3 Oferta de energía	28

3.3.1 Centrales energéticas existentes en la comuna y en la región	28
3.3.2 Proyectos de eficiencia energética.....	29
3.3.2.1 Ahorro energético asociado a recambio de luminarias	29
3.4 Consumo de energía	30
3.4.1 Electricidad.....	30
3.4.2 Leña	34
3.4.3 Gas Licuado de petróleo.....	36
3.4.4 Diesel	40
3.4.5 Consumo de todos los energéticos	40
3.5 Proyección de la Demanda.....	41
3.5.1 Electricidad.....	41
3.5.2 Leña	42
3.5.3 Gas licuado de petróleo	43
3.5.4 Resumen de la proyección	44
3.6 Sistema de transmisión actual	44
3.6.1 Análisis del sistema de transmisión actual.....	45
3.6.2 Proyectos nuevos de transmisión	46
3.6.3 Líneas de Distribución	46
3.7 Resumen diagnóstico energético	48
3.7.1 Consumo de Energía.....	48
3.7.2 Oferta de energía	48
3.7.3 <i>Huella de carbono del sector energético</i>	48
3.8. Potencial disponible en ERNC	49
3.8.1 Biomasa	49
3.8.2 Solar.....	53
3.8.3 Eólico	56
3.8.4 Hidroeléctrico.....	58
3.8.5 Geotermia	60
3.9 Resumen Potencial Disponible ERNC.....	60
3.9.1 Electricidad.....	60
3.9.2 Energía térmica	61
3.10 Potencial Eficiencia Energética.....	62
3.10.1 Sector Residencial	63

3.10.1.1 Potencial de Eficiencia Energía Térmica.....	63
3.10.1.2 Potencial de Eficiencia Energía Eléctrica.....	66
3.10.2 Sector privado (industrial, comercial y turismo).....	67
3.10.3 Sector público.....	67
3.10.4 Movilidad Sustentable.....	68
4	69
Visión, Objetivos y Metas	69
4.1 Visión.....	70
4.2 Objetivos y metas.....	71
5	73
Plan de Acción	73
5.1 Plan de Acción	74
5.2 Priorización de proyectos.....	75
5.3 Fichas de Proyectos.....	78
Anexos	119
Anexo 1: Planificación territorial.....	120
Anexo 2: Consumo energético	125
Anexo 3: Proyecciones	128
Anexo 4: Potencial Disponible en ERNC.....	129
Anexo 5. Potencial Eficiencia Energética	135
Anexo 6. Resultados encuesta ciudadana.....	138
Anexo 7: Detalles fichas de proyectos del plan de acción.	139

1

Antecedentes



Distribución de la población

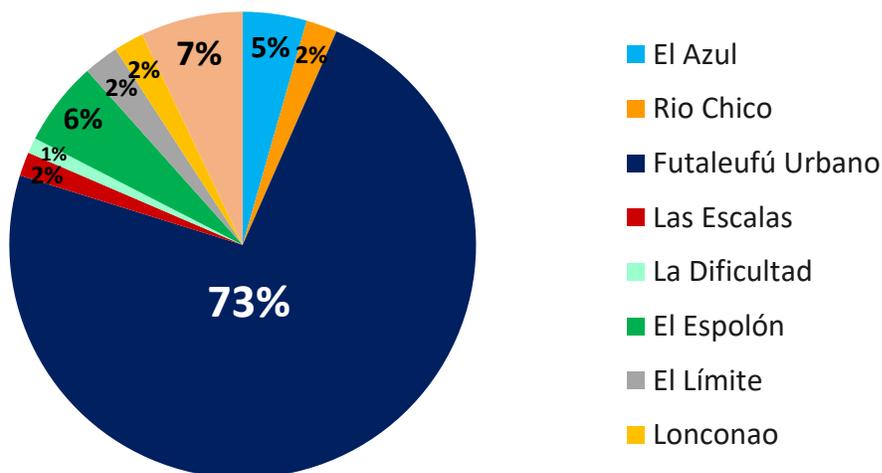


Figura 2: Distribución de la población según sectores. Elaboración propia a partir del Censo 2017 INE.

La comuna de Futaleufú presenta una distribución por sexo relativamente equitativa, siendo 4 puntos porcentuales mayor la población masculina por sobre la femenina, la cual se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Distribución por sexo

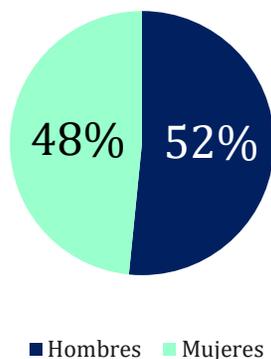


Figura 3: Distribución de la población según género. Fuente: Elaboración propia a partir del Censo 2017 INE.

En cuanto al análisis etario de la población, se comenta que según la división etaria realizada por el INE para el Censo 2017, el grupo etario con mayor número de habitantes es en el rango entre 15 y 64 años, luego lo sigue el grupo de mayores de 65 años, luego el grupo entre 6 y 14 años, para finalmente llegar al grupo etario entre 0 y 5 años. Los porcentajes se presentan en el gráfico a continuación.

Distribución etaria

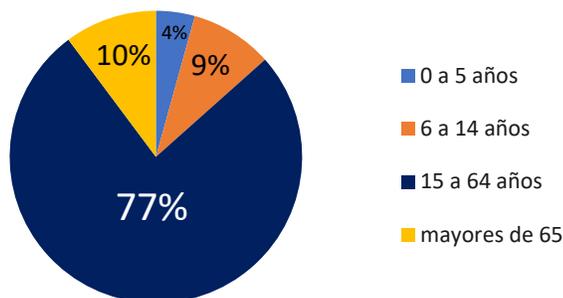


Figura 4: Distribución de la población por rango etario. Elaboración propia a partir del Censo 2017 INE.

1.3 Educación y salud

La comuna de Futaleufú cuenta principalmente con educación y salud pública. Con respecto a la educación existen 6 establecimientos públicos, entre el radio urbano y sectores rurales. El Liceo Bicentenario Futaleufú se encuentra en el área urbana y cuenta con educación desde los Niveles de Transición a Enseñanza Media, realizando también enseñanza para adultos. Existen 5 escuelas en los sectores rurales, El Espolón, El Azul, El Límite, Lonconao y Las Escalas, las cuales no cuentan con Niveles de Transición, contando sólo con enseñanza básica hasta 6° grado, luego de lo cual los estudiantes tienen que asistir al Liceo Bicentenario. Futaleufú no cuenta con educación superior, por lo cual para proseguir estudios se debe trasladar a otra ciudad.

Además, la comuna cuenta con un Jardín Infantil y sala Cuna, Los Huemules de Fundación Integra. Con respecto a educación privada, existe un proyecto educativo Waldorf en el Sector las Escalas.

En relación a la salud, Futaleufú tiene un hospital de baja complejidad en el área urbana y dos postas rurales en los sectores El Azul y El Espolón. Para los procedimientos que no se pueden abordar en la comuna, existe un convenio con el hospital de Esquel en la República Argentina y un servicio de evacuación aeroméfica a la ciudad de Puerto Montt.

1.4 Economía

Según el Servicio de Impuesto Internos, la economía de Futaleufú se basa en ganadería, agricultura, comercio al por mayor y menor de repuestos y enseres domésticos, hotelería y turismo. Se espera que este último sea el principal eje de desarrollo de la comuna a futuro, debido a su gran potencial de atractivos turísticos en los cuales se destacan los deportes de río como kayak, rafting y pesca deportiva, lo que ha llevado a la localidad a ser reconocida mundialmente dentro de estos ámbitos. El sector privado se destaca por el comercio al por mayor y menor, reparación de automóviles/motocicletas, mientras que la industria juega un rol sin relevancia fundamental.

Por otro lado, se puede ver que la comuna de Futaleufú para el año 2018 presenta un Índice de Complejidad Económica (ICE)¹ menor a 2, lo que se traduce en que no cuenta con las capacidades de manejar actividades económicas complejas.

Para poder entender como es la dinámica del sistema productivo, la primera mirada se dirige a una visión general de cómo se distribuye la actividad productiva local en cuanto a los sectores de actividad ya sea primario, secundario o terciario. Según la definición del Servicio de Impuesto de Internos de Chile se clasifican en empresas del sector primario, secundario o terciario según la siguiente definición:

- **Sector Primario:** es el sector también denominado extractivo, ya que obtiene los elementos directamente de la naturaleza lo que denominamos “materia prima”, por ejemplo, agricultura, caza, pesca, agua, minería, petróleo, energía eólica, etc.
- **Sector Secundario:** es el sector que procesa y transforma la materia prima extraída de las empresas del sector primario y las convierten en un producto. Por ejemplo, construcción, óptica, textil, maderera, etc.
- **Sector Terciario:** es el sector en donde el principal elemento es la capacidad física o intelectual de las personas. Son principalmente las empresas que comercializan los productos realizados por las empresas del sector secundario, y también por las empresas que comercializan servicios, por ejemplo, bancos, hoteles, educación, restaurantes, supermercados, etc.

Según la información obtenida en el centro de estadísticas del Servicio de impuesto internos la comuna de Futaleufú presenta al año 2019 un total de 442 empresas. De este total de empresas y del análisis de su rubro principal observamos la siguiente distribución porcentual respecto a su participan en el sector primario, secundario o terciario.



Figura 5: Distribución empresas según sector productivo. Elaboración propia a partir del SII.

Observamos según esta distribución que el 79% de las empresas que operan en la comuna pertenecen al sector terciario, dentro de este sector destacan las empresas vinculadas a las

¹Índice de Complejidad Económica (ICE): Es un índice que mide que tan diversificada y compleja es la canasta de exportaciones de una ciudad. Harvard University Growth Lab, “Atlas of Economic Complexity”.

actividades de comercio, pequeños almacenes, supermercados, tiendas de venta de ropa y aquellas vinculadas a los servicios turísticos.

Luego, un 12 % de las empresas pertenecen al sector primario, principalmente marcado por la actividad agrícola y la actividad ganadera.

Con una menor participación aparecen las actividades del sector secundario, principalmente con empresas vinculadas al rubro de la panadería, pastelería, y actividades vinculadas a la madera como por ejemplo aserraderos.

1.5 Vegetación

Es importante determinar la vegetación existente en la comuna de Futaleufú, ya que se usa la madera como recurso energético. Para ello, se toma como referencia “La vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica” de Rodolfo Gajardo (1994). Las especies de Futaleufú se asocian a las unidades vegetacionales identificadas para la provincia de Palena, las cuales han sido expuestas en el Plan de Manejo de la R.N. Futaleufú y se caracterizan por el “Bosque Caducifolio de Aysén”, el “Bosque Patagónico con Coníferas”, y en menor medida el “Bosque Siempreverde Montano”. A continuación, se pueden ver las clasificaciones de estos en su piso vegetal correspondiente:

Tabla 1: Pisos Vegetacionales Comuna de Futaleufú. Fuente: Elaboración propia a partir de CONAF, Gajardo (1994).

Piso Vegetacional	Especies Predominantes	Estrato Arbustivo	Ubicación	Altura (m.s.n.m)
Piso Vegetacional N° 63 – “Bosque caducifolio templado andino de Nothofagus pumilio y Berberis ilicifolia”	Coigüe de Magallanes – Lenga	Berberis - Ñipa - Michay - Codocoipu - Maitencito	Laderas oriente de la cordillera de Los Andes en la región de Aysen	200 - 1100
Piso Vegetacional N° 78 – “Bosque resinoso templado andino de Austrocedrus chilensis y Nothofagus dombeyi”	Ciprés de la Cordillera - Radal – Coigüe	Maqui - Molle - Maitencito – Michay	Cuencas de río Futaleufú y Palena	500 - 1100
Piso Vegetacional N° 88 “Bosque siempreverde templado andino de Nothofagus betuloides y Chusquea macrostachya”	Coigüe de Magallanes	Colihue - Aromo – Canelo	Valles, media y baja montaña	200 - 800

1.6 Clima

De información obtenida en el Plan de Manejo de la Reserva Nacional Futaleufú, se destaca que la comuna se encuentra en la categoría climática Lluvioso Templado Húmedo de Régimen Anual, con temperaturas promedio anuales de 10°C y precipitaciones superiores a los 2000 mm/año.

Además, según un estudio del INIA (1989), la zona de Futaleufú estaría designada al agroclima de Palena con un clima marino húmedo patagónico, clima que se encuentra entre los paralelos 37°S y 49°S. Durante la elaboración de la propuesta de creación de la R.N, la zona de Futaleufú se localizó en el inicio de la zona de Clima Trasandino con Degeneración Esteparia, que abarca del meridiano 72° hacia el Este.

Por otro lado, con datos obtenidos de la estación de medición existente en el Aeródromo Futaleufú, se puede sintetizar los datos climatológicos a los siguientes:

Tabla 2: Datos climatológicos de la Estación Aeródromo Futaleufú. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2019.

Mes	Temperaturas (°C)										Humedad relativa (%)		
	Media						Extremas				12 hrs	18 hrs	00 hrs
	12 hrs	18 hrs	00 hrs	Máx	Min	Mensual	Máx	Fecha	Min	Fecha			
ENE	10,9	18,6	15,2	19,9	7,4	13,4	30,4	19	0,8	10	65	36	46
FEB	11,5	22,7	18,4	24,1	8,6	15,6	34,2	3	-0,5	11	67	28	40
MAR	7,7	18,0	13,1	19,8	6,1	11,7	28,3	11	-0,3	20	86	43	67
ABR	6,8	13,7	9,9	15,7	5,7	9,5	21,8	8	-1,8	24	85	58	74
MAY	3,1	8,4	5,4	10,0	1,9	5,1	17,6	11	-2,7	29	92	71	85
JUN	2,9	6,1	4,1	7,3	1,8	4,0	12,6	2	-4,9	29	91	79	86
JUL	2,2	6,0	3,8	7,3	1,0	3,6	12,1	29	-4,7	28	93	77	88
AGO	2,4	7,7	5,0	9,1	1,4	4,5	12,7	4	-3,2	14	86	64	77
SEP	3,2	11,0	7,0	11,9	2,0	6,0	21,9	26	-4,8	3	83	48	67
OCT	5,8	12,7	9,0	14,2	3,5	8,1	25,5	19	-4,0	3	76	46	62
NOV	9,5	15,1	11,9	16,6	6,1	11,0	26,4	22	-0,1	1	69	48	57
DIC	11,3	18,0	14,9	19,2	7,6	13,2	27,1	29	2,7	1	68	43	53
ANUAL	6,4	13,2	9,8	14,6	4,4	8,8	34,2	Feb	-4,9	Jun	80	54	67

1.7 Contaminación Atmosférica

Al igual que otras localidades del sur de Chile, el principal medio de calefacción es la combustión a leña, lo cual afecta directamente en la calidad del aire que se respira. La contaminación atmosférica local, principalmente constituida por material particulado respirable MP10, afecta de manera negativa en la salud de las personas. Es por esta razón que en el año 1998 se dicta la Norma de calidad primaria del aire para MP10 (D.S. N°59/1998), modificada el año 2001 por el D.S. N°45, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, la cual dicta norma para material particulado respirable MP10 y los valores que definen las situaciones de emergencia. La norma se fija en ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal ($150 \frac{\mu g}{m^3}$) como concentración de 24 horas. También se considerará sobrepasada la norma cuando existan más de 7 días con mediciones superiores a $150 \frac{\mu g}{m^3}$ en el primer periodo anual.

Respecto a la calidad de aire en la comuna de Futaleufú, el principal foco de atención es en el casco urbano, debido a la concentración de hogares y por consecuencia de chimeneas de combustión y caños de estufas. A simple vista se puede observar que, durante la tarde, el humo producto de la combustión en los hogares se posa sobre el área urbana y sobre la Laguna Espejo, pero para poder hablar con certeza de los niveles de contaminación presentes en la comuna, es necesario contar con mediciones de calidad de aire. En Futaleufú, solo se cuentan con mediciones correspondientes al periodo Octubre 2008 – Enero 2011, como consecuencia de la erupción del volcán Chaitén el 1 de mayo del 2008, con el objetivo de prever situaciones adversas para la salud de la gente de Futaleufú, y de la población que se tuvo que desplazar desde Chaitén hasta la comuna. La medición fue realizada en dependencias del Hospital de Futaleufú bajo la responsabilidad de la SEREMI de Salud, la cual amablemente facilitó los datos de calidad de aire en Futaleufú, que se presentan en el siguiente gráfico.

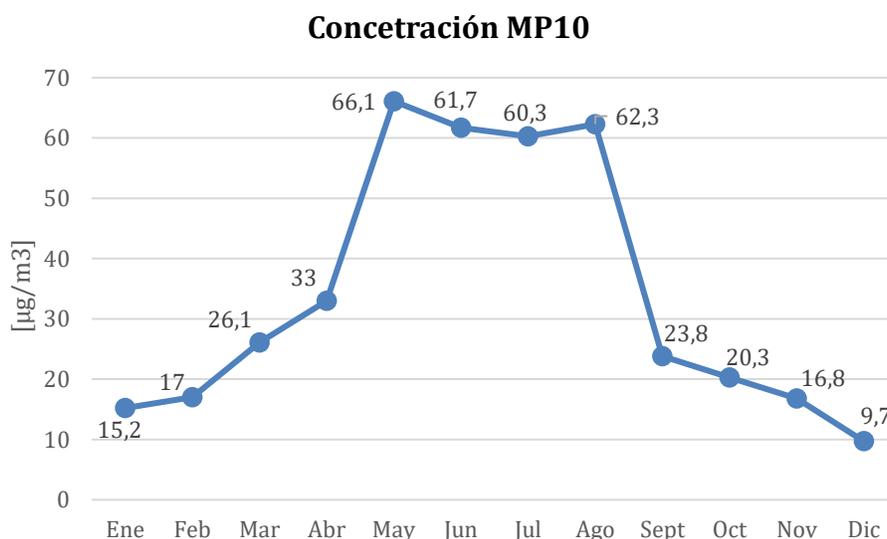


Figura 5: Concentración promedio mensual de MP10 en Futaleufú durante el año 2010. Elaboración Propia. Fuente: SEREMI de Salud, Los Lagos.

En el gráfico anterior, se presentan los promedios de las mediciones realizadas cada mes, por lo que es un número que debe ser analizado con cuidado. Por ejemplo, si bien el promedio durante el mes de agosto es $62,3 \frac{\mu g}{m^3}$, el valor máximo medido durante ese mes fue $149,3 \frac{\mu g}{m^3}$ bordeando el límite establecido por la normativa. La norma fijada en $150 \frac{\mu g}{m^3}$ se ve superada cuando el percentil 98 de las mediciones en un periodo anual, supera dicho valor. En el caso de Futaleufú, el año 2010, indica que el percentil 98 de las mediciones de ese año, corresponde a $110,1 \frac{\mu g}{m^3}$, situación que significa que Futaleufú no corresponde a una zona saturada y tampoco a una zona latente. Sin embargo, con el crecimiento que ha tenido la comuna durante los últimos 9 años (pasó de 1.922 habitantes en 2012 a 2.623 en 2017), con la construcción de la nueva villa, y la constante construcción de cabañas para la demanda hotelera en temporada alta, si se midiera la calidad de aire en la actualidad, probablemente sería declarada zona saturada o al menos zona latente.

La contaminación atmosférica local, en particular la asociada al MP10, es una causante de muertes por problemas cardiovasculares, respiratorios, cáncer pulmonar y otras enfermedades broncopulmonares. Según la OMS, si la media de la concentración anual de MP10, disminuye

de 70 a 20, se puede evitar el 15 % de la mortalidad a largo plazo causada por la contaminación atmosférica. También se lograría una disminución en los casos de enfermedades respiratorias y cardiovasculares además de aumentar la esperanza de vida de la población local. Es por esto, que invertir en el mejoramiento térmico de las viviendas, o tecnologías más eficientes de calefacción y producción de agua caliente sanitaria, además de mejorar la calidad de vida de los vecinos de Futaleufú, generará un ahorro en gastos relacionado con la Salud Pública. No se ha realizado un inventario de emisiones en la comuna, por lo que no hay certeza de cuántas toneladas de CO₂ equivalente se emiten dentro del área de influencia, ni cuántas toneladas de material particulado respirable se emiten durante el año, pero según el estudio “Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena, 2008” el costo asociado a salud para 1 tonelada de MP10 es de 15.500 USD.

Según conversaciones con SEREMI de Salud ubicada en Futaleufú, se ha levantado la solicitud para que un Equipo de Monitoreo de Calidad de Aire, vuelva a ser instalado en la comuna, pero los recursos y esfuerzos no han sido focalizados hacia Futaleufú. Sin embargo, tener una medición constante de la calidad de aire en localidades donde se utiliza la leña como principal calefactor, es de suma importancia para tener garantías respecto a las condiciones de salud a la que se enfrentan los 2.623 habitantes de la comuna de Futaleufú.

Cabe mencionar el ingreso del Decreto Supremo D.S. N°39/2014 que norma la emisión de material particulado respirable, para los artefactos que combustionan o puedan combustionar leña o pellet de madera. Esta norma tiene por objeto proteger la salud de las personas, mediante el establecimiento de límites de emisión de material particulado, aplicable a los artefactos nuevos, sean estos fabricados, contruidos o armados en el país o importados. La norma se aplica a artefactos nuevos de un potencial menor o igual a 25 kW, que se comercialicen en el país con posterioridad a la fecha de entrada en vigencia de dicho decreto. Quedan exentos de esta norma; calderas para calentamiento de agua, cocinas y hornos de barro.

Tabla 3: Límites de emisión para artefactos a leña o pellet. Elaboración Propia. Fuente: D.S. N°39/2014 MMA.

Límites de emisión según potencia	
Potencia Térmica Nominal [kW]	Emisión de MP [gr/h]
Menor o igual a 8	2,5
Mayor a 8 y menor o igual a 14	3,5
Mayor a 14 y menor o igual a 25	4,5

1.8 Marco legal

En este capítulo se realiza un análisis a los instrumentos de planificación territorial presentes en la comuna, dentro de los cuales se encuentra el Plano Regulador Comunal (PRC), Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO), Plan de Desarrollo turístico (PLADETUR) y Zona de Interés Turístico (ZOIT). También se realizará un análisis contextual de las normativas primarias y secundarias presentes en la zona, Planes de Descontaminación Ambiental asimilables a Futaleufú, Ley 20.571 de Generación Distribuida, Pequeños Medios de Generación Distribuida (PMGD), proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), Ley de Tarificación eléctrica e inyección de ERNC, entre otros.

1.8.1 Planificación Territorial

1.8.1.1 Plano Regulador Comunal

El año 2007, se ingresó al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) un proyecto de plano regulador, aprobado el 19 de enero del 2008, el cual da nociones sobre la planificación territorial de la comuna, principalmente en el casco urbano.

El plano regulador comunal tiene un horizonte de 30 años, y divide al casco urbano en diferentes criterios de zonificación, tales como zona urbana consolidada, zonas de expansión, zonas de riesgo, áreas verdes, servicios, entre otras. A cada zona se le destina una superficie, como se observa en el siguiente gráfico. En este caso, se consideran 130 hectáreas en la planificación.

Zonificación Plano Regulador Comunal Futaleufú

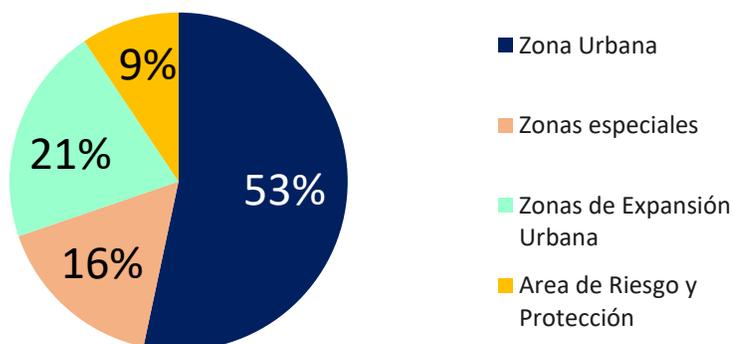


Figura 6: Zonificación PRC Futaleufú. Fuente: Elaboración Propia a partir de PRC aprobado en SEIA.

En el Anexo 1.1 se encuentra el plano con cada zona referenciada.

1.8.1.2 Plan de Desarrollo Comunal

El PLADECO 2012-2017 es un instrumento muy importante que sirve como herramienta de planificación y gestión municipal, el cual recoge todos los aspectos de planificación estratégica en el territorio. Para efectos de la Estrategia Energética Local, es importante recopilar estos datos para tenerlos en consideración como antecedentes sobre las actividades en la comuna, como organizaciones comunales, empresas por rubro y número de empleados por rubro. Se es consciente de que los datos presentes en el PLADECO no están actualizados y fue necesario hacer una revisión de los números para la toma de decisiones. Considerando la información expuesta por la Municipalidad, el Servicio de Impuestos Interno (SII) y los datos recopilados en el CENSO 2017, se logró armar el catastro de organizaciones comunitarias, empresas y número de empleados por rubro existentes a la fecha, los cuales están expuestos en el Anexo 1.2.

1.8.1.3 Plan de Desarrollo Turístico

Es de conocimiento general que el potencial turístico de la comuna, y en general, de la provincia de Palena, está enfocada principalmente en los cuerpos de aguas, y en la media y alta montaña. Atractivos que son más aprovechables entre los meses de noviembre y Febrero (temporada alta) por lo que la infraestructura y servicios reciben una alta demanda de población flotante durante esos meses. Para efectos de la Estrategia Energética Local de la comuna de Futaleufú, es muy importante identificar bien el sector turismo y el incremento en la demanda de los diferentes servicios energéticos que éste implica. Es por esta razón, que los datos provenientes del PLADETUR, deben ser considerados. Sin embargo, cabe destacar que dichos datos están desactualizados, ya que fueron recopilados para una versión del año 2012, por lo cual, para el desarrollo de este informe se considerarán datos actualizados y recopilados por SERNATUR en los Cuadros de Resultados Anuario de Turismo 2016, 2017 y 2018 con información facilitada por CONAF. En el Anexo 1.3 se pueden apreciar los datos en cuanto al desarrollo turístico de la comuna, considerando densidades de visitantes, nacionales y extranjeros, grupos etarios, tipos de alojamientos, etc.

El promedio de turistas ingresados por el paso fronterizo Futaleufú, durante los años 2017, 2018 y 2019, es de 55.064 visitantes, de los cuales un 86% son argentinos. En cuanto al registro de visitantes en la Reserva Nacional Futaleufú, un 74,2% de los visitantes son chilenos, mientras que el restante 25,8% son extranjeros.

1.8.1.4 Zona de Interés Turístico

Según el artículo 13 de la ley N°20.423 del año 2010, una Zona de Interés Turístico (ZOIT) se define como “los territorios comunales, intercomunales o determinadas áreas dentro de estos, que tengan condiciones especiales para la atracción turística y que requieran de medidas de conservación y una planificación integrada para promover las inversiones del sector privado”. En este contexto, a través de la entidad gestora Futaleufú Riverkeeper se impulsó la ZOIT en el año 2016 con la finalidad de dar protección y una calidad territorial especial para su conservación y desarrollo como zonas turísticas. En la siguiente figura se aprecia la zona perteneciente a la ZOIT.

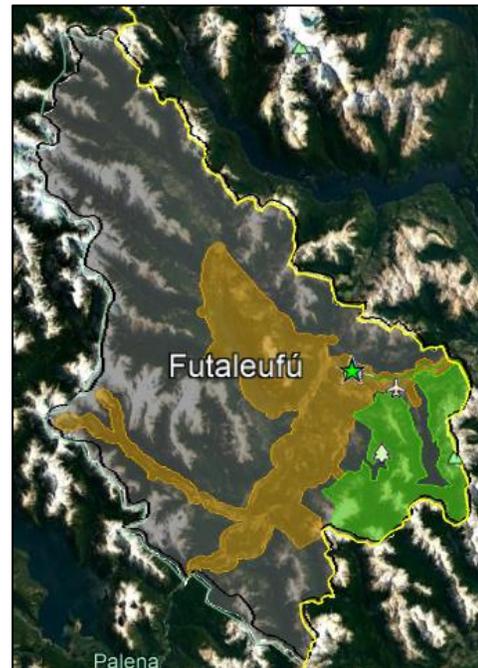


Figura 7. ZOIT Futaleufú. En naranja se aprecia la zona perteneciente a la ZOIT, y en verde la Reserva Nacional Futaleufú. Fuente: Elaboración propia.

1.8.2 Normas de calidad primaria y secundarias

La Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N°19.300), establece que las Normas de Calidad son otorgadas mediante Decreto Supremo, y en estas se especifican valores de concentraciones, tiempos de exposición máximos y mínimos de elementos, sustancias o compuestos, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos que en su presencia o ausencia en el ambiente puedan significar un potencial daño para la salud de la población, o para el medioambiente y la naturaleza. Las Normas de Calidad Primaria buscan proteger la vida humana dentro de todo el territorio nacional, mientras que las Normas de Calidad Secundaria buscan salvaguardar el medioambiente y la naturaleza con una influencia local y no necesariamente nacional. En el Anexo 1.4 y 1.5 se presentan las normas para algunos contaminantes relevantes.

1.8.3 Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica

Según lo estipulado en la Ley N° 19.300 un Plan de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica (PPDA), es un instrumento de gestión ambiental que busca resguardar la salud de la población al aplicar criterios, medidas y acciones específicas frente a contaminantes atmosféricos. Además, busca que las normas de calidad en una zona latente no se vean sobrepasadas (PPA) y recuperar los niveles permitidos en una zona saturada (PDA). A la fecha la comuna de Futaleufú no presenta un PPDA, sin embargo, para fines prácticos de esta estrategia se revisará el PPDA de Coyhaique, siendo este el más cercano y adecuado por zona geográfica. Los datos recopilados y pertinentes para la EEL se pueden apreciar en el Anexo 1.6

1.8.4 Generación Residencial y PMGD

En 2018 se inició un proyecto de ley que finalizó con la promulgación de la Ley N°21.118, la cual modifica la Ley General Sobre Servicios Eléctricos (DFL 4/20.018), con la finalidad de incentivar el desarrollo de generadoras residenciales mediante tarifas reguladas con el excedente energético producido y los pequeños medios de generación distribuida (PMGD) mediante la comercialización de su energía. El 6 de noviembre de 2020 entró en vigencia el reglamento de generación distribuida, en éste se entregan facilidades para desarrollar proyectos de hasta 300 kW en generadoras residenciales con energías renovables o cogeneración eficiente. La ley permite desarrollar proyectos individuales en donde el excedente de generación puede ser inyectado a la red y tener un descuento de la factura mensual; permite realizar proyectos de traspasos remotos, en otras palabras, pueden optar por el traspaso de los excedentes a la factura eléctrica de un establecimiento distinto, siempre y cuando sea del mismo titular y la misma empresa distribuidora. Finalmente, permite realizar proyectos de propiedad conjunta, esto es que varios usuarios se coordinen para instalar un sistema de generación y así aprovechar los excedentes de ese sistema para generar un descuento en las boletas de los usuarios coordinados. Cabe destacar que en los proyectos de PMGD con finalidad de comercialización no aplica esta reformulación de ley, ya que este modelo considera proyectos de hasta 9 MW y se centra en comercializar su energía más que en garantizar un autoconsumo.

An aerial photograph of a river with white water rapids. The water is a vibrant turquoise color, churning and splashing over dark, jagged rocks. The surrounding banks are covered in moss and small plants. The overall scene is dynamic and natural.

2

Diagnóstico de la Gestión Energética Local

2.1 Planificación energética

A partir de la firma del Convenio de Colaboración entre la Agencia de Sostenibilidad Energética y la Ilustre Municipalidad de Futaleufú, en febrero de 2019, para la elaboración de una Estrategia Energética Local, en el marco del programa “Comuna Energética”, la Municipalidad de Futaleufú comenzó a incluir los desafíos energéticos en los diagnósticos y elaboración de diferentes IPT y de regulación, como son la actualización del PLADECO, PLADETUR, así como en el desarrollo del Plan Regulador Comunal, todos los cuales se encuentran en proceso de formulación.

2.2 Eficiencia energética en la infraestructura

Si bien no existía una planificación específica en relación al tema previo al comienzo de la EEL, se han desarrollado algunas acciones e iniciativas en infraestructura pública con una componente de eficiencia energética.

- Recambio de luminarias de alumbrado público, se cambian e instalan 396 luminarias con tecnología LED, las cuales incluyen 373 en el casco urbano, incluyendo las Villas nuevas y 23 en sectores rurales y 64 luminarias en las villas de Futaleufú, por un monto de \$285.806.507, incluyendo un sistema de telegestión energética, que permitirá regular la intensidad lumínica de los focos, en función de la luz de día disponible.
- Instalación de luminarias LED con criterios de eficiencia energética en puntos donde no existía luminaria, y recambio de postes y luminarias cuya vida útil ya se vio sobrepasada. La instalación considera los pasajes ubicados en la calle Piloto Carmona, camino hacia la gruta, área circundante a la nueva Villa Futaleufú y sede social para Adultos Mayores.
- Formulación de documento técnico y postulación a “Programa de Mejoramiento Energético de la Infraestructura Escolar Pública” del Ministerio de Energía. A través de esto, la escuela rural El Espolón, fue seleccionada para la elaboración de un proyecto de conservación en eficiencia energética, la cual entregará un proyecto completo para ser presentado a financiamiento.

El objetivo de esta iniciativa del Ministerio de Energía, es mejorar los estándares de confort ambiental y hacer más eficiente el uso de la energía en establecimientos educacionales públicos, mediante el apoyo técnico a municipios y servicios locales de educación, en el diseño e implementación de proyectos de intervención integral en eficiencia energética de la infraestructura, con foco en el acondicionamiento térmico de aulas y demás recintos docentes, junto con la incorporación de sistemas de ventilación y recambio de luminarias.

En los sectores privados y residenciales no existen metas establecidas de eficiencia energética para la infraestructura, fuera de las desarrolladas como parte de la presente EEL.

Las iniciativas privadas y residenciales en relación a eficiencia energética, en su mayoría se remiten al rubro de la construcción y la utilización de diferentes materiales de aislamiento térmico y de la misma manera en la utilización de nuevas fuentes de calefacción más eficientes, como es el uso de pellets.

Las metas de eficiencia energética son las definidas en esta EEL como parte del Plan de Acción.

2.3 Energías renovables y generación local

En general, no existe un desarrollo planificado de proyectos de generación local en base a fuentes renovables, a excepción de algunas iniciativas individuales, las cuales a continuación se detallan:

- a) Generación hidroeléctrica en Escuela Rural el Espolón, a través de una turbina de pasada, que posee las siguientes características:
 - Potencia: 2000 W
 - Voltaje : 220 V
 - Frecuencia: 50 HZ
 - RPM : 600 Rpm
 - Altura : 20 – 60 mt.
 - Caudal: 8 – 15 lts/seg

La generación de electricidad es por medio del aprovechamiento de un salto de agua. Este sistema generalmente no está operativo durante los meses de verano, debido a la baja considerable de caudal del arroyo que la alimenta.

- b) Generación hidroeléctrica en Posta Rural El Espolón, a través de una turbina de capaz de producir 2 Kw/hora, con características similares a la anterior. Esta turbina presenta los mismos problemas de funcionamiento durante los meses de verano por la escasez de agua.
- c) Proyecto particular de generación distribuida en el sector Lonconao, a través de una central hidráulica de pasada con una potencia instalada de 350 kW, la cual actualmente abastece a 6 vecinos de la zona.
- d) Sistemas particulares aislados de generación fotovoltaica y mini turbinas hidráulicas, especialmente en sectores donde no hay cobertura de Edelaysen, particularmente en el sector rural Valle El Espolón.

2.4 Organización y finanzas

El Municipio a través de la firma del convenio de Colaboración con la Agencia de Sostenibilidad Energética para la elaboración de la Estrategia Energética Local, en el marco del programa

“Comuna Energética”, incorporó el tema energético en su organización, sin embargo, aún no existe recursos destinados específicamente a esta área.

2.5 Sensibilización y cooperación

No existen iniciativas desarrolladas de educación y sensibilización en temas energéticos, todo lo planificado a futuro se enmarca en la EEL a desarrollar.

2.6 Movilidad sostenible

La mayoría de la población utiliza vehículos motorizados para desplazarse, tanto en el sector urbano como en el área rural, especialmente durante los meses de otoño-invierno. En menor medida se utilizan medios como la bicicleta, especialmente durante primavera-verano, cuando las condiciones climáticas lo permiten. Debido a las cortas distancias en el radio urbano, también es habitual los desplazamientos a pie. No existe hasta el momento promoción de nuevas formas de movilidad sostenible, sin embargo, se encuentran incorporadas como parte de la actualización de diferentes instrumentos de ordenamiento y planificación territorial, como el PLADECO, PLADETUR, EEL, etc., especialmente el uso de bicicleta, a través de la construcción de ciclovías.

An aerial photograph of a river with white water rapids. The water is a vibrant turquoise color, churning and splashing as it flows over a bed of dark, jagged rocks. The surrounding banks are covered in moss and small green plants. The overall scene is dynamic and energetic.

3

Diagnóstico Energético

3.1 Potencia y Generación Eléctrica

La comuna de Futaleufú, a pesar de pertenecer a la décima región de los Lagos, se encuentra conectada al sistema eléctrico de la undécima región de Aysén, específicamente al subsistema eléctrico de Palena. El sistema eléctrico de Aysén (SEA) tiene una capacidad instalada de 56,06 MW (Energía Abierta, 2020), repartido en tres subsistemas desconectados entre sí: Palena, Aysén y General Carrera. La siguiente tabla muestra las capacidades instaladas de cada subsistema, y el gráfico el porcentaje que representa cada uno.

Tabla 4: Potencia Instalada en cada subsistema del SEA. Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Abierta.

Subsistema eléctrico	MW
Palena	5,86
Aysén	46,57
General Carrera	3,63
Total	56,06

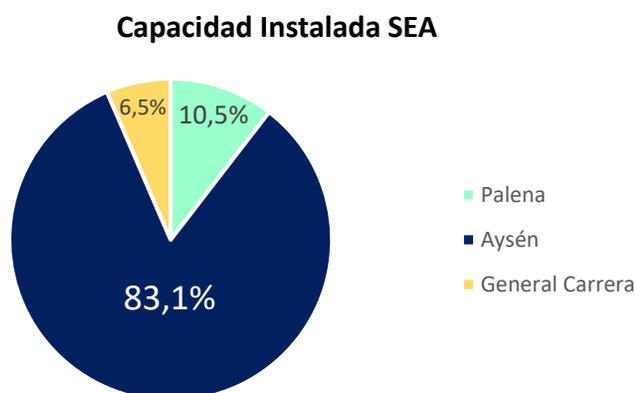


Figura 8: Capacidad Instalada de Subsistemas del SEA. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta, 2020.

A continuación, se puede apreciar temporalmente desde el año 1960, el ingreso de centrales de generación según su tipo, para el Sistema Eléctrico de Aysén, el cual cuenta con componentes eólico, hidráulica de pasada y petróleo diésel.

Evolución capacidad instalada SEA

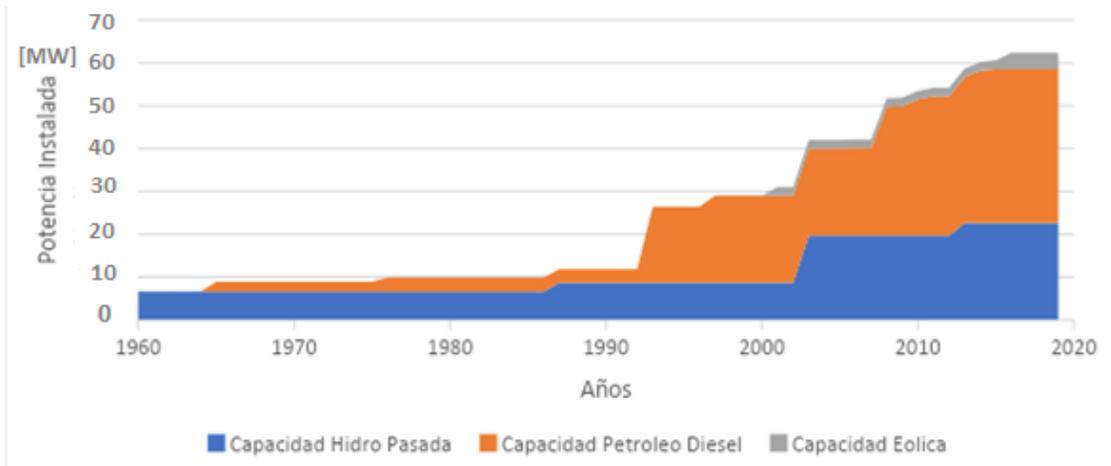


Figura 9: Línea de tiempo de la matriz eléctrica del SEA. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

El subsistema de Palena actualmente abastece a 6 comunas, Palena, Chaitén, Futaleufú, La Junta, Puyuhuapi y Lago Verde, y está compuesto en un 24% por generadoras hidráulicas de pasada, restando el 76% a unidades diésel. El siguiente gráfico muestra esta proporción y la capacidad neta instalada:

Potencia Neta por tipo de Generación

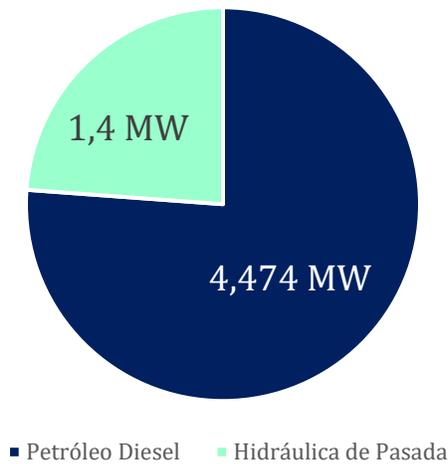


Figura 10: Potencia Neta instalada y tipo de generación. Elaboración Propia. Fuente: Energía Abierta

Específicamente, las unidades generadoras de este subsistema eléctrico pertenecen a la empresa Edelaysén del grupo Saesa, y se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 5: Unidades Generadoras Subsistema de Palena. Elaboración Propia. Fuente: Energía Abierta 2019.

Nombre	Comuna	Tipo	Año Entrada	Capacidad [MW]
FUTALEUFU	Futaleufú	Petróleo Diesel	1976	0,23
FUTALEUFU	Futaleufú	Petróleo Diesel	1976	0,25
FUTALEUFU	Futaleufú	Petróleo Diesel	1976	0,40
RÍO AZUL	Palena	Hidráulica Pasada	1987	0,35
RÍO AZUL	Palena	Hidráulica Pasada	1987	0,35
RÍO AZUL	Palena	Hidráulica Pasada	1987	0,35
RÍO AZUL	Palena	Hidráulica Pasada	1987	0,35
LAGO VERDE	Lago Verde	Petróleo Diesel	2006	0,15
PUYUHUAPI	Cisnes	Petróleo Diesel	2008	0,29
LA JUNTA	Cisnes	Petróleo Diesel	2009	0,29
SANTA BARBARA	Palena	Petróleo Diesel	2010	0,08
SANTA BARBARA	Palena	Petróleo Diesel	2010	0,08
SANTA BARBARA PROVISORIO	Palena	Petróleo Diesel	2010	0,12
SANTA BARBARA PROVISORIO	Palena	Petróleo Diesel	2010	0,40
SANTA BARBARA PROVISORIO	Palena	Petróleo Diesel	2010	0,80
PALENA	Palena	Petróleo Diesel	2013	0,29
PALENA	Palena	Petróleo Diesel	2013	0,29
PALENA	Palena	Petróleo Diesel	2013	0,81

También, en la siguiente ilustración se puede apreciar la evolución de la participación de las distintas tecnologías de generación de energía eléctrica.

Evolución capacidad instalada Subsistema de Palena

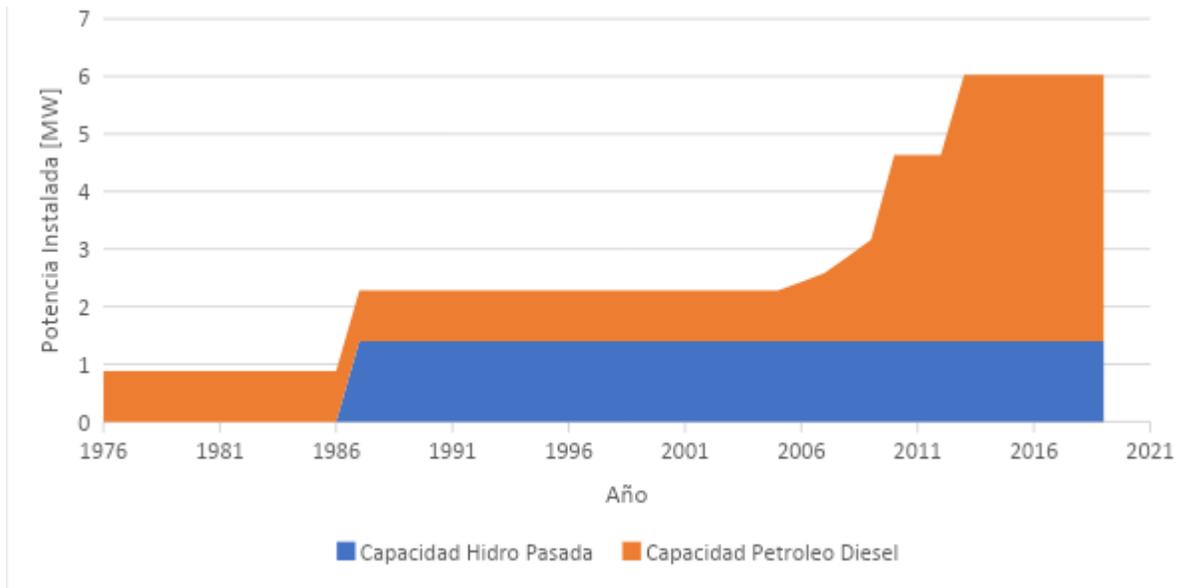


Figura 11: Evolución capacidad Instalada por tipo de tecnología de Generación. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

Respecto a la generación anual, durante los últimos 11 años ha aumentado en un 110%, comparando el año 2008 con el 2019, lo cual se aprecia en el siguiente gráfico.

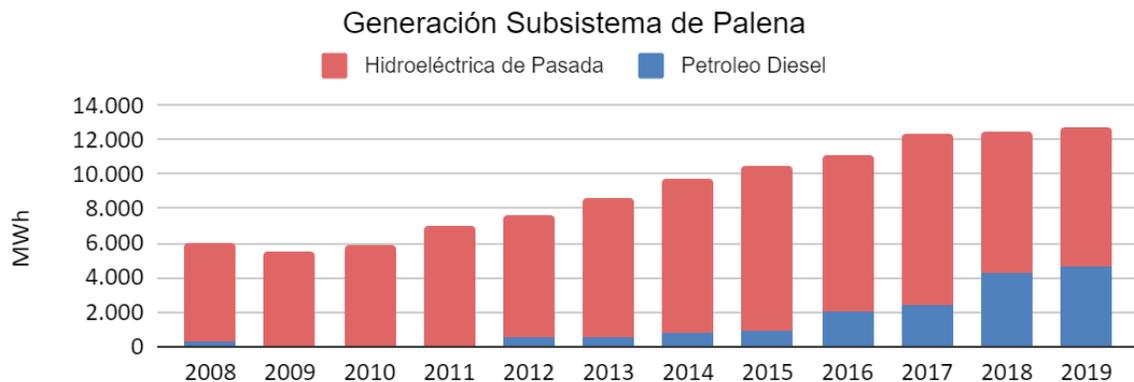


Figura 12: Evolución anual generación bruta del Subsistema de Palena. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

Se observa que, si bien hay mayor capacidad instalada de diésel, la tecnología que genera más energía es la hidroeléctrica de pasada.

3.2 Costos de electricidad

La energía eléctrica en la comuna de Futaleufú tiene uno de los costos más altos registrados en el país. La tarifa residencial BT1 es de 143,8 pesos por cada kilowatt-hora consumido. En la siguiente figura se puede ver la comparación con algunas ciudades a lo largo del país:

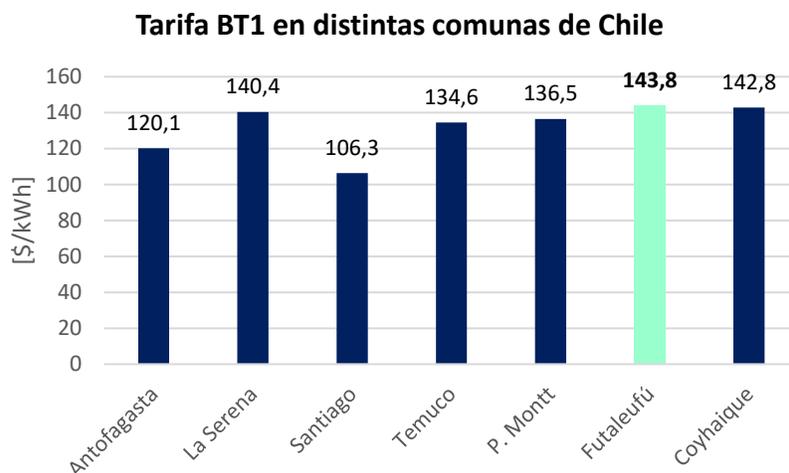


Figura 13: Comparación de Tarifas BT1 en ciudades de Chile 2020. Fuente: Elaboración Propia a partir de CGE, ENEL, EDELMAG, SAESA.

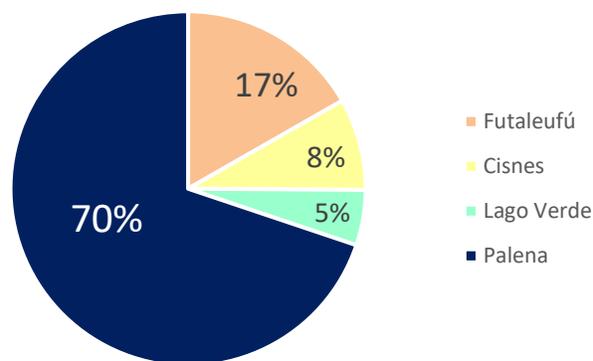
3.3 Oferta de energía

En este capítulo se realiza un barrido de los proyectos energéticos existentes en la comuna, y de manera más general, los proyectos que se encuentran dentro de la XI Región de Aysén. Si bien Futaleufú se encuentra políticamente en la X Región de Los Lagos, comparte características más parecidas con la Región de Aysén. En materias de energía, y como se explica a lo largo de este documento, Futaleufú se conecta con el Subsistema de Palena, el cual abastece actualmente a 6 comunas, de las cuales 3 pertenecen a la XI Región de Aysén.

3.3.1 Centrales energéticas existentes en la comuna y en la región

La comuna de Futaleufú se conecta al Subsistema de Palena, que además abastece de energía a las comunas de Chaitén, Palena, Cisnes (La Junta y Puyuhuapi) y Lago Verde. Tiene una **capacidad instalada total de 5,86 MW**, la cual se distribuye como se observa en el siguiente gráfico.

Capacidad Instalada por Comuna



De la Tabla 5: "Unidades generadoras subsistema de Palena", se puede observar lo siguiente:

- El 24% de la capacidad instalada en este sistema corresponde a ERNC, y el 76% a fuentes convencionales, con 1,4 MW y 4,474 MW respectivamente.
- EL 70% de las centrales generadoras de electricidad

Figura 14: Capacidad Instalada (MW) por Comuna en Subsistema de Palena. Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Abierta.

están en la comuna de Palena, de las cuales un 23,83% corresponde a Hidráulica de Pasada, y un 48,76% a Petróleo Diesel.

- El 100% de la capacidad instalada en Futaleufú corresponde a fuentes convencionales.

Además, en Futaleufú existe un gran proyecto de generación distribuida, perteneciente al empresario minero Antonio Carracedo, que en el sector del Lago Lonconao construyó el año 2004 una central hidráulica de pasada con una potencia instalada de 350 kW, la cual actualmente abastece a 6 vecinos de la zona. Según la información levantada, se está evaluando la conexión a la red eléctrica.

En la comuna de Futaleufú también existen sistemas aislados, destacándose en particular los del sector rural El Espolón, debido a que a dicho sector no llega la distribución de Edelaysen, por lo que históricamente se han abastecido a través de mini turbinas hidráulicas en diferentes arroyos. La potencia instalada en este tipo de sistemas asciende a alrededor de 30 kW de potencia instalada.

3.3.2 Proyectos de eficiencia energética

En la comuna de Futaleufú, durante los últimos años se pueden apreciar los siguientes proyectos referidos a eficiencia energética.

- Recambio luminarias alumbrado público: el 10 de octubre del año 2019, se firma un convenio con el Gobierno Regional de la Región de Los Lagos, por un monto de \$285.806.507, destinadas para el recambio e instalación de 396 luminarias con tecnología LED, las cuales incluyen 309 en el casco urbano, 23 en sectores rurales y 64 luminarias en las villas de Futaleufú. Además, se instalará un sistema de telegestión energética, que permitirá regular la intensidad lumínica de los focos, en función de la luz de día disponible.
- Instalación de luminarias LED con criterios de eficiencia energética en puntos donde no existía luminaria, y recambio de postes y luminarias cuya vida útil ya se vio sobrepasada. La instalación considera los pasajes ubicados en la calle Piloto Carmona, camino hacia la gruta, área circundante a la nueva Villa Futaleufú y sede social para Adultos Mayores.

3.3.2.1 Ahorro energético asociado a recambio de luminarias

A continuación, se da a conocer información respecto al ahorro energético producto del cambio de luminarias del alumbrado público.

Se cambiaron 365 luminarias incandescentes de 100W, por tecnología LED de 12W, para una cantidad de luz visible de 960 – 1080 lúmenes. Se asume un encendido diario promedio de 12 horas, todos los días del año y una tarifa X de \$150 kWh (Edelaysen, 2021).

a) Cálculo del consumo luminarias incandescentes.

$$365 \text{ luces} \times 100 \text{ W} \times 12 \text{ horas} \times 365 \text{ días} = 159.870.000 \text{ Wh}$$

159.870.000 Wh/1000 = 159.870 kWh

159.870 kWh x 150 \$/kWh = \$ **23.870.150**

b) Cálculo del consumo con iluminación LED

365 luces x 12 W x 12 horas x 365 días = 19.184.400 Wh

19.184.400 Wh/1000 = 19.184 kWh

19.184 kWh x 150 \$/kWh = \$ **2.877.600**

c) Ahorro en consumo con iluminación LED

El ahorro anual en términos monetarios es de \$20.992.550, con un porcentaje de ahorro de 87,9%.

3.4 Consumo de energía

3.4.1 Electricidad

El consumo de electricidad dentro de la comuna de Futaleufú ha tenido un aumento promedio de un 10,2% anual desde el año 2015, lo cual se puede apreciar en el siguiente gráfico.

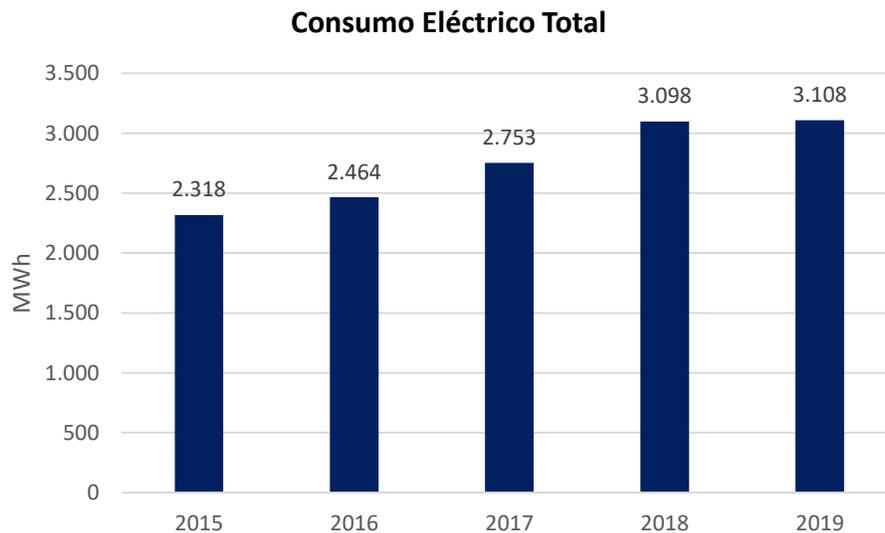


Figura 15: Consumo Eléctrico Total anual Comuna Futaleufú. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

Del gráfico se desprende que ha habido un crecimiento promedio de 7,7% en el consumo eléctrico anual desde el 2015 al 2019. El consumo de la electricidad se desglosa en varios tipos de clientes asociados a diversas tarifas, las cuales se presentan en el cuadro siguiente.

Tabla 6: Catastro Clientes por Tarifa. Fuente: Elaboración Propia a partir de Edelaysen, 2019.

Cantidad de Clientes por Tarifa	
BT1 (Residencial)	1.311
AT2-A	11
AT2-B	7
BT2-B	5
AT4-3	4
BT4-3	4
BT3-A	4
AT3-A	2
BOMBEROS	1
BT3-B	1
TRAT1	1
Total Clientes	1.351

Se destaca que desde el año 2012 hasta el año 2019 ha existido un incremento promedio del 4,1% anual en cuanto a la cantidad de clientes asociados al sistema existente en la comuna.

Por otro lado, es importante destacar los números rescatados del Índice SAIDI. El Índice SAIDI es un indicador que muestra el tiempo total de interrupciones del suministro eléctrico por cliente durante un año, por lo que sirve para medir la calidad de servicio del suministro eléctrico. Para la comuna de Futaleufú se registró durante el año 2019 un índice SAIDI de 32,9 horas por cliente al año, cifra considerablemente mayor a lo estipulado por la "Norma Técnica de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución", en la cual se establece que para sistemas de densidad muy baja, como lo es el sistema de Futaleufú, este indicador no debe superar las 16 horas, y se debe considerar que a partir del año 2020 está máxima permitida será de 14 horas (CNE, 2017).

3.4.1.1 Consumo Residencial

El consumo eléctrico en el sector residencial registra desde el año 2015 hasta el año 2019 un crecimiento promedio de 5,4% anual, con lo cual ha llegado a **1.795 MWh por año**.

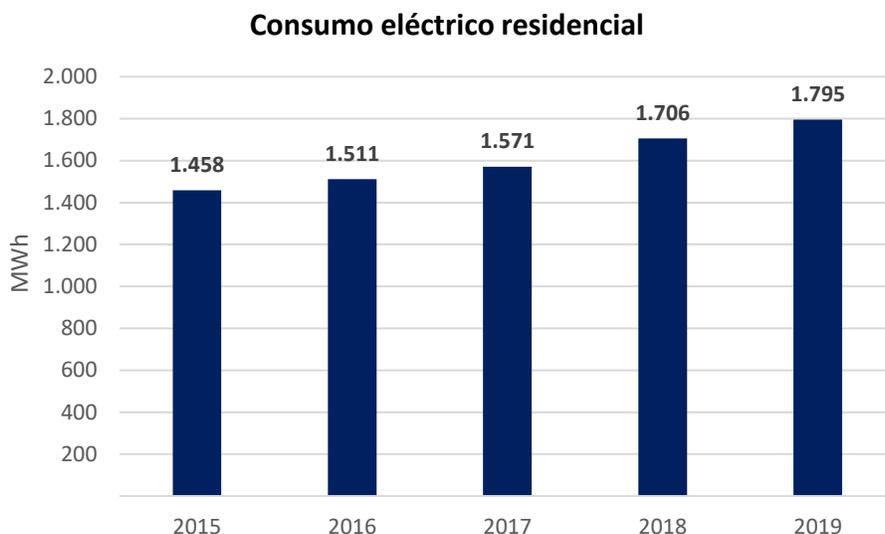


Figura 16: Consumo Eléctrico Residencial anual Comuna Futaleufú. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

Considerando un consumo residencial anual de 1.795 MWh, con una población de 2.623 habitantes, se tiene un **consumo promedio de 684 kWh/habitante** durante el año 2019.

3.4.1.2 Consumo Público

El consumo eléctrico del sector público se estimó con los datos entregados por la Municipalidad de Futaleufú, referidos a los gastos asociados a consumo municipal y de la información de las cuentas de electricidad facilitadas por el departamento de Finanzas y Tesorería. Solo se cuenta con información relativa al año 2018, por lo que no se muestra la evolución en el tiempo del consumo eléctrico.

Tabla 8: Consumos de Electricidad en el sector público durante el 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de Municipalidad de Futaleufú.

Ítem	MWh
Administración	55,1
Alumbrado Publico	183,4
Deporte	7,6
Otros	23,1
Servicios Sociales y Culturales	12,2
Hospital	501,4
Total	782,8

La distribución porcentual del consumo de los distintos subsectores dentro del sector público se presenta a continuación:

Consumo eléctrico sector público

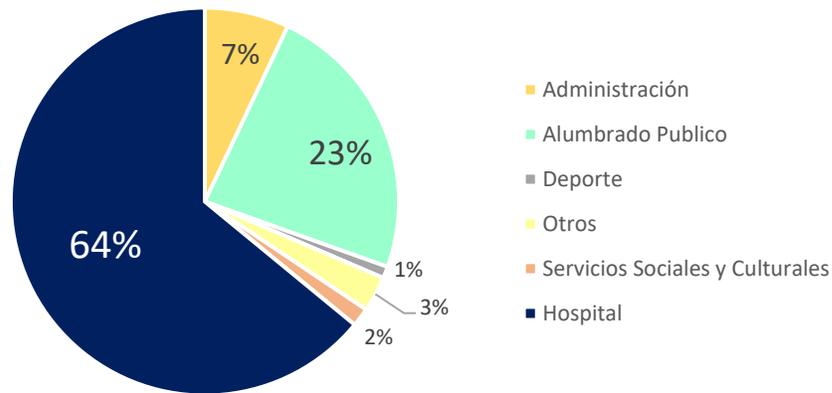


Figura 17: Distribución del consumo de electricidad para los distintos subsectores dentro del sector Público. Fuente: Elaboración propia a partir de Municipalidad de Futaleufú.

El año 2019, se firmó un convenio con el Gobierno Regional de la Región de Los Lagos para el recambio e instalación de 395 luminarias con tecnología LED, las cuales incluyen 309 en el casco urbano, 23 en sectores rurales y 64 luminarias en las villas de Futaleufú. A la fecha estas se encuentran operando y se estima una reducción considerable dentro de la categoría de alumbrado público.

3.4.1.3 Consumo Comercial

Para realizar el análisis de los consumos de electricidad en el sector comercial es importante considerar que en la localidad de Futaleufú la mayoría de los negocios, comercios y almacenes se encuentran emplazados en la misma vivienda de los titulares del establecimiento comercial. Por ende, para efectos prácticos del estudio podemos desglosar que el consumo eléctrico del sector comercial corresponde al restante entre el público y el residencial:

Distribución sectorial consumo eléctrico

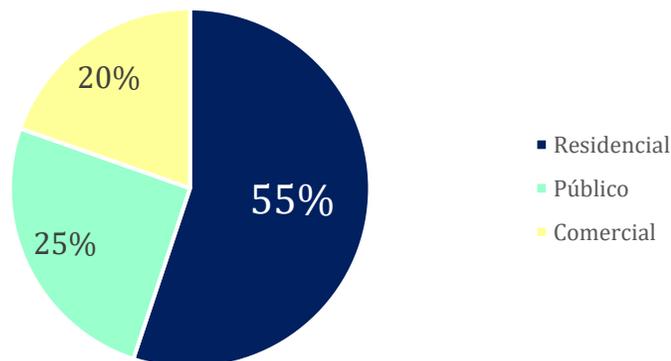


Figura 18: Distribución del consumo de electricidad por sector. Fuente: Elaboración propia a partir de Edelayesen.

Del gráfico anterior, se desprende que **el consumo comercial corresponde a 609 MWh/año**, el cual se relaciona a supermercados, hoteles/hostales, ferreterías y comercios pequeños que no se encuentren emplazados en la misma vivienda de los dueños o que estén emplazados en la vivienda, pero presentan dos facturas eléctricas distintas. Se destaca que en el territorio no existen grandes industrias, por lo que, no se caracteriza un consumo industrial dentro de las especificaciones zonales. Vale mencionar que Futaleufú no cuenta con industrias, por lo cual no existe consumo para este sector.

3.4.1.4 Estimación Huella de Carbono

Para la estimación de la huella de carbono asociada al consumo de electricidad se utilizó el factor de emisión 0,11 kg CO₂ eq/kWh (Comisión Nacional de Energía, 2016c), para un consumo eléctrico total comunal de 3.108 MWh, correspondiente al año 2019. Según lo anterior la Huella de Carbono Comunal estimada, asociada a consumo eléctrico es de **341.880 kgCO₂eq**.

3.4.2 Leña

3.4.2.1 Consumo Residencial

El consumo de leña en el sector residencial se estimó en base a un estudio de CONAF del 2004, Catastro de Demandantes de Bienes y Servicios Forestales de la Provincia de Palena, el cual tomó muestras de 20 familias del sector urbano y rural. Como se explicó anteriormente, la población urbana corresponde al 72% del total y la rural al 28% restante, y según el censo del 2017, el promedio de habitantes por vivienda en la comuna de Futaleufú es de 2,62. Además, según CONAF el promedio de consumo de leña por vivienda al año es de **16,01 y 20,05 metros cúbicos para el sector urbano y rural, respectivamente**. La siguiente tabla muestra el consumo de leña del sector residencial de las zonas urbana y rural de la comuna.

Tabla 9: Consumo anual de Leña Sector residencial urbano y rural. Fuente: Elaboración Propia a partir de CONAF 2004, Censo 2017.

	Urbano	Rural	Unidad
Población	1901	722	Habitantes
Viviendas	725,57	275,57	Vivienda
Consumo Promedio por Vivienda	16,01	20,05	m ³ /vivienda*año
Consumo Promedio Total	11.616	5.525	m ³ /año
Consumo Per Cápita	6,11	7,65	m ³ /hab*año

De esta forma, **el consumo total de leña anual en la comuna de Futaleufú asciende a 17.141 metros cúbicos**, y un promedio ponderado per cápita de 6,54 metros cúbicos por habitante al año. El siguiente gráfico muestra el consumo total por sector, la zona urbana consume un 67,77% del total y la zona rural el 32,23% restante.

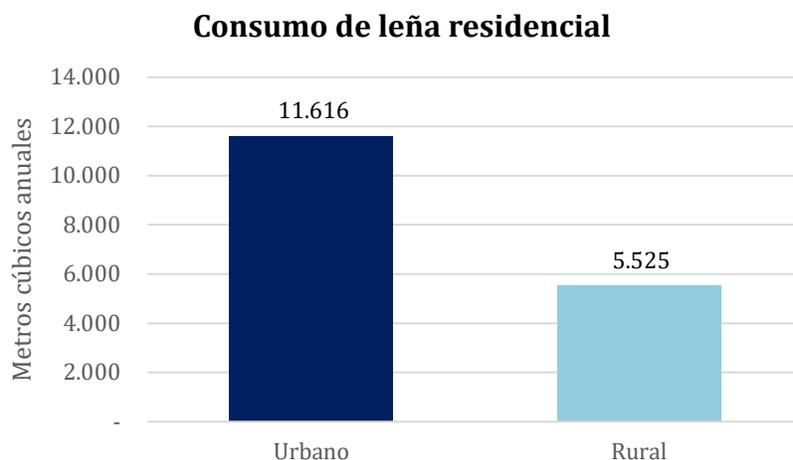


Gráfico 16: Consumo de leña anual Sector Urbano y Rural. Fuente: Elaboración Propia a partir de CONAF, 2004. Censo 2017 (INE).

El consumo energético derivado del consumo de leña en los sectores urbanos y rurales asciende a los **34,9 GWh térmicos**. En el Anexo 2.1 se puede apreciar la transformación del consumo de leña a niveles energéticos y la metodología empleada para los cálculos de ésta.

3.4.2.2 Consumo Público

El consumo de leña para fines térmicos en el sector público fue estimado a través de la información entregada por el departamento de Finanzas de la Municipalidad de Futaleufú, considerándose el gasto asociado y la cantidad de metros cúbicos de leña adquiridos para el periodo 2014-2018. Se asumieron datos similares a los del sector residencial para realizar la transformación energética. Los resultados se presentan de manera gráfica a continuación:

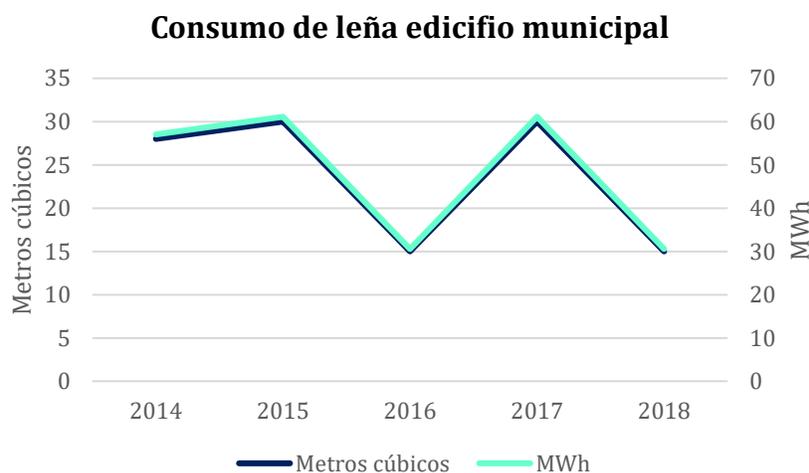


Figura 20: Consumo de leña anual Edificio Municipal. Fuente: Elaboración Propia a partir de Municipalidad de Futaleufú, 2019.

La demanda térmica se estimó acorde a los gastos anuales para adquisición de leña, por lo que no se considera la distribución temporal de uso del recurso. La disminución de demanda entre

el año 2015 y 2016 se explica debido a un cambio del edificio administrativo de la Municipalidad. El edificio antiguo se calefaccionaba a través de leña, pero desde el 2016, el edificio nuevo contaba con calefacción a través de calderas a petróleo. El año 2017 se volvió a adquirir 30 metros cúbicos de leña, pero según la información levantada, su consumo se extendió para el año 2018 y sumado a los 15 metros cúbicos adquiridos el 2018, bastaron para abastecer la demanda del año 2019 también.

Para completar el sector público es necesario considerar los requerimientos energéticos de leña en el sector de educación. En la comuna de Futaleufú existen 6 escuelas y un edificio de la DAEM. Las proyecciones de consumo del año 2020 se muestran a continuación:

Tabla 10: Consumo de leña anual en establecimientos educacionales. Fuente: Elaboración Propia a partir de DAEM, 2020.

Establecimiento	Consumo de Leña [m ³ /anual]
Futaleufú	20
El Espolón	80
El Límite	0
Rio Azul	60
Las Escalas	30
Lonconao	30
DAEM	30
Total	250
Energía MWh	590,3

Cabe destacar que las adquisiciones de leña y otros combustibles se hacen en base al consumo del año anterior, todos los gastos extra no son contabilizados dentro del catastro anteriormente mencionado.

3.4.2.3 Consumo Comercial

Según el registro de calderas de la comuna que posee el Ministerio de Salud y filtrando aquellas calderas correspondientes al sector Comercial, se destacan 2 calderas de combustión a leña, ubicadas en el Fundo “La Confluencia” el cual presta servicios turísticos y hospedaje durante 6 meses del año. Con una potencia instalada de 700 kW, considerando el factor de estacionalidad, se estima un consumo igual a 3.600 MWh en un año promedio.

3.4.3 Gas Licuado de petróleo

A modo práctico, para el cálculo energético se usará el factor de conversión entregado por el Ministerio de Energía en el “Balance Energético” del año 2015, en el cual se especifica una relación de 14,05 kWh/kg GLP.

De una encuesta realizada en 2019 a los cuatro vendedores de GLP en el sector, se determinó según estimaciones y registro de ventas un consumo anual de 147.212,5 kg GLP, equivalente a

2.068,3 MWh/año y considerando los datos obtenidos en el CENSO 2017, podemos determinar un consumo promedio por habitante de 56,12 Kg GLP/hab·año.

3.4.3.1 Consumo Residencial

Para determinar el consumo residencial de GLP se usó como metodología de estudio el “Informe Final de Usos de la Energía de los Hogares de Chile 2018” elaborado por el CDT con el apoyo del Ministerio de Energía, Asociación de Empresas Gas Natural, GLP Chile y Empresas Eléctricas A.G. De este estudio se destaca que el área de la comuna de Futaleufú está emplazada en una Zona Térmica (ZT) 7. Para efectos prácticos se considerará el consumo de GLP residencial estrictamente para agua caliente sanitaria (ACS) y usos de cocina/horno. En la tabla siguiente se destaca el consumo energético asociado a los usos de GLP en una ZT 7.

Tabla 11: Consumo promedio de GLP en una vivienda en ZT7. Fuente: Elaboración Propia a partir de CDT 2018.

Consumo Promedio ZT7	kWh/vivienda/año
Ducha	515
Tina	24
Lavado Loza	167
Cocina/Horno	139
Calefactores	95
Total	942

Ahora, teniendo en cuenta el catastro de “viviendas particulares con moradores presentes” de la comuna de Futaleufú realizado en el CENSO 2017, tenemos que para un total de 1.002 viviendas existe un **consumo energético residencial, asociado al uso de GLP, total anual de 943,9 MWh.**

3.4.3.2 Consumo Público

El consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP) asociado al sector público se estimó con la información otorgada por el Departamento de Finanzas Municipales de Futaleufú, la cual entregó el gasto asociado a gas, así como el volumen de compra. El consumo para el periodo 2014-2019 se presenta de manera gráfica y expresada en MWh a continuación:

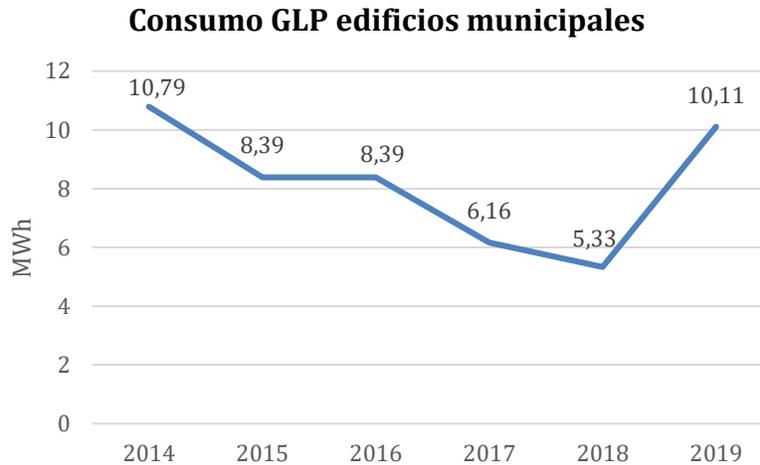


Figura 21: Consumo de GLP asociado al subsector administración. Fuente: Elaboración Propia a partir de Municipalidad de Futaleufú.

En términos operacionales, el GLP no influye mucho en las finanzas de la Municipalidad, debido a que principalmente el consumo de GLP está asociado como apoyo a actividades esporádicas que se realizan en los diferentes edificios municipales (cocina y ACS), y no representan una demanda continua. Por otra parte, que el consumo para el año 2015 y 2016 sean iguales responde a que se realizó una sola facturación el año 2016 equivalente a los dos años. También, se comenta que con respecto al año 2019, el incremento de un 89,5 % en relación con el año 2018 se explica debido a que la caldera del edificio municipal “Casa de la Cultura” dejó de funcionar.

Dentro del sector educación se destaca que solamente 2 escuelas presentan consumos en esta materia, la escuela “Futaleufú” y escuela “El Espolón”, las cuales asociaban sus consumos a la cocina y agua caliente sanitaria en los camarines. Sus demandas se presentan a continuación:

Tabla 12: Consumo de GLP en establecimientos educacionales. Fuente: Elaboración Propia a partir de DAEM, 2020.

Establecimiento	Consumo de GLP [Kg/anual]
Futaleufú	1.125
El Espolón	225
Total	1.350
Energía MWh	18,9

Según la información otorgada por el Departamento de Obras Municipales (DOM) de la Municipalidad de Futaleufú, los edificios municipales con declaración de instalaciones de gas y la potencia asociada se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 13: Potencia declarada de instalación interior de gas. Fuente: Elaboración Propia.

Institución	Potencia [kW]
Jardín Infantil	74,1
Hospital	147,7
Municipalidad	30,23

Centro de Tratamiento Integral de Residuos	61,61
Total	313,64

El Hospital es el edificio con mayor potencia instalada en gas con un 47,1 % de participación, seguido por el Jardín Infantil con un 23,6 %.

Por otro lado, con documentos entregados por el Hospital de Futaleufú se determinó un consumo, durante el año 2019, de 41.126 litros de GLP, equivalentes a **324 MWh/año**.

3.4.3.3 Consumo Comercial

De lo visto anteriormente en el consumo residencial y el consumo público, y conociendo el consumo total de la comuna, se desprende que el **consumo comercial corresponde a 772 MWh/año**. En el siguiente gráfico se observa la distribución porcentual del consumo de GLP en los diferentes sectores.

Consumo sectorial de GLP

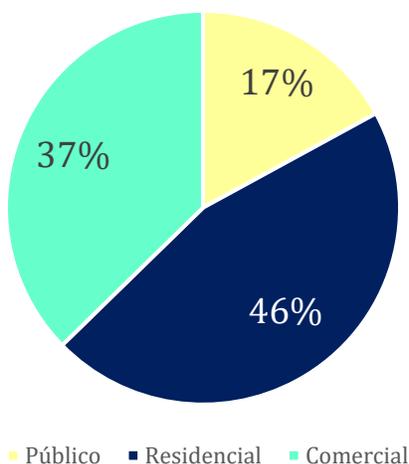


Figura 22: Consumo de GLP por sector. Fuente: Elaboración Propia a partir de Municipalidad de Futaleufú.

3.4.3.4 Estimación Huella de Carbono

Para la estimación de la huella de carbono asociada al consumo de GLP se utilizó el factor de emisión 0,22736742 kg CO₂ eq/kWh (https://ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf), para un consumo total comunal de 2.068.3 MWh, correspondiente al año 2019. Según lo anterior la Huella de Carbono Comunal estimada, asociada a consumo de GLP es de **470.264 kgCO₂eq**.

3.4.4 Diesel

Para términos prácticos de esta estrategia, no es necesario considerar la demanda de Petróleo Diesel, sin embargo, se realizó el estudio y los datos obtenidos se presentan en el Anexo 2.2, junto a las proyecciones del consumo diésel en los sectores residencial, público y comercial en el Anexo 3.1.

3.4.5 Consumo de todos los energéticos

A continuación, se muestra en resumen la distribución de los consumos energéticos de la comuna de Futaleufú:

- El 91% de la energía térmica producida durante el año 2019 provino de la leña. En menor medida el GLP (6%) y el Petróleo (3%).
- El sector residencial corresponde al 95% del consumo de energía térmica y al 55% de energía eléctrica.

Demanda Energía Térmica

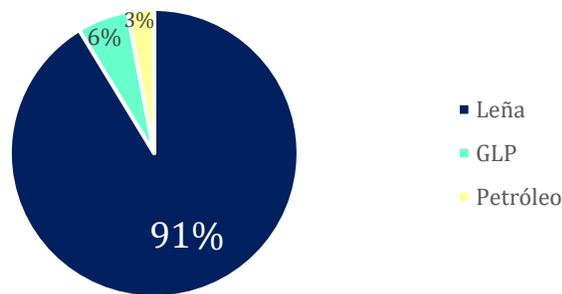


Figura 22: Demanda energía térmica por energético para el año 2019. Fuente: Elaboración Propia.

Energía térmica v/s eléctrica

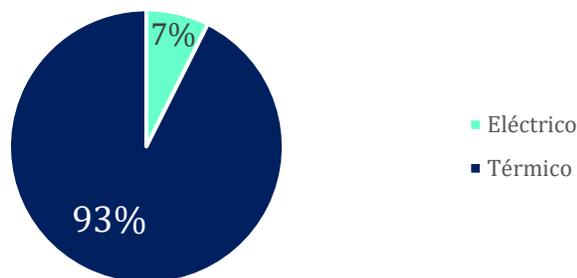


Figura 24: Energía térmica v/s eléctrica para el año 2019. Fuente: Elaboración Propia.

3.5 Proyección de la Demanda

3.5.1 Electricidad

Para el sector eléctrico, la metodología se fundamentó principalmente en los datos de Energía Abierta para la comuna de Futaleufú, en donde se presentaba un aumento porcentual del consumo de los últimos 5 años para el sector residencial y no residencial, entregando un incremento de 5,4% y 17,5% respectivamente. Además, en el sector eléctrico se supone la inserción de sistemas solares fotovoltaicos (SFV) en el grado de suplir el 5% de la demanda anual del sector residencial, aumentando 5% cada dos años, y 10% de la demanda anual del sector no residencial, aumentando 10% cada dos años. Todo esto a partir del año 2022.

Se destaca que para el consumo no residencial se desglosa entre el consumo público y comercial. De los consumos públicos se resalta el recambio de luminarias, el cual se encuentra aprobado e implementado, para lo cual se solicitó a SECPLAN de Futaleufú los datos referentes a las luminarias. El resultado del análisis y proyecciones se pueden ver a continuación:

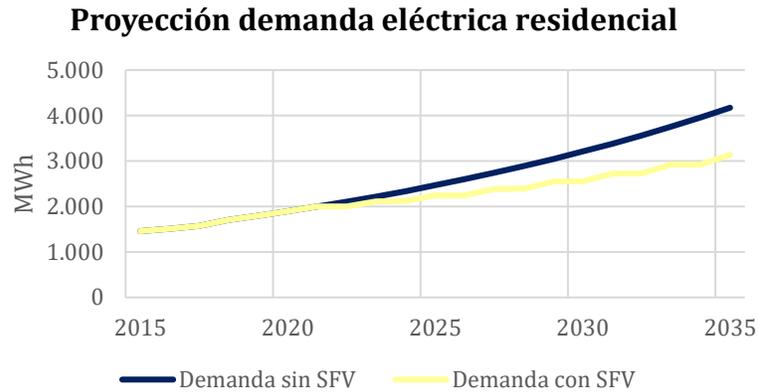


Figura 25: Proyección demanda Eléctrica Sector Residencial. Fuente: Elaboración propia a partir de Energía Abierta.

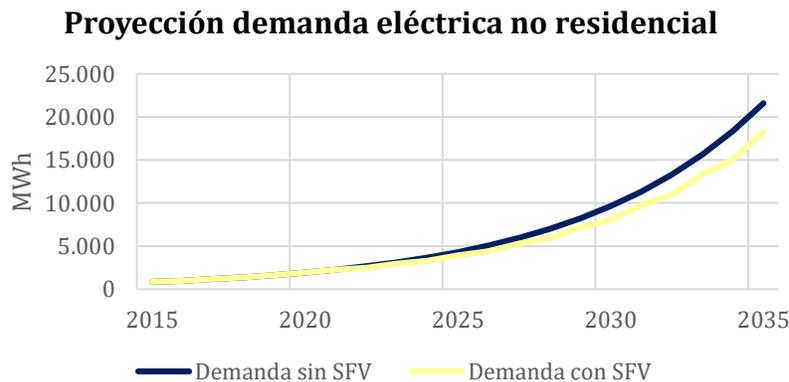


Figura 26: Demanda Eléctrica Sector No Residencial. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

3.5.2 Leña

Para el sector leña, y según los datos expuestos en los consumos de leña, se realizaron proyecciones con la metodología base del consumo promedio per cápita, y considerando el aumento poblacional determinado durante el CENSO 2017 se proyectó a 15 años. Cabe destacar que para el consumo de leña, se supuso la inserción de tecnologías de calefacción en base a pellets, con un porcentaje de penetración equivalente al 5% de la demanda anual energética de todos los sectores estudiados. Los datos recopilados se presentan a continuación:

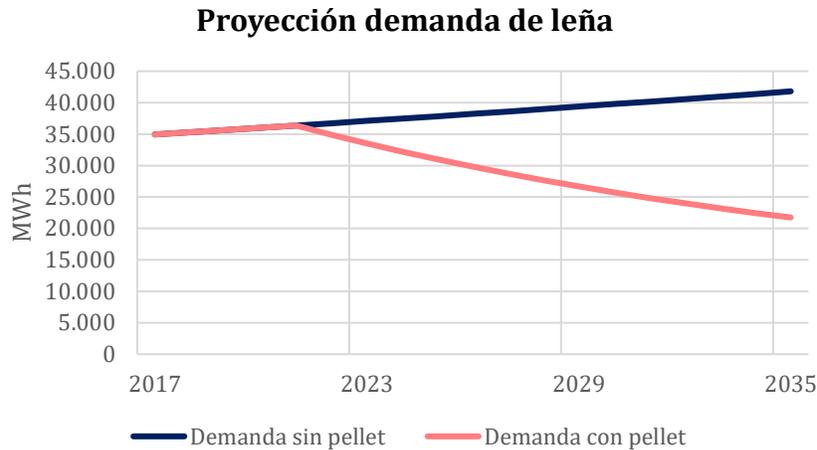


Figura 27: Proyección demanda de Leña Comuna de Futaleufú. Fuente: Elaboración Propia a partir de INE, CONAF.

Adicionalmente, se analizó de manera particular el sector público considerando únicamente la municipalidad, debido a que para el sector educación no se cuenta con los datos suficientes para realizar una proyección aterrizada a las condiciones de la comuna. Para la Municipalidad de Futaleufú, y considerando que ésta aún no se ha reconstruido posterior al incendio (ocurrido en marzo 2020), se tomarán en cuenta características de infraestructura y requerimientos similares a los del último edificio. Los resultados del análisis y proyección se pueden apreciar a continuación:

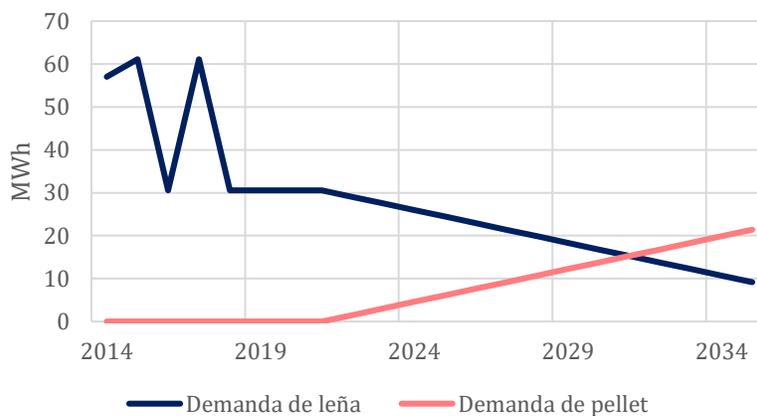


Figura 28: Demanda de Leña y Pellets Edificio Municipal. Fuente: Elaboración Propia a partir de INE, CONAF.

3.5.3 Gas licuado de petróleo

Para el sector GLP se proyectó en base a los datos de consumo per cápita y se consideró la inserción de tecnologías complementarias, específicamente sistemas solares térmicos (SST) para proporcionar agua caliente sanitaria (ACS). Para dicho análisis, se asumió un consumo promedio de 40 L ACS (45°)/habitante en viviendas multifamiliares y con los datos recopilados en el CENSO 2017 se proyectaron estos datos. Además, se consideró según los datos del “Informe Final de los Usos de Energía en los Hogares de Chile 2018” elaborado por el CDT, que para las Zonas Térmicas 7 (ZT7) el uso de GLP destinado para ACS significa el 85,2%. Los resultados del aumento de la demanda de GLP y las proyecciones en base a la inserción de SST se presentan a continuación:



Figura 29: Demanda de GLP Comuna de Futaleufú. Fuente: Elaboración Propia a partir de INE, CDT 2018.

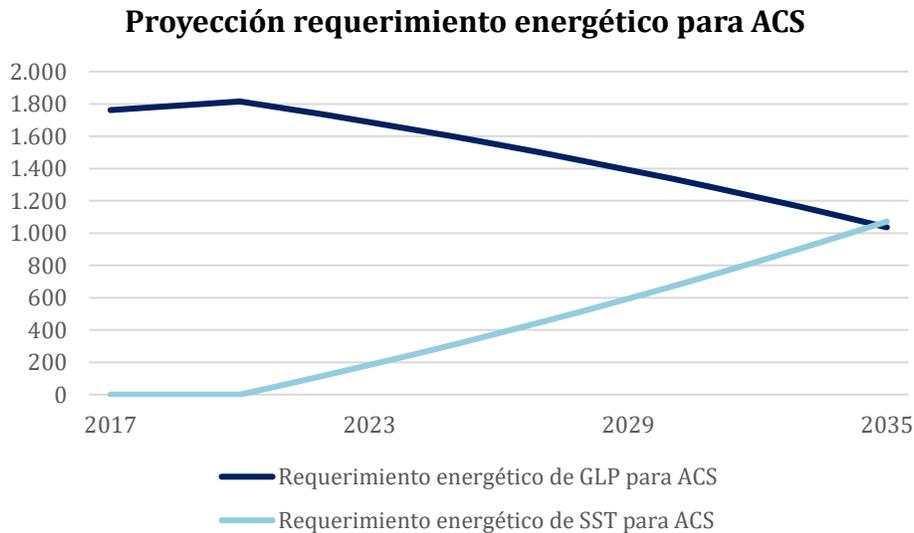


Figura 30: Requerimiento Energético para ACS por sistema. Fuente: Elaboración Propia a partir de INE, CDT 2018.

3.5.4 Resumen de la proyección

Proyectando el consumo eléctrico y térmico para todos los sectores tenemos lo siguiente:

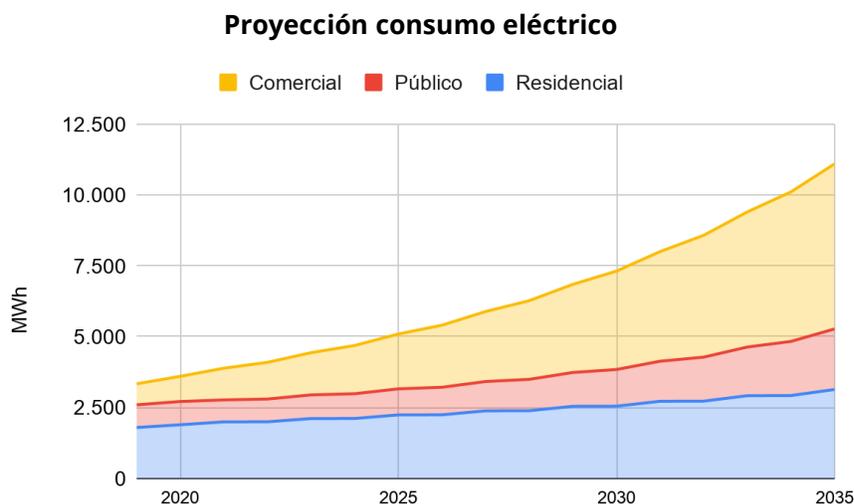


Figura 31: Proyección hasta 2035 del consumo eléctrico para todos los sectores. Fuente: Elaboración propia.

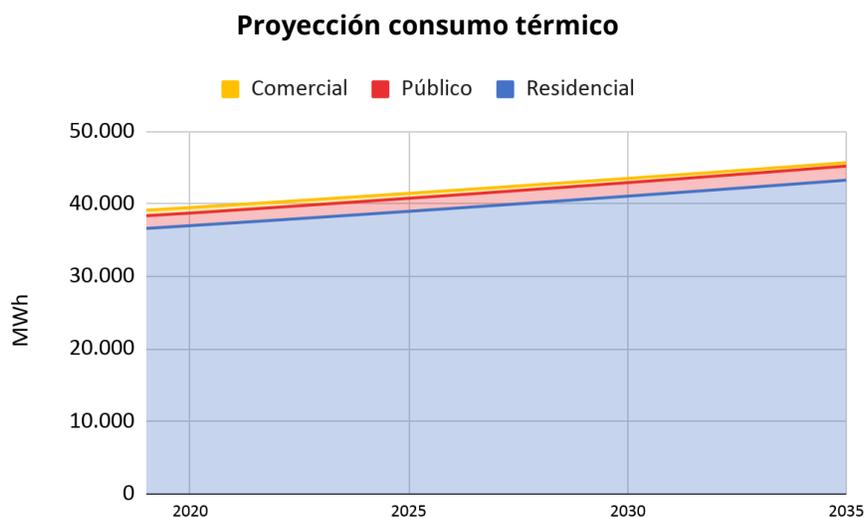


Figura 32: Proyección hasta 2035 del consumo térmico para todos los sectores. Fuente: Elaboración propia.

3.6 Sistema de transmisión actual

Para efectos de la EEL, se realizará un análisis específico de las líneas de transmisión eléctrica del subsistema de Palena y de la proyección del sector transmisión, según el “Estudio de planificación y tarificación de los sistemas medianos de Aysén, Palena y General Carrera”, además de información georreferenciada obtenida a través de la plataforma web de la Comisión Nacional de Energía (CNE).

3.6.1 Análisis del sistema de transmisión actual

Dentro del Sistema Eléctrico de Aysén (SEA), el subsistema de Aysén es el único que dispone de instalaciones de transmisión en alta tensión, mientras que el subsistema de Palena y de General Carrera se conectan directamente al sistema de distribución en baja tensión con líneas de 23 kV o inferiores.

Como se mencionó anteriormente, el subsistema de Palena tiene una capacidad instalada de 5,87 MW, cuya transmisión se divide en 6 tramos de media tensión, 4 que se reúnen en la subestación instalada en la central Puerto Ramírez-Río Azul, mientras que los otros 2 tramos abastecen las comunas más australes del subsistema, Puyuhuapi y Lago verde, que se conectan al resto del subsistema a través de la subestación ubicada en la comuna de La Junta.

Tabla 14: Tramos de Transmisión. Fuente: Elaboración Propia a partir de SAESA.

Tramo	Estado	Tensión
Río Azul – Santa Barbara	Desconectado (Agosto 2019)	23 kV
Río Azul – Palena	Conectado	23 kV
Río Azul – Futaleufú	Conectado	23 kV
Río Azul – La Junta	Conectado	23 kV
La Junta – Puyuhuapi	Conectado	23 kV
La Junta – Lago Verde	Conectado	23 Kv

A continuación, se muestra de manera georreferenciada, el recorrido de los tramos de transmisión media pertinentes al subsistema de Palena.



Figura 33: Línea de subtransmisión Subsistema de Palena. Fuente: www.energíamaps.cne.cl

Particularmente en el subsistema de Palena, existen unidades térmicas de apoyo, las cuales son encendidas en los momentos de máxima demanda, cuando la potencia abastecida por la central hidráulica de Río Azul (1,4 MW) no es suficiente. Estas centrales térmicas se conectan

directamente a la red de distribución en los núcleos urbanos de cada comuna, por lo que no se consideran dentro del sector transmisión en media tensión.

A continuación, se presenta en la tabla el resumen de la infraestructura eléctrica presente en la comuna de Futaleufú.

Tabla 15: Infraestructura de distribución. Fuente: EDELAYSEN.

Resumen en Infraestructura año 2019		
Parámetro	Valor	Unidad
Red de media tensión	94,023	Km
Red de baja tensión	39,496	Km
Subestaciones propias	96	Nº
Subestaciones de terceros	15	Nº
Transformadores	109	Nº
kVA instalados	1790	kVA

3.6.2 Proyectos nuevos de transmisión

Hasta la fecha no se encuentra en proceso de implementación o evaluación proyectos nuevos de transmisión, sin embargo, se considera que eventualmente se está pensando en realizar la conexión vía terrestre con la comunidad de El Espolón, lo que significa considerar una posible electrificación de la zona e inserción al sistema eléctrico.

3.6.3 Líneas de Distribución

Tal como se indica en la Tabla 15, la red de distribución en baja tensión asciende a 39,496 kilómetros de extensión, mientras que en media tensión existen 94,023 kilómetros. En el caso de las líneas de media tensión, se utilizan principalmente para el transporte de energía desde la central hidráulica de pasada ubicada en el Río Azul (Puerto Ramírez) hacia los polos de consumo, mientras que las líneas de distribución en baja tensión se distribuyen principalmente en el casco urbano y algunos sectores rurales. Las líneas de distribución en media y baja tensión se encuentran debidamente georreferenciadas en un archivo KMZ facilitado por EDELAYSEN e incluido en los archivos georreferenciados pertinentes al presente diagnóstico. A continuación, en línea azul, se identifican las líneas de mediana tensión y en color verde, las líneas de baja tensión, con un *zoom* al Área Urbana.

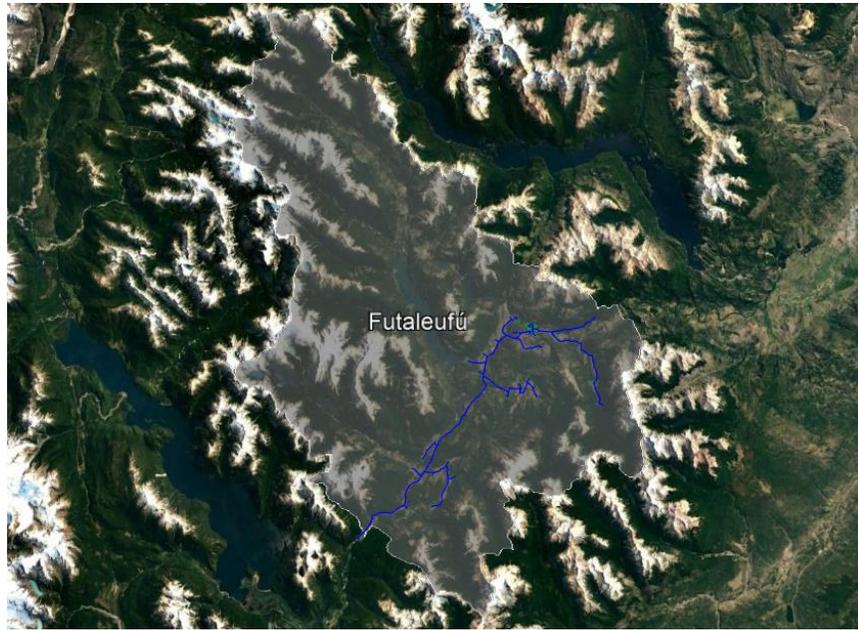


Figura 34: Líneas de Distribución en Media tensión. Fuente: Elaboración Propia a partir de EDELAYSSEN.



Figura 35: Líneas de Distribución en Baja Tensión. Fuente: Elaboración Propia a partir de EDELAYSSEN.

3.7 Resumen diagnóstico energético

3.7.1 Consumo de Energía

3.7.1.1 Electricidad

El consumo eléctrico de la comuna de Futaleufú llega a **un total de 3,1 GWh/año**, lo que se traduce en un consumo de **1.169 kWh/habitante**. Además, se destaca que un 55,1% de la demanda eléctrica pertenece al sector residencial, mientras que el 44,9% restante al sector no residencial.

El consumo eléctrico de la comuna ha ido creciendo, desde el 2015, a una tasa promedio de 10,2% anual, lo cual nos permite considerar la inserción de nuevas tecnologías dentro del sector eléctrico, ya sea para la generación, la oferta y la demanda de energía eléctrica.

3.7.1.2 Energía Térmica

El consumo de energía térmica en la comuna se estima en unos **39,8 GWh/año**, lo que se traduce en un consumo anual de **15 MWh/habitante*año y 39,3 MWh/vivienda*año**, una cifra considerablemente mayor al promedio zonal determinado en el “Informe Final de Caracterización Residencial 2018” elaborado por el Ministerio de Energía y el CDT, en el cual se determina un consumo promedio de 23,3 MWh/vivienda*año para viviendas en zonas térmicas 6 y 7.

De lo anterior, se desglosa que un 90,5% de la demanda energética térmica proviene del uso de leña, mientras que el resto proviene de combustibles fósiles (GLP y Diesel). Se destaca que actualmente se implementa leña con un porcentaje de humedad promedio de 26,4%. De esto se puede esperar un aumento en el uso de leña seca y la implementación de sistemas más eficientes para calefacción, para combatir mejor la contaminación atmosférica producto de los sistemas actuales.

3.7.2 Oferta de energía

La comuna de Futaleufú, debido a su geografía, se encuentra conectada al SEA, específicamente al subsistema de Palena. Actualmente la comuna entrega 0,88 MW de capacidad instalada de un total de 5,46 MW pertenecientes al subsistema, y el 100% de su aporte viene de sistemas en base a Petróleo. Se espera que en los próximos años la matriz del subsistema se pueda diversificar incorporando sistemas de energías renovables no convencionales, dentro las cuales destacamos la posible incorporación de una central hidráulica de pasada con una capacidad instalada de 0,35 MW creada en 2004 y ubicada en el sector de Lonconao, con lo que se lograría que un 28,5% de la capacidad instalada en Futaleufú provenga de ERNC.

La oferta de energía térmica en la comuna pertenece principalmente al recurso forestal del sector (94%) y en menor medida los combustibles fósiles Diesel y GLP.

3.7.3 Huella de carbono del sector energético

La huella de carbono para la comuna de Futaleufú considerando los consumos eléctricos y térmicos corresponde a 812.144 (kgCO₂eq), por lo que las emisiones per cápita serían 309,6 kgCO₂eq por habitante. A continuación, se presentan los resultados de las emisiones totales según consumo:

Tabla 16: Huella de carbono. Fuente: Elaboración propia

Consumo	Emisiones (kgCO ₂ eq)
Eléctrico	341.880
Térmico (GLP)	470.264
Total	812.144

3.8. Potencial disponible en ERNC

Se entenderá por ERNC las energías renovables no convencionales, es decir, fuentes generadoras de energía que usan fuentes renovables como agua, viento, sol o biomasa, y que en sus procesos productivos garantizan la preservación del recurso clave.

3.8.1 Biomasa

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, susceptible de ser aprovechada energéticamente. En este capítulo se analiza el potencial energético de biomasa húmeda, que corresponde a residuos orgánicos municipales (ROM), estiércol y purines de origen ganadero, y las aguas residuales tratadas en la planta depuradora para la comuna de Futaleufú, para los cuales se considera la digestión anaerobia para obtener biogás y producir electricidad; y biomasa seca, que corresponde a las áreas de bosques de distintos tipos de árboles, y se valoriza de forma térmica para la producción de electricidad.

3.8.1.1 Biomasa húmeda

En los Anexos 4.1, 4.2 y 4.3 se detallan los cálculos.

3.8.1.1.1 Residuos Orgánicos Municipales (ROM)

En Chile, según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), el promedio de generación de residuos sólidos per cápita es del orden de 1,2 kilogramos de residuo al día, lo que equivale a 440 kilogramos de residuo al año. Según datos del Banco Mundial (World Bank) la fracción orgánica correspondiente al total de residuos sólidos municipales es de un 54%. Estos residuos orgánicos, pueden servir como fuente de energía con el debido tratamiento, los biodigestores anaeróbicos pueden transformar la energía contenida en los residuos en biogás, una mezcla de gas metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), 60% y 40% respectivamente, el cual a su vez puede utilizarse para la generación de energía térmica y/o eléctrica.

3.8.1.1.2 Residuos Orgánicos Ganaderos

El estiércol de animales destinados para la ganadería presenta un alto potencial energético y con una correcta manipulación pueden valorizarse. Para este estudio se utilizó la metodología planteada en el "Manual de Biogás" creado por el Ministerio de Energía, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y Agricultura (FAO) y la Global Environment Facility (GEF), otorgando los datos necesarios para la estimación energética y producción de estiércol diaria por cada animal. Para efectos prácticos se consideró una producción menor de estiércol, ya que como los animales no se encuentran en establos cerrados la acumulación total de estiércol se ve imposibilitada. Además, gracias a los datos aportados por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) se pudo cuantificar la cantidad de animales por especie. Considerando un total de 376 predios inscritos, 1.430 cabezas bovinas, 30 cabezas porcinas, 46 cabezas caprinas y 1.623 cabezas ovinas se hicieron los cálculos energéticos. Cabe destacar que para la cantidad de cabezas caprinas no se obtuvieron datos referentes al año 2019, por lo que se consideraron los números del año 2018.

3.8.1.1.3 Aguas Residuales

La última fuente de energía que se considerará en este estudio son las aguas residuales generadas en la comuna, las cuales llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales de ESSAL. La planta cuenta con un tratamiento biológico, un sistema de lodos activados para tratar las aguas residuales de la zona urbana de la comuna. Esta tecnología debe purgar una cantidad considerable de materia orgánica al día, es decir, las bacterias que degradan la materia orgánica se reproducen, pero deben salir del sistema para que este se mantenga estable en el tiempo. A esa salida de bacterias se le llama purga y tiene un alto contenido de materia orgánica concentrada, la cual se puede recircular a un digestor anaerobio, para la producción de biogás. Ese proceso es el que se estudiará en esta sección como una potencial fuente de energía.

3.8.1.1.4 Resultados Biomasa Húmeda

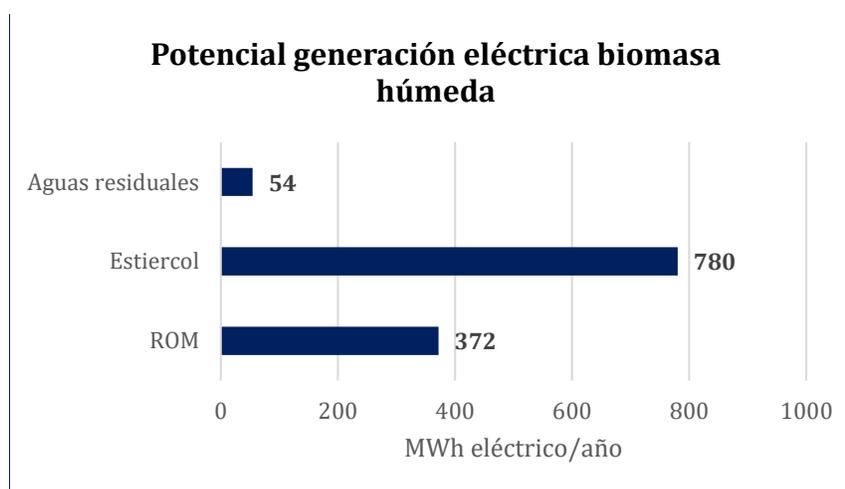


Figura 36: Generación Eléctrica Biomasa Húmeda. Fuente: Elaboración Propia a partir de Manual de Biogás 2011, Dafne Crutchik.

Potencial generación térmica biomasa húmeda

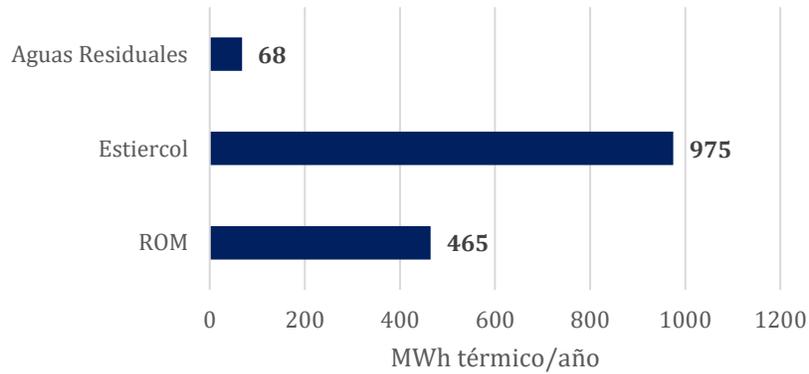


Figura 37: Generación Térmica Biomasa Húmeda. Fuente: Elaboración Propia a partir de Manual de Biogás 2011, Dafne Crutchik.

3.8.1.2 Biomasa seca

La comuna de Futaleufú tiene un área total de 123,5 mil hectáreas, cuya división en términos del uso del terreno se observa en el siguiente gráfico. Para efectos de este estudio, se considera el área correspondiente a bosques de la comuna para calcular el potencial energético de la biomasa seca del sector, el que equivale al 51% del total, específicamente a 63,3 mil hectáreas de bosque.

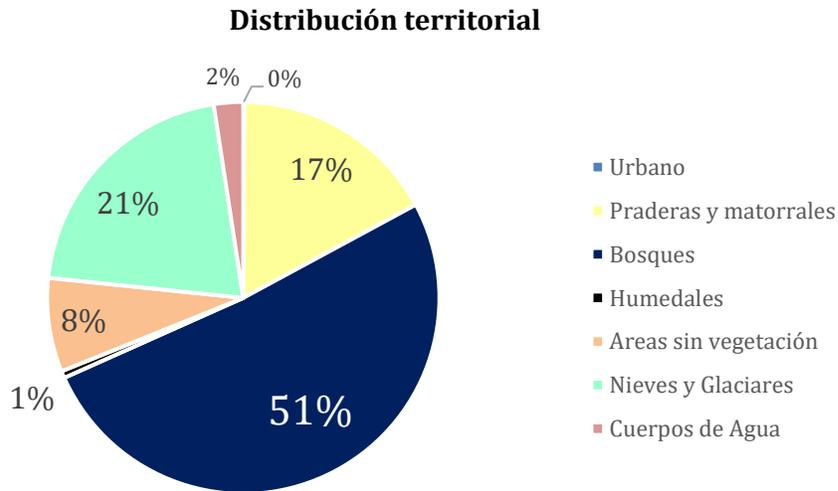


Figura 38: Distribución porcentual de áreas de la comuna. Fuente: Elaboración Propia a partir de CONAF.

Ahora, respecto al área de bosques, el gráfico siguiente muestra el tipo forestal de la zona, es decir, la cantidad de hectáreas usadas por cada especie de árbol presente, con su respectivo porcentaje del total.

Proporción de bosque por tipo forestal

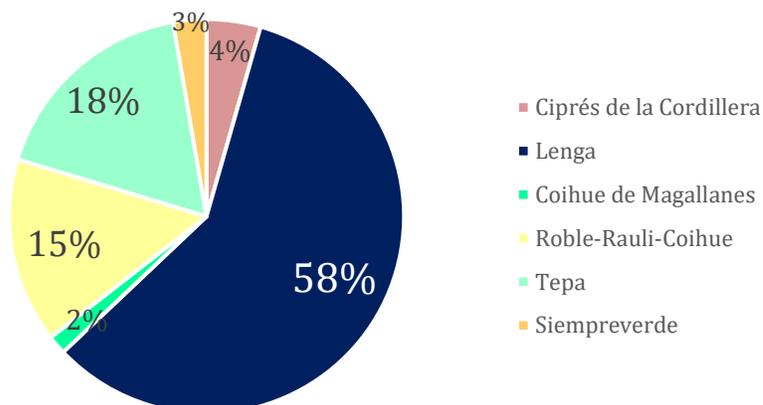


Figura 39: Proporción de bosque por tipo Forestal. Fuente: Elaboración Propia a partir de Conaf.

A partir de los datos otorgados por el sistema de información territorial de CONAF en el 2016, se puede apreciar que el principal tipo forestal corresponde a la Lenga. Contemplando un potencial de energía eléctrica instalable de 11,8 MWe, se alcanza una generación total de 275,9 GWh al año, de los cuales son 82,8 y 193,16 GWh eléctricos y térmicos, respectivamente, como se observa en el siguiente gráfico. Cabe destacar que dentro del estudio se excluyen las áreas protegidas contempladas en la Reserva Nacional Futaleufú.

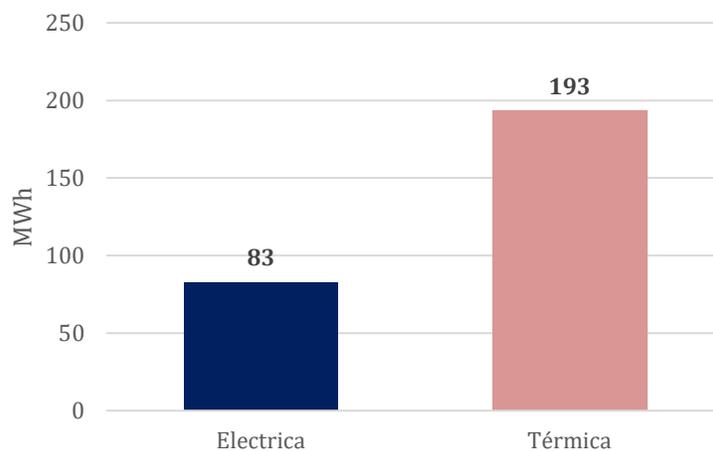


Figura 40: Potencial energético de la biomasa seca. Fuente: Elaboración Propia.

3.8.2 Solar

3.8.3.1 Solar térmico

3.8.3.1.1 Sector Residencial

El potencial de energía solar térmica en el sector residencial, debido a los niveles de radiación presentes en la zona geográfica, será estimada bajo el concepto de generación de Agua Caliente Sanitaria (ACS). No se considera otros usos tecnológicos, como por ejemplo, climatización a través de energía solar térmica, debido a que las tecnologías no han madurado lo suficiente como para proveer precios competitivos y ajustados a la realidad socioeconómica de la comuna de Futaleufú.

Tabla 16: Promedio mensual de radiación incidente horizontal en la Comuna de Futaleufú. Fuente: Elaboración Propia a partir de Explorador Solar MINERGIA, FCFM.

Promedio mensual de la insolación diaria [kWh/m2/día]												
Mes/ Radiación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	4,89	4,12	2,71	1,64	0,93	0,58	0,72	1,17	1,97	2,75	3,62	4,39
Difusa	2,11	1,85	1,59	1,14	0,78	0,61	0,72	1,07	1,56	2,03	2,43	2,45
Global	7	5,97	4,3	2,78	1,71	1,19	1,44	2,24	3,53	4,78	6,05	6,84

De acuerdo con las estadísticas e información Censal del año 2017 del Instituto Nacional de Estadísticas, se desprende que el número de habitantes por vivienda en la Comuna de Futaleufú corresponde a 2,62 habitantes por vivienda, considerándose sólo las viviendas que al momento del Censo 2017, se encontraban con moradores habitando, por lo que se dejan de lado las viviendas desocupadas (101) y aquellas que tienen régimen estacionario (176), vale decir, que se arriendan solo durante la temporada alta (Diciembre-Febrero). Es así como el cálculo se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 17: Datos para determinar número de habitantes por vivienda. Fuente: Elaboración Propia a partir de Censo 2017 INE.

Parámetro	Valor
Número de Habitantes en la Comuna	2623
Número de viviendas particulares	1002
Número promedio de habitantes por vivienda	2,62

Es así como el potencial de generación de ACS para el sector residencial se estima dimensionando un sistema solar para una vivienda unifamiliar con 3 personas, que de acuerdo con la normativa técnica nacional de la ley 20.365, corresponde a un consumo de ACS de 120 [litros/día] de agua caliente a 45 °C por vivienda. Se evaluará la utilización de un sistema de tubos al vacío, ya que presentan un mejor rendimiento para climas fríos como es el de la Comuna de Futaleufú. Las características del colector solar para ACS seleccionadas, para una vivienda con orientación de aguas norte-sur, se presentan a continuación.

Tabla 18: Parámetros seleccionados para Colector Solar. Fuente: Elaboración Propia a partir de TS-101 Thermo Solar SK.

Parámetro	Valor	Unidad
Área de captación	2,02	m2
Área bruta requerida	2,2	m2
Relación (V/A)	59,4	L/m2
Volumen de Acumulación	120	L
Orientación (azimut)	0	°
Inclinación	45	°
Consumo de ACS	120	L
Rendimiento Óptico	71,9	%
Factor lineal de pérdida	3,211	W/m2 K

Con los parámetros presentados en la tabla anterior, se realiza la simulación de generación para una vivienda unifamiliar con orientación de aguas norte-sur, con el método F chart, el cual es un algoritmo de cálculo para la verificación del cumplimiento de la Contribución Solar Mínima (CSM) de Sistemas Solares Térmicos (SST) que se acogen al beneficio tributario que establece la Ley 20.365, que incluye el algoritmo y la base de datos que se señalan en la norma técnica RES. (E) N°502. Luego, el análisis se realiza para las viviendas con aguas este-oeste. Se concluye que en ambos escenarios se cumple con la CSM que exige la Ley. Los resultados se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 19: Resultados obtenidos de la simulación F chart. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetro	Escenario Norte-Sur	Escenario Este-Oeste
Contribución Solar [kWh/año]	1237	887
Contribución Solar [%]	65%	47%

Luego, al extrapolar, los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 20, considerando el total de viviendas con orientación norte-sur u oriente-poniente. Para definir este número, se utilizó la herramienta Google Earth, con el cual se pudo estimar que aproximadamente el 52 % de los hogares presentan orientación norte-sur, mientras que el 48 % restante, son de ubicación este-oeste.

Tabla 20: Resultados de Potencial de Energía Solar Térmica en ACS, para el sector residencial. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetro	Valor	Unidad
Contribución SST x Viviendas techo norte	1237	[kWh/año·vivienda]
Contribución SST x Viviendas techo poniente	887	[kWh/año·vivienda]
N° Viviendas techo norte	521	[vivienda]
N° Viviendas techo poniente	481	[vivienda]
Total Potencial Vivienda	1071	[MWh/año]

Para llevar estos datos a un alcance real se considerará la inclusión de SST en un 5% de las viviendas a partir del año 2021 y realizando una proyección a 15 años, considerando el aumento

poblacional y de viviendas entregado por el INE con los datos recopilados en el CENSO 2017, se pueden observar los siguientes resultados:

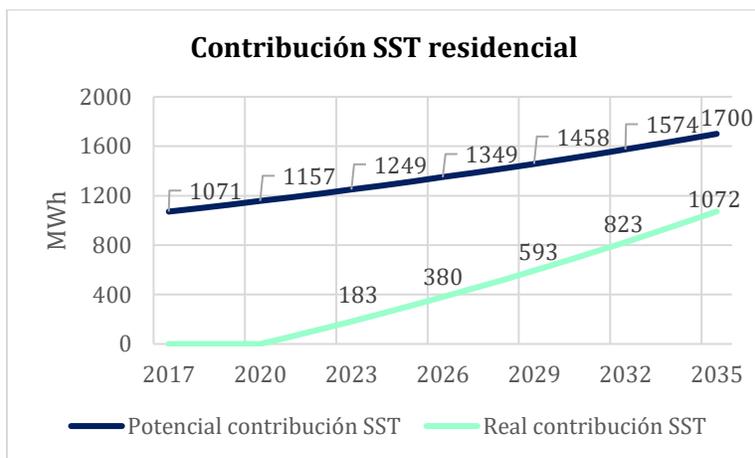


Figura 41: Contribución SST Residencial con porcentaje de penetración. Fuente: Elaboración Propia.

3.8.3.2 Solar fotovoltaico

3.8.3.2.1 Residencial

Para la estimación del potencial solar fotovoltaico del sector residencial, se consideraron las viviendas con orientación norte-sur y oriente-poniente para la instalación de paneles fotovoltaicos de 1 y 2 kWp coplanares a sus techos. La razón por la cual se consideran solamente estos sistemas es que para sistemas más grandes, de 3 kWp, la generación anual es superior al consumo anual promedio de cada vivienda, y debido a la ley de Net-Billing presente en Chile, el beneficio del sistema solar fotovoltaico se genera por el autoconsumo, y no por la inyección de energía a la red, dejando a los sistemas más grandes con una menor factibilidad económica por su mayor inversión inicial y poco beneficio extra.

Se utilizó el explorador solar del Ministerio de Energía para calcular la energía total producida al año por cada vivienda con su respectiva orientación, además, se incluye el supuesto de que el inversor tiene una eficiencia del 96%, y que su capacidad es igual a la de los paneles analizados.

De las 1002 viviendas registradas en la comuna de Futaleufú, el 52% tiene una orientación más favorable, hacia el norte, y el 48% restante tiene una orientación oriente y poniente, disminuyendo un poco la generación del sistema.

En las siguientes tablas se puede ver la generación por cada vivienda, y el potencial anual de generación total para los dos casos expuestos anteriormente.

Tabla 21: Potencial Generación Eléctrica Sistema 1 kWp. Fuente: Elaboración Propia a partir de Explorador Solar, Min. Energía, Censo 2017 (INE).

Capacidad Instalada 1 kWp		
Parámetro	Valor	Unidad
Contribución SSPV x Viviendas techo norte	1184	[kWh/año·vivienda]
Contribución SSPV x Viviendas techo oeste	934	[kWh/año·vivienda]

N° Viviendas techo norte	521	[vivienda]
N° Viviendas techo oeste	481	[vivienda]
Total Potencial Vivienda	1066	[MWh/año]

Tabla 22: Potencial Generación Eléctrica Sistema 2 kWp. Fuente: Elaboración Propia a partir de Explorador Solar, Min. Energía, Censo 2017 (INE).

Capacidad Instalada 2 kWp		
Parámetro	Valor	Unidad
Contribución SSPV x Viviendas techo norte	2369	[kWh/año·vivienda]
Contribución SSPV x Viviendas techo oeste	1868	[kWh/año·vivienda]
N° Viviendas techo norte	521	[vivienda]
N° Viviendas techo oeste	481	[vivienda]
Total Potencial Vivienda	2133	[MWh/año]

De esta forma se puede apreciar que para un sistema de 1 kWp, la comuna tiene un potencial de generación eléctrica de **1,066 MWh** al año, y que para sistemas de 2 kWp se tiene una generación anual de **2,133 MWh**.

Similarmente a los SST, se debe cuantificar un alcance real del sistema, para lo cual se usará un supuesto de porcentaje de penetración, en donde se considerará una inserción de sistemas solares fotovoltaicos que suplan el 5% la demanda eléctrica residencial anual de la comuna, y un aumento de los sistemas cada 2 años. Los resultados se pueden apreciar a en la siguiente figura:

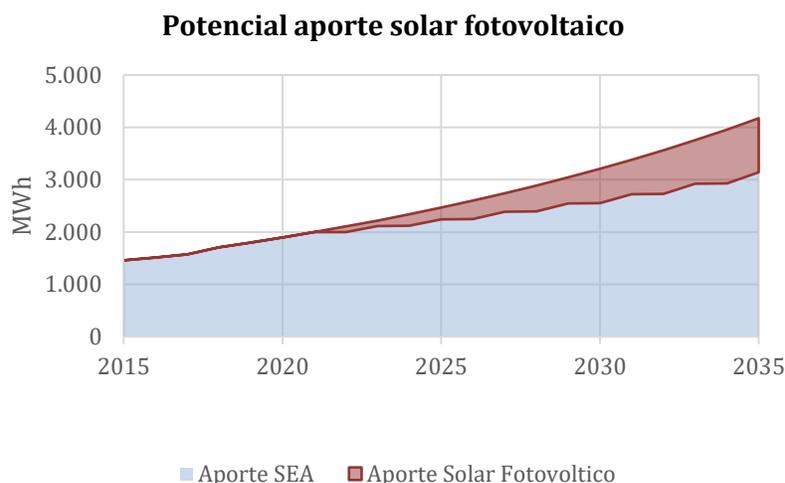


Figura 42: Aporte Sistema Solar Fotovoltaico a Demanda Residencial. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

3.8.3 Eólico

Para la estimación del recurso eólico, se sigue la metodología desarrollada por el Ministerio de Energía en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für (GIZ) y publicada en el contexto del

proyecto “Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los Sistemas Eléctricos Interconectados”. La metodología utilizada proviene del estudio “Energías Renovables en Chile; El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé”. Se utilizará, como herramienta para la determinación del potencial, el explorador eólico, perteneciente al Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile en conjunto con GIZ. Las simulaciones fueron realizadas usando el modelo Weather Research and Forecasting (WRF).

Se destaca que se considerará un factor de corrección del 5% para los cálculos de magnitud del viento y producción eólica. Además, otro factor a considerar es el efecto de las pérdidas en la producción y la incertidumbre de la metodología empleada, por lo que MINERGI A y GIZ optan por ajustar las series de magnitud de viento simuladas con WRF, de modo que se obtenga un 75% de la producción modelada. Por otro lado, se realizó un estudio del terreno y junto al explorador eólico se determinó las zonas territoriales más adecuadas para los dos tipos de turbinas seleccionados, “VESTA V90” y “VESTA V63” (3 MW y 1,5 MW respectivamente). Todos estos análisis y estudios se pueden encontrar en el Anexo 4.4.

Los resultados obtenidos en cuanto a las superficies aptas para el emplazamiento de proyectos eólicos determinaron tres zonas posibles, los sectores de “El Limite”, “Río Chico” y “Las Escalas”. En la siguiente figura se pueden apreciar de manera georeferenciada en color gris claro, además, se muestra en color naranja la Zona de Interés Turístico y en verde claro, el área correspondiente a la Reserva Nacional Futaleufú.

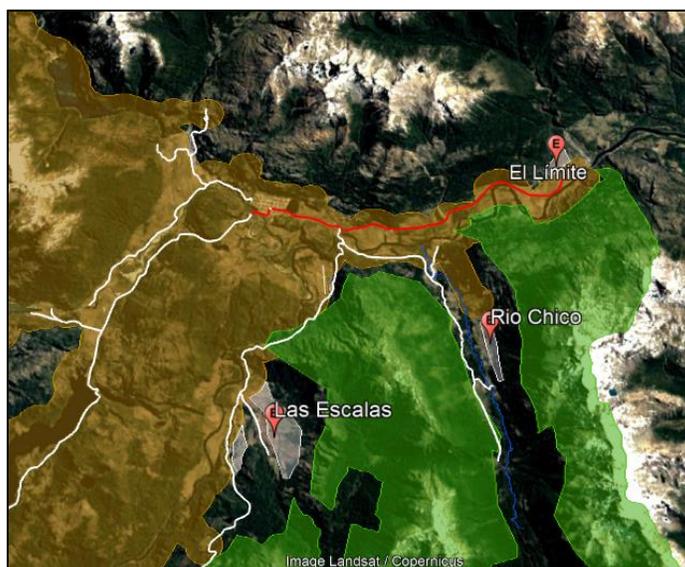


Figura 43: Superficies disponibles para proyectos eólicos que cumplen con las restricciones territoriales. Fuente: Elaboración Propia a través de Google Earth.

El resultado de la evaluación del recurso eólico, considerando todas las restricciones territoriales mencionadas anteriormente, con excepción de la relativa al factor de planta del área en cuestión, y en donde la generación anual corresponde a la instalación de una sola turbina, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 23: Evaluación del recurso eólico en los valles identificados que cumplen con las restricciones territoriales. Fuente: Elaboración Propia.

Altura de buje	Energía	Factor de	Factor de Planta
----------------	---------	-----------	------------------

	en evaluación [m]	anual [GWh]	Planta WRF	corregido
Las Escalas 1,5 MW	100	1,79	13,6%	10,2%
Las Escalas 3 MW	100	3,40	13,0%	9,7%
Las Escalas 1,5 MW	60	1,46	11,1%	8,3%
El Límite 1,5 MW	100	5,67	43,1%	32,4%
El Límite 3 MW	100	10,87	41,4%	31,0%
El Límite 1,5 MW	60	5,95	45,3%	33,9%
Rio Chico 1,5 MW	100	2,14	16,3%	12,2%
Rio Chico 3 MW	100	4,05	15,4%	11,6%
Rio Chico 1,5 MW	60	0,99	7,6%	5,7%

De la tabla anterior, y considerando la restricción respecto al factor de planta mínimo instalable, se desprende que la única localización factible para la implementación de proyectos eólicos corresponde a la del sector denominado como “El Límite”, optimizando la producción de energía con una turbina de 1,5 MW de potencia nominal, a una altura de buje de 60 metros. El factor de planta obtenido se justifica debido a que aproximadamente el 63% del tiempo existen regímenes de viento superiores a 6 m/s.

Bajo la regla de “micrositting”, la cual se usa para saber la distancia que debe haber entre turbinas eólicas, se considerará un criterio medio de 4 diámetros de rotor en el eje perpendicular a la dirección del viento y de 7 diámetros de rotor en el eje de la dirección del viento, por lo que en definitiva se pueden instalar un máximo de 6 turbinas en el área analizada, las cuales en conjunto sumarían 9 MW de capacidad instalada. **La instalación de las 6 turbinas “Vesta V63” de 1.5 MW equivale a una producción anual de energía igual a 35,7 GWh eléctricos.**

3.8.4 Hidroeléctrico

La palabra Futaleufú, proviene de las palabras en mapudungun “Futa” y “lewfú”, las cuales significan grande y río, respectivamente, por lo que no es extraño que Futaleufú presente un alto potencial en generación hidroeléctrica, pero si analizamos la realidad regional, la comuna de Futaleufú se consolida como la tercera comuna con mayor disponibilidad del agua en la región, antecedida por Palena y Cochamó, lo cual se puede observar en el siguiente gráfico.

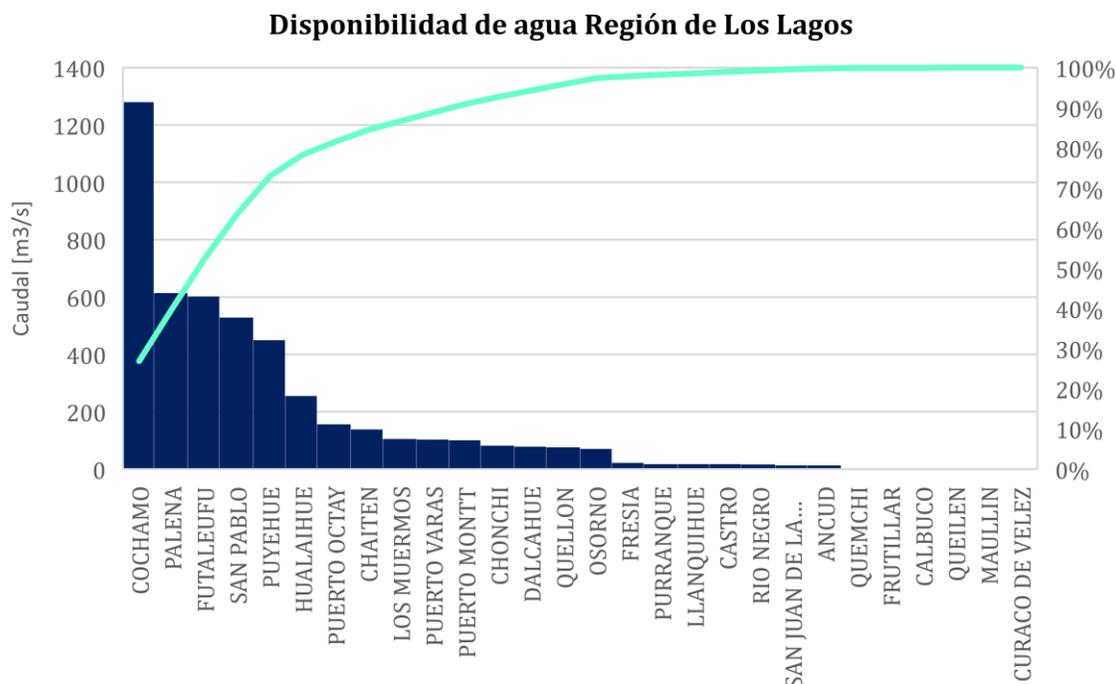


Figura 44: Disponibilidad de Agua Región de Los Lagos. Fuente: Elaboración Propia a partir de Explorador DAAAC. MINERGIAY FCFM.

Se estima el potencial hidroeléctrico utilizando datos de la Dirección General de Aguas (DGA) y el Ministerio de Energía, a través del explorador de derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos (DAANC) y simulaciones numéricas de los caudales de los cuerpos de agua a estudiar. Para esto se sigue la metodología propuesta por MINERGIAY la GIZ, “Energías Renovables en Chile, el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé”. Por otro lado, se estudiaron restricciones técnicas y territoriales para realizar las evaluaciones del recurso, entre estas están un factor de planta > 50%, excluir zonas de protección y mantener una distancia de 60 metros o más de caminos, líneas férreas y senderos.

El análisis de los DAANC, las restricciones y la metodología de estudio de las potencias media y teórica se pueden encontrar en el Anexo 4.5.

De acuerdo con la metodología y como se mencionó anteriormente en las restricciones, sólo se considerarán como posibles centrales, aquellas que presenten un factor de planta anual superior al 50 %. Explicado lo anterior, se concluye que el potencial hidroeléctrico para la comuna de Futaleufú asciende a 2805 GWh al año, con una Potencia Media Instalable de 464,72 MW, como se puede apreciar en la tabla a continuación.

Tabla 24: Potencial de generación hidráulica, Comuna de Futaleufú. Fuente: Elaboración Propia a partir de MINERGIAY GIZ (2014).

Potencial Hidroeléctrico	Potencia Media [MW]	Energía Anual [GWh]	Desnivel [m]	Factor de Planta
Río Futaleufú	416	2511	100	68,9%
Río Espolón	48,72	294,15	101	57,7%
Total	464,72	2805,16	-	-

3.8.5 Geotermia

El potencial geotérmico para la comuna se desestima debido a que a la fecha no existen registros de explotación en el Servicio Nacional de Geología y Minería, y sin antecedentes es imposible determinar un estudio de potencial energético. Además, en la evaluación de los Recursos Geotérmicos de la Región de Los Lagos, se presenta el mapa de Favorabilidad Geotérmica de la Cordillera Principal, en donde se puede apreciar una favorabilidad geotérmica menor al 25%.

3.9 Resumen Potencial Disponible ERNC

3.9.1 Electricidad

El potencial de generar energía eléctrica por fuentes renovables no convencionales llega hasta los 2.800 GWh/año superando con creces la demanda energética de 3,1 GWh/año de Futaleufú, y también del subsistema de Palena de 12,5 GWh/año.

Potencial de generación eléctrica con ERNC

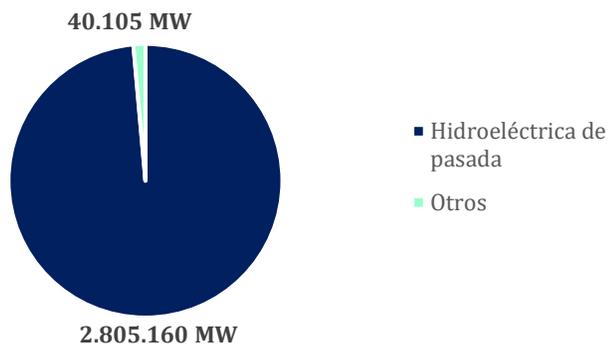


Figura 45: Potencial de generación de Energía eléctrica con ERNC. Fuente: Elaboración Propia.

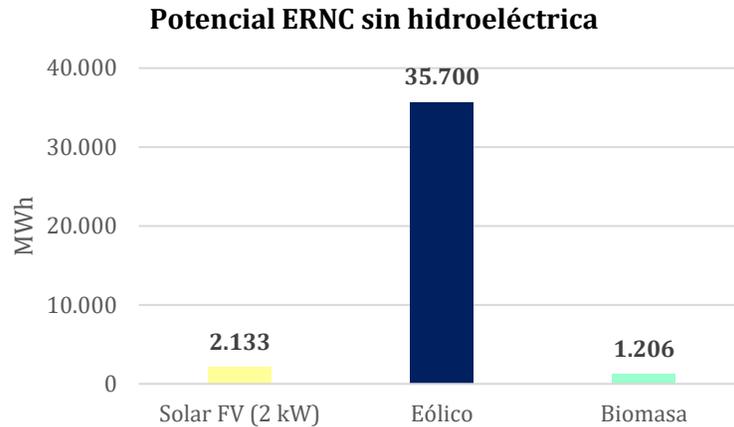


Figura 46: Potencial de generación de Energía eléctrica con ERNC sin considerar hidroeléctrica. Fuente: Elaboración Propia.

El potencial de generación con ERNC es influenciado fuertemente por el potencial hidroeléctrico de pasada. En este punto se debe mencionar que para considerar un proyecto hidroeléctrico como ERNC este debe ser de pequeña escala, esto es no mayor a 20 MW de capacidad instalada, y para fines teóricos el potencial calculado es considerando instalaciones con full capacidad del caudal disponible, por lo que se demuestra un potencial gigantesco que puede ser fuertemente aprovechado y aterrizado a la realidad local con pequeñas centrales de pasada.

3.9.2 Energía térmica

El potencial de producción de energía térmica con ERNC dentro de la comuna de Futaleufú se evaluó a través de Biomasa Húmeda (Residuos Orgánicos Municipales, Estiércol y Aguas Residuales), Biomasa Seca (recurso forestal) y Sistemas Solares Térmicos. Los resultados del potencial de generación energética se presentan a continuación:

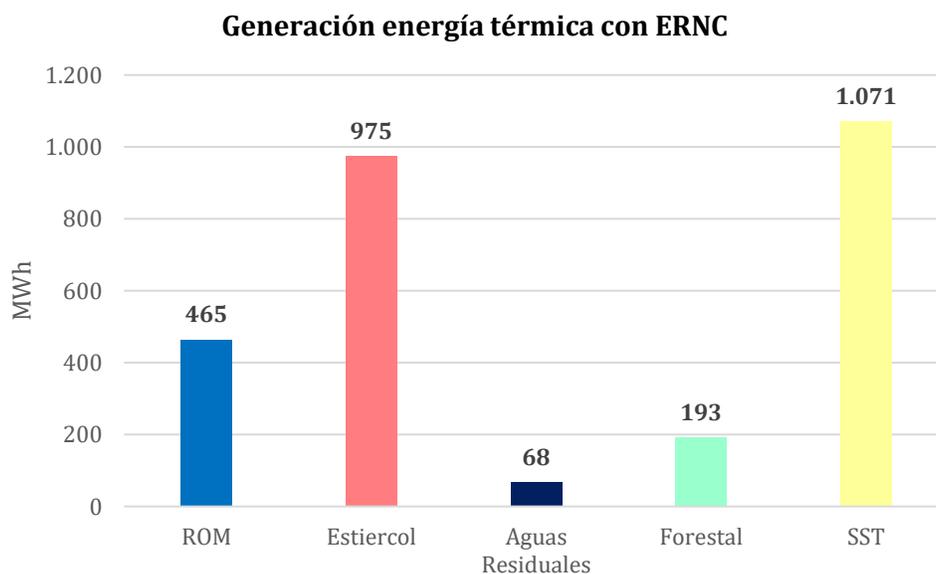


Figura 47: Generación de Energía Térmica con ERNC. Fuente: Elaboración Propia.

Se destaca que un 38,6% de la generación energética vendría de los Sistemas Solares Térmicos, mientras que un 54,4% de los sistemas de generación son en base a Biomasa Húmeda (ROM, Estiércol y Aguas Residuales).

3.10 Potencial Eficiencia Energética

El consumo eléctrico en la comuna de Futaleufú, ha crecido a una tasa de 7,7% anual desde el año 2015 hasta el año 2019, llegando a un consumo total de 3.107,9 MWh. Un crecimiento bastante grande en comparación a otras comunas del país que presentan implementadas EEL y son parte del programa Comuna Energética, como es el caso de Antofagasta, comuna que desde el año 2015 hasta el año 2019 presenta una disminución en el consumo eléctrico equivalente a 3.17%, logrando ser una comuna eficiente. En los siguientes gráficos se puede ver representado dicho crecimiento para las comunas de Futaleufú y Antofagasta respectivamente:

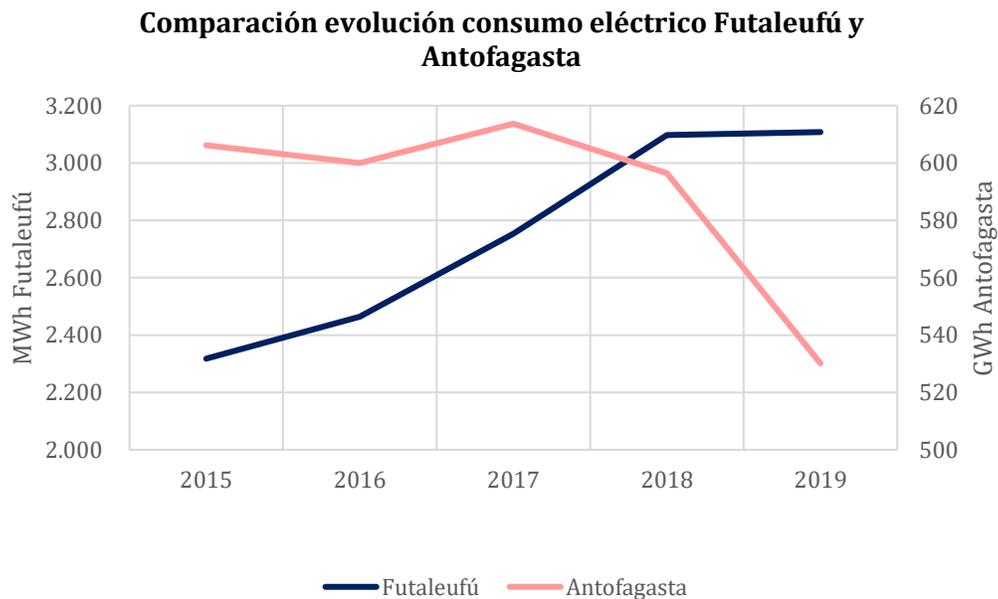


Figura 48: Comparación de la evolución del consumo eléctrico de Futaleufú y Antofagasta. Fuente: Elaboración Propia a partir de Energía Abierta.

La eficiencia energética no solo se traduce en una reducción del consumo energético, sino también en reducción de los gases de efecto invernadero (GEI), permite tener menores costos asociados, lo que fomenta la competitividad del sector productivo y entrega mayor calidad de vida. En este capítulo se revisarán criterios de eficiencia energética eléctrica y térmica tanto para el sector residencial como público y comercial de la comuna de Futaleufú.

3.10.1 Sector Residencial

Para la estimación del potencial de eficiencia energética en el sector residencial se trabajó con los siguientes documentos:

- “Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social”. Elaborado el año 2009 por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) y el Programa País de Eficiencia Energética del CNE. (MINVU 2009)
- “Reacondicionamiento de térmico de viviendas: Criterios de intervención Integral”. Elaborado el año 2015 por Javiera Paz Guevara Garrido, Ingeniera Civil, Universidad de Chile. (JPGG 2015)
- “Alternativas tecnológicas para calefacción residencial con energías renovables no convencionales aplicables a la realidad chilena”. Elaborado el año 2014 por la Fundación para la Transferencia Tecnológica de la Universidad de Chile. Encargado por el Ministerio de Medio Ambiente. (UCH 2014)
- “Informe Final de Usos de la Energía de los Hogares de Chile”. Elaborado el año 2018 por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción. Encargado por el Ministerio de Energía (CDT 2018)

Además de los textos mencionados, se trabajó con la información recopilada en el Diagnóstico Energético de esta EEL.

3.10.1.1 Potencial de Eficiencia Energía Térmica

De los datos recopilados por el INE en el CENSO 2017, se tiene la siguiente información en cuanto a las viviendas de la comuna de Futaleufú:

Tabla 25: Viviendas comuna de Futaleufú según Índice de Materialidad. Fuente: Elaboración Propia a partir de CENSO 2017.

Total Viviendas	Índice de Materialidad			Viviendas con Materialidades Ignoradas
	Aceptable	Recuperable	Irrecuperable	
1.002	818	165	11	8

La reglamentación térmica chilena, creada por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), puede ser dividida en tres etapas dependiendo de la envolvente considerada en la reglamentación:

Tabla 26: Reglamentación térmica. Elaboración Propia. Fuente: OGUC

Reglamentación Térmica		
Pre 2000	Entre 2000 y 2007	Post 2007
Sin reglamentación térmica	Reglamentación térmica para techumbre	Reglamentación térmica para pisos ventilados, muros y ventanas

Con la reglamentación térmica presente, es importante destacar que gran parte del potencial de eficiencia energética térmica vendrá ligada a la capacidad de reacondicionamiento térmico

de las viviendas de la comuna. Para una vivienda en zona térmica 7 se tiene el siguiente consumo energético según la aislación que presente la vivienda.

Tabla 27: Consumo Energía Térmica en ZT 7. Fuente: Elaboración Propia a partir de OGUC 2007, JPGG 2015.

Consumo Energético Térmico Promedio de Vivienda en ZT 7 [kWh/m²*año]		
Sin aislación	Aislación en techo	Aislación en techo y muros
830	518	314

Se puede apreciar una reducción de 62% del requerimiento energético térmico al aislar muros y techo. Ahora, considerando que la gran mayoría de construcciones de viviendas en Futaleufú son autoconstruidas, podemos decir que estas en gran parte no contemplan estándares de eficiencia propuestos por la OGUC. De esta forma y conociendo que no existe un catastro de las edificaciones residenciales de la comuna el cálculo del potencial de eficiencia energética no es representativo, sin embargo, el potencial de eficiencia al reacondicionar térmicamente las viviendas de las comunas se espera que sea alto, considerando que en un gran porcentaje de los casos estos no siguen una normativa técnica sobre los aislantes.

Por otro lado, tomando en cuenta los datos presentados en el capítulo 2.5.2 *Proyección de la Demanda de Leña*, podemos determinar un potencial de eficiencia energética bastante alto, relacionado directamente al uso de leña, en particular a la humedad de la leña. Como se vio anteriormente, la humedad de la leña influye directamente en su capacidad calorífica, por lo que para el análisis de eficiencia se realizó la proyección de la demanda energética de leña, incorporando leña con distintos porcentajes de humedad. Se logró identificar una considerable reducción en cuanto a los m³ de leña necesarios para suplir la demanda de energía térmica, suponiendo que cada cuatro años se disminuye la humedad de la leña consumida. Los resultados se muestran en el gráfico a continuación: en triángulos azules la demanda actual de leña a 26,4% de humedad, en pentágonos verdes la demanda de leña a 25% de humedad, en cuadrados amarillos la demanda de leña a 24% de humedad, en círculos rojos la demanda de leña a 21,5% de humedad y en hexágonos naranjos la demanda de leña a 20% de humedad:

Proyección demanda de leña

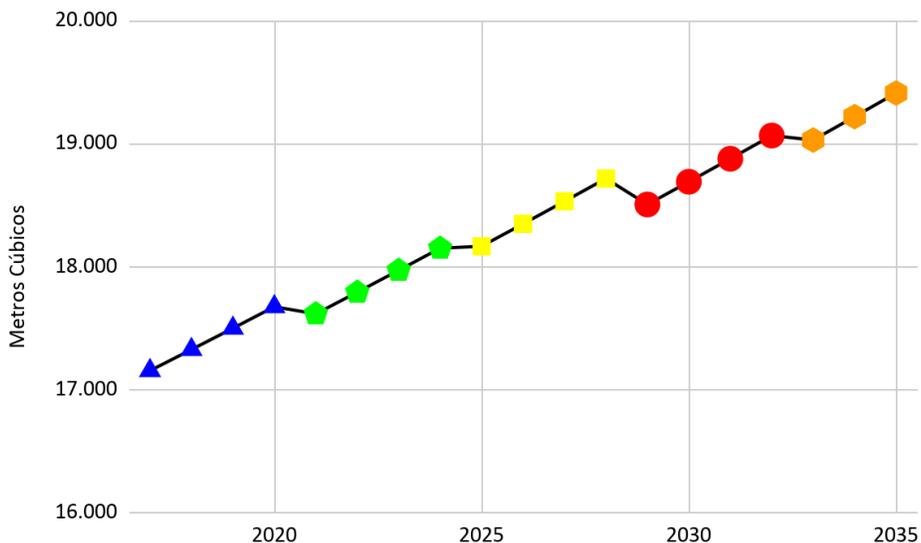


Figura 49: Proyección de la demanda de leña (m³) disminuyendo el porcentaje de humedad cada cuatro años. Fuente: Elaboración Propia a partir de CONAF.

Se observa que al disminuir la humedad de la leña la proyección del consumo es menor, ya que, en el caso de no disminuir la humedad, se seguiría la tendencia de la línea con triángulos azules. Esto ya que la leña más seca entrega potenciales energéticos mucho mayores, es decir, se requiere de menor cantidad de leña para generar la misma cantidad de energía. Esto se puede apreciar de manera resumida en el siguiente gráfico, el cual contrapone los m³ con los MWh para distintos porcentajes de humedad.

Capacidad energética leña

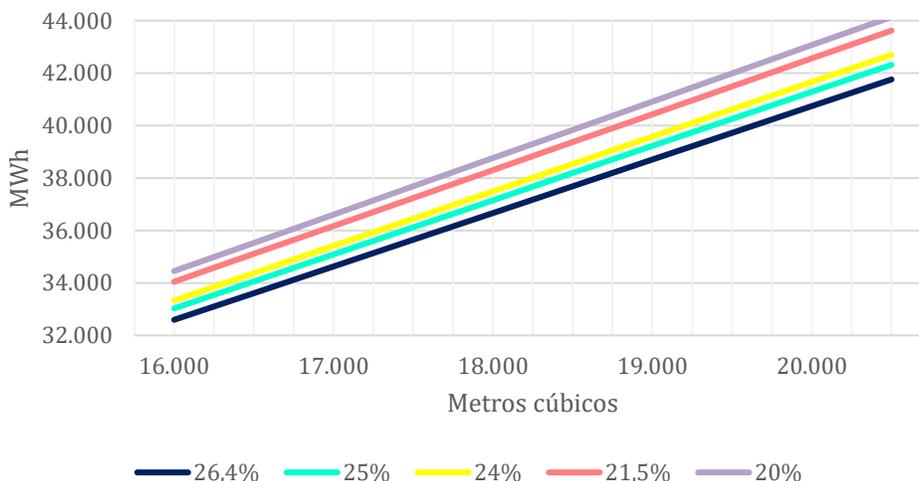


Figura 50: Capacidad energética de la leña con distintos porcentajes de humedad. Fuente: Elaboración Propia a partir de CONAF.

En el anexo 5.1 se aprecia un mayor detalle de los datos recién expuestos.

3.10.1.2 Potencial de Eficiencia Energía Eléctrica

Para analizar el potencial de eficiencia energética aplicable en el sector eléctrico residencial, debemos conocer la finalidad de los usos de la energía eléctrica en las viviendas. Según el estudio del CDT 2010, se determinó que para zonas térmicas 6 y 7 el 51,4% del consumo eléctrico se destina para tres tipos de consumo (ver Anexo 5.2):

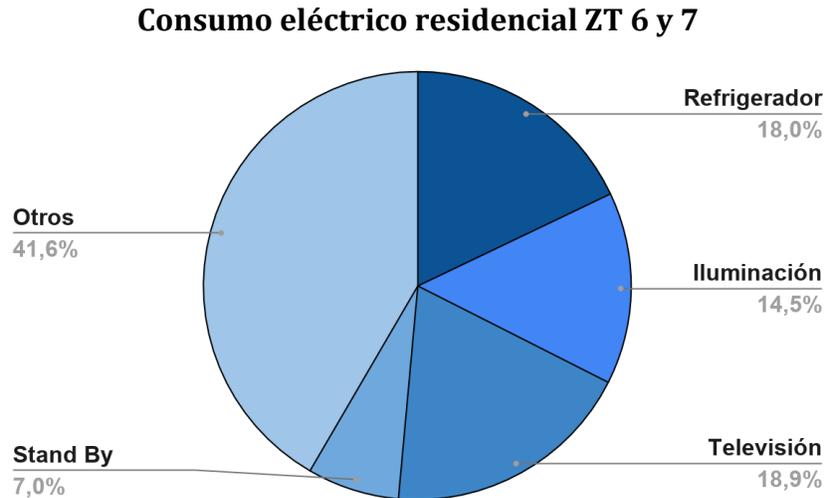


Figura 51: Consumo Eléctrico Residencial ZT 6 y 7. Fuente: Elaboración Propia a partir de CDT 2018.

Para efectos prácticos de este estudio, se realizó el análisis de eficiencia energética en torno a estos factores, siendo los de mayor relevancia en los usos de energía eléctrica en las viviendas.

En la siguiente figura se puede ver el potencial de reducción del consumo eléctrico por vivienda. Se expone el ahorro acumulado al aplicar criterios y recambio de equipos en refrigeración, iluminación y televisión. El consumo eléctrico promedio para una vivienda de la comuna de Futaleufú para el año 2020 se estima en 1.751,6 kWh. El porcentaje de ahorro con eficiencia energética es de 34,7%, lo que se traduce en un total de 607 kWh. De este ahorro un 9,1% equivale al cambio de refrigerador, 15,7% al cambio por iluminación LED, 3% al cambio por televisores eficientes y 6,9% a la eliminación del consumo Stand by aplicando buenas prácticas y educación en materia de eficiencia energética.

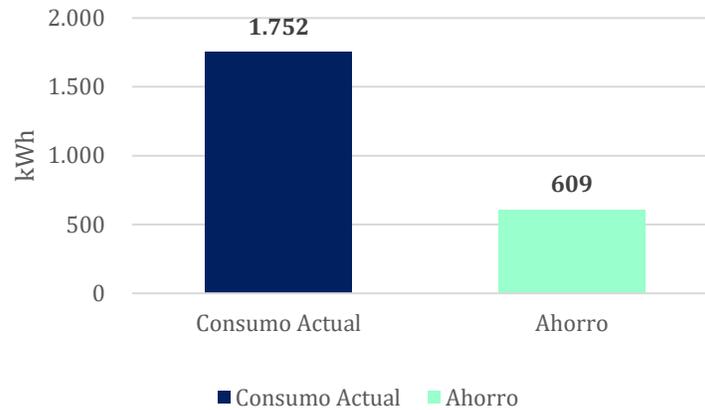


Figura 52: Reducción de consumo eléctrico en viviendas. Fuente: Elaboración Propia a partir de Edelayesen, Censo 2017.

Por otro lado, el año 2019 se implementó en la provincia de Palena, específicamente en Chaitén y Futaleufú, el Programa con Buena Energía, el cual benefició a más de 100 familias entre ambas comunas con kits de 3 ampolletas LED y selladores de puertas y ventanas, además de generar talleres de concientización y buenas prácticas domésticas en torno a la eficiencia energética. Lo que demuestra que la población se encuentra consciente frente al recambio de la iluminación domiciliar por alternativas más eficientes, económicas y duraderas.

3.10.2 Sector privado (industrial, comercial y turismo)

Como se ha mencionado con anterioridad, es una realidad para la comuna de Futaleufú que gran parte de su sector comercial se ve emplazado en las mismas viviendas de los comerciantes, es por este motivo que el potencial de eficiencia energética en este sector se asimila a las prácticas de eficiencia energética domiciliar, con recambio de equipos y buenas prácticas.

3.10.3 Sector público

En la figura 17 queda claro que el consumo eléctrico más significativo del sector público viene dado por el Hospital y el alumbrado público. Además, cabe destacar que el año 2019 la municipalidad aprobó un proyecto de recambio de sus luminarias públicas por luminarias LED, para el cual se seleccionó a la empresa ELEC y se gestionó la compra e instalación de 395 luminarias SIGNUS ADVANCE 16 LED, con una potencia de 70W. De lo anterior se destaca que la incorporación de este proyecto significa una reducción de 38% de la energía destinada para la iluminación pública, pasando de un consumo de 183 MWh/año a 114 MWh/año. Por otro lado, como es bien sabido la municipalidad sufrió un incendio en su edificio principal, lo que la dejó completamente fuera de servicio. Dentro de los planes de reconstrucción se velará por los más altos estándares OCDE y O.G.U.C de construcción eficiente, incorporando envolventes térmicas, iluminación LED y sistemas que la hagan un ejemplo a seguir para sus habitantes y el resto de las comunas de Palena y los Lagos.

3.10.4 Movilidad Sustentable

Dentro del análisis de movilidad sustentable para la comuna de Futaleufú se evaluó la implementación de una red de ciclovías a modo de potenciar el uso de vehículos ciclos. Para esto se analizó la infraestructura vial de Futaleufú urbano y las características de la ruta CH 231, ruta que conecta desde Puerto Ramírez hasta El Límite. Según el Decreto 445 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se fija un ancho mínimo para las calzadas de las calles locales de 6 metros, y la “Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías” elaborado por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, establece para ciclovías unidireccionales un ancho mínimo de 1,5 metros y para ciclovías bidireccionales un ancho mínimo de 2,4 metros. Por otro lado, Futaleufú urbano, dentro de sus calles locales tiene un total de 13,5 km de longitud con un ancho de 7 metros con extensión a ambos lados de 1,6 metros, sumando una faja con un total de 10, 2 metros. La ruta CH 231 presenta 16 km de pavimentación entre el sector del lago Espolón y el paso fronterizo El Límite, y tiene una calzada de 7 metros de ancho.

Se destaca el potencial de movilidad sustentable a través de ciclovías en la comuna generando más de 25 km de ciclovías entre el sector urbano y rural, lo que potenciaría tanto la movilidad entre localidades y los medios de transporte sustentables.

4

Visión, Objetivos y Metas



Previo a la elaboración de la visión, objetivos y metas, se realizaron diferentes actividades de participación ciudadana, entre los meses de diciembre de 2020 hasta el mes de abril de 2021 para el desarrollo energético local.

Tomando en cuenta la complejidad del territorio, especialmente en sectores rurales aislados, se utilizaron diferentes estrategias para facilitar la participación ciudadana, incorporando actividades presenciales, así como a través de redes sociales y de comunicación. De la misma forma, se incorporó a diferentes sectores de la sociedad civil, JJVV, organismos públicos, organizaciones comunitarias, diferentes sectores productivos, etc. Las actividades de participación fueron fuertemente condicionadas por situación sanitaria producto de la pandemia del Covid-19.

Entre las metodologías utilizadas se encuentra:

- a) Talleres presenciales en sector urbano con diferentes organizaciones.
- b) Talleres presenciales en sectores rurales (6) con juntas de vecinos.
- c) Presentaciones online abiertas a la comunidad.
- d) Encuestas online y físicas a funcionarios municipales.
- e) Encuestas online a la comunidad.
- f) Entrevistas a actores claves.

Con respecto a la componente género, la participación fue homogénea, con una amplia concurrencia de los diferentes géneros.

4.1 Visión

“Ser una comuna con una matriz energética segura y eficiente, con un desarrollo basado en energías renovables no convencionales y eficiencia energética, caracterizado por un bajo impacto ambiental, logrando ser sustentables y responsables en el consumo reduciendo la pobreza energética.”

4.2 Objetivos y metas

Sensibilización y cooperación

Objetivo 1:

Generar instancias educativas para la ciudadanía para promover conocimientos teóricos y prácticos en materia energética.

Meta 1: Al 2026, un 80% de los establecimientos contarán con cursos y/o talleres relacionados con ciencias ambientales, sustentabilidad, cambio climático, eficiencia energética o ERNC.

Meta 2: A partir del 2022, realizar al menos dos campañas anuales informativas sobre consumo inteligente de energía y fecha de compra apropiada de leña.

Meta 3: Capacitar en eficiencia energética al 75% de las personas del rubro de la construcción al 2030.

Eficiencia Energética

Objetivo 2:

Incentivar el (re)condicionamiento térmico de las viviendas y edificaciones públicas de la comuna, y promover el consumo de leña seca.

Meta 4: 30% de las viviendas de la comuna tendrán reacondicionamiento para cumplir criterios de "Certificación de Vivienda Sustentable" y "Certificación Energética de Viviendas" a 2030.

Meta 5: Disminuir el porcentaje de leña total consumida de un 26,4% a nivel menores al 25% para el 2030.

Meta 6: Reducir en un 15% el consumo proyectado de energía eléctrica y térmica a 2030.

Energías Renovables No Convencionales

Objetivo 3:

Impulsar proyectos de ERNC que promuevan la generación distribuida y reduzcan las brechas sociales y económicas entre sectores rural y urbano.

Meta 7: El 50% de las viviendas que no presentan acceso a servicio eléctrico tendrán acceso a sistemas ERNC al 2030.

Meta 8: 15% de la demanda residencial, pública y comercial se satisfará con energía eléctrica y/o térmica a base de ERNC para 2030.

Meta 9: Tener al menos tres proyectos asociativos de generación eléctrica con participación activa de la ciudadanía a 2030.

Las metas se deberán llevar a cabo entre los años 2022 y 2036, en primera instancia.

5

Plan de Acción



5.1 Plan de Acción

En base al diagnóstico energético, el potencial disponible en ERNC y Eficiencia Energética, y las instancias de participación ciudadana (talleres y encuestas), se definieron los siguientes proyectos:

Línea de acción	Proyecto	
Sensibilización y cooperación	1	Talleres educativos en Eficiencia Energética y ERNC para Establecimientos Educativos
	2	Campaña educativa en Eficiencia Energética para la comunidad
	3	Campaña de uso consciente de leña
	4	Programa de capacitación en Eficiencia Energética en construcción, dirigido a profesionales, técnicos del área y a la comunidad
	5	Capacitación y formación de competencias locales para la comunidad en ERNC y las posibles fuentes de financiamiento
	6	Sello energético para el sector turístico
Organización y Finanzas	7	Capacitación a funcionarios municipales para fomentar proyectos de Energías Renovables No Convencionales
Eficiencia Energética en la Infraestructura	8	Leñeras eficientes
	9	Centro comunitario de acopio y secado de leña con energía solar
	10	Calefacción eléctrica en reemplazo de leña
	11	Municipalidad Sustentable
	12	Sellado de puertas y ventanas en viviendas vulnerables
	13	Aislación térmica de techos y muros en viviendas vulnerables
	14	Aislación térmica de escuelas
	15	Recambio de ampolletas
	16	Recambio de sistemas de calefacción que no funcionan
17	Estándares de construcción de viviendas	
Planificación Energética	18	Estación de monitoreo de la calidad del aire
Energías Renovables y Generación Local	19	Fomento a la utilización de paneles solares a nivel residencial
	20	Generación Solar Fotovoltaica en Edificios Públicos
	21	Energización de zonas aisladas o vulnerables, mediante el uso de energías renovables
	22	Planta de Generación Eólica El Límite
	23	Planta de Generación Eléctrica con biogás producido con residuos orgánicos

Tabla 28. Lista de proyectos del plan de acción. Fuente: Elaboración propia.

5.2 Priorización de proyectos

Una vez completa la lista de proyectos, se procedió a realizar su priorización, para poder seleccionar aquellos proyectos piloto que despierten el interés y la motivación de la comunidad. Para ello, se evalúan de acuerdo a tres ejes: factibilidad, impacto y plazo. La factibilidad y el impacto se determinan al asignar un puntaje del 1 al 10 a cada uno de los criterios que se muestran a continuación, y el plazo se determina de acuerdo a criterios del consultor y a experiencias en otras comunas.

Criterios de **factibilidad**:

- **Costo de inversión/rentabilidad:** se considera que proyectos que requieran de una elevada inversión son más complejos y requieren de mayor tiempo o recursos para ser ejecutados. Simultáneamente, se evalúa la rentabilidad que podría tener el proyecto desde el punto de vista del inversionista o de quien provee el financiamiento.
- **Acceso a fondos:** se evalúa de acuerdo a la existencia de fondos que financien proyectos similares a los propuestos.
- **Resultados a corto plazo:** Se quieren lograr resultados a corto plazo que sean visibles y tangibles.
- **Aceptación en la comunidad:** evalúa si la comunidad quiere ejecutar el proyecto en su comuna y que importancia le da. En este criterio la nota la colocó la comunidad mediante una encuesta (ver anexo 6).
- **Capacidad y conocimiento local:** evalúa la existencia de capacidades técnicas o administrativas locales para la implementación del proyecto, ya que resulta importante desarrollar la autonomía y las capacidades locales.
- **Interés de los actores locales:** se considera la aceptación, motivación, involucramiento y compromiso de los actores claves de los sectores público, privado y la sociedad civil.
- **Potencial disponible:** los proyectos deben estar alineados con los potenciales tanto de EE como ERNC identificados en la fase de diagnóstico.

Criterios de **impacto**:

- **Impacto ambiental:** se evalúa el potencial nivel de ahorro energético, disminución de emisiones contaminantes, disminución de la tala de bosque, entre otros. En proyectos en donde resulte más complejo evaluar el impacto ambiental generado de manera cuantitativa (proyectos de capacitación, por ejemplo), se hace un análisis cualitativo según la dimensión del proyecto para luego asignar un puntaje.

- **Impacto económico:** se evalúa el posible ahorro económico que genera el proyecto, la creación de nuevas empresas en la región, la creación de nuevos mercados, etc.
- **Impacto social:** se evalúa cómo el proyecto afecta en la calidad de vida de las personas, en su capacidad de gestión de los recursos naturales y en la generación de conocimientos.

Criterios de plazo:

- **Corto plazo:** se estipula su implementación entre 1 a 4 años (2022-2025).
- **Mediano plazo:** se estipula su implementación entre 5 a 8 años (2026-2029).
- **Largo plazo:** se estipula su implementación entre 9 a 15 años (2030-2036).

El resultado de la priorización se muestra en el siguiente gráfico:

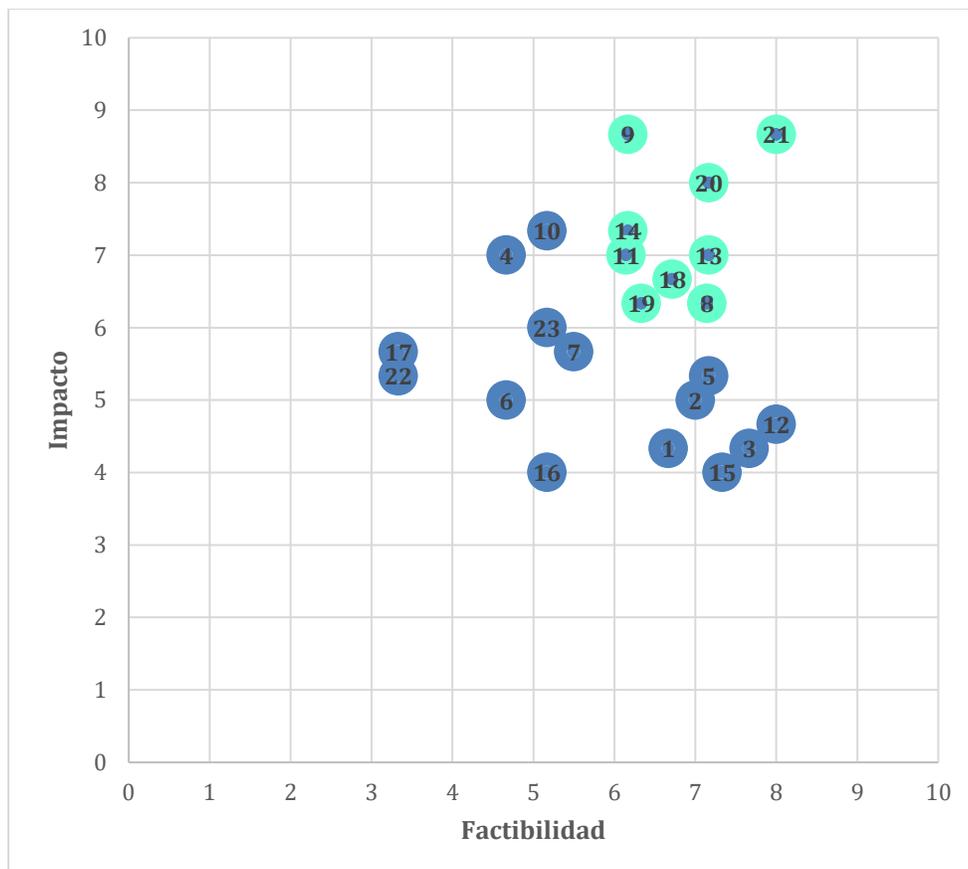


Figura 53. Evaluación multicriterio para los proyectos del plan de acción. En verde los proyectos prioritarios. Fuente: Elaboración propia.

Las fechas para la implementación de los proyectos son las siguientes:



Figura 54. Planificación para la implementación de los proyectos.

A continuación, se presenta la ficha de cada proyecto. En el Anexo 7 se puede encontrar mayor detalle acerca de la metodología para los cálculos que se hicieron para determinar costos y cuantificar impactos ambientales y económicos.

5.3 Fichas de Proyectos

Línea de acción: Sensibilización y cooperación

Los proyectos de este eje contribuyen al Objetivo N°1: Generar instancias educativas para la ciudadanía para promover conocimientos teóricos y prácticos en materia energética.

1. Talleres educativos en Eficiencia Energética y ERNC para Establecimientos Educativos.	
DESCRIPCIÓN	
<p>Implementación de talleres educativos en enseñanza básica y media, donde se aborden las energías renovables, eficiencia y ahorro energético, fuentes de calefacción, transporte, entre otros temas. Una manera eficiente de generar conocimiento en niños y adolescentes es de manera práctica, por lo que luego de realizar los talleres durante el año, a fin de año se realizará una feria científica donde se premie las mejores iniciativas hechas por alumnos y alumnas. De esta manera, se aprende de forma didáctica y se forma una población joven educada en materia energética. Los participantes propondrán ideas y pilotos de soluciones energéticas que serán evaluadas según cuatro categorías:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Eficiencia Energética.2. Generación de energía.3. Transporte sustentable.4. Sensibilización social en temas energéticos. <p>En los talleres trabajarán en conjunto profesores y alumnos como una actividad extraprogramática de los colegios. Se premiará por categoría, evaluando innovación de medidas, participación y compromiso de los estudiantes, proceso de desarrollo de idea y claridad de información levantada. Eventualmente, los proyectos mejores evaluados serán implementados dentro de la comuna según los alcances de la propuesta por lo que las ideas deben ser realistas y factibles de realizar tanto económicamente como técnicamente.</p> <p>Se iniciará el proyecto con una escuela piloto, para luego ir sumando otras con el objetivo de alcanzar todas las escuelas de la comuna.</p>	
Objetivo principal	Contar con una población joven educada en materia energética, ya que los niños y niñas son los actores de cambio en el futuro.
Alcances	Escuelas de la comuna, tanto del sector urbano como de sectores rurales.
Plazo de ejecución	Comenzar con una escuela piloto el primer semestre del 2023, y continuar con el resto de las escuelas el 2024.
Costo estimado	Está compuesto por capacitación de profesores, visitas a plantas de generación de energía, materiales para los proyectos. Dependerá del número de alumnos del establecimiento y de las actividades a realizar.

Financiamiento	Fondo de Fortalecimiento de las Organizaciones de Interés Público (FOIP). Fondo de Protección Ambiental (FPA), bajo el marco del concurso "Iniciativas Sustentables en Establecimientos Educativos".
Beneficiaria/os	Niños y niñas de enseñanza básica y media. De acuerdo al CENSO 2017, hay 274 habitantes entre los 10 y 19 años, que son los beneficiarios directos del proyecto.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Administración de Educación Municipal (DAEM) en conjunto con el Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	No contar con las capacidades técnicas suficientes para una ejecución exitosa.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	El cambio de conducta en el uso de la energía por parte de estudiantes permitirá reducir el consumo de energía en sus hogares y así tener una menor contaminación en la comuna.
Económicos	El menor consumo energético en los hogares se ve reflejado en un ahorro en la cuenta de luz y calefacción.
Sociales	La población joven estará más consciente respecto del uso de la energía en su día a día, y tendrá mayores conocimientos sobre el funcionamiento de las diferentes tecnologías, con lo cual pueden impulsar cambios de conducta en sus hogares.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Diseño y planificación	Primer semestre 2022
Capacitación de los profesores	Segundo semestre 2022
Ejecución	Primer semestre 2023 - 2024
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
DAEM	Responsable de la iniciativa. Deberá coordinar las acciones a realizar y conseguir financiamiento.
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Deberá brindar apoyo técnico a la DAEM sobre materia energética.
Establecimientos Educativos	Los profesores de las Escuelas serán quienes hacen los talleres.

2. Campaña educativa en Eficiencia Energética para la comunidad.

DESCRIPCIÓN

Campaña enfocada en la comunidad en general, con énfasis en organizaciones de base como JJVV y Agrupaciones de Adultos Mayores, que entregue nociones básicas de energía y eficiencia energética, con focalización al buen uso de la energía y las condiciones de confort térmico tanto al interior de los hogares, de modo que puedan disminuir el consumo de electricidad y leña en sus hogares y estar informados al momento de comprar artefactos eléctricos y leña.

La ejecución del programa se hará mediante videos temáticos, cuya difusión será mediante medios radiales. Los temas a exponer serán:

1. Explicación sobre la problemática energética a nivel mundial, nacional y regional, y los beneficios que se pueden obtener a partir del uso eficiente de la energía, donde se expondrán infografías que permitan una mejor visualización de la situación energética.
2. Caracterización del consumo eléctrico residencial y exposición de conductas que aumentan el consumo eléctrico, tales como dejar las luces encendidas; no desenchufar aparatos eléctricos cuando no están en uso; tipo de ampolletas; poner comida caliente en el refrigerador, etc.
3. Importancia de una buena aislación de los hogares, explicando posibles materiales y mejoras que se pueden hacer, mostrando la inversión y el ahorro que se tiene a largo plazo.
4. Relevancia del consumo de leña seca y de una leñera apropiada para su acopio; fecha ideal de compra; buenas prácticas en el uso de la combustión.

Luego de publicar todos los videos, es posible incluir un programa de buen uso de la energía, basado en trabajo directo con grupos familiares: se mide y monitorea directamente el consumo de una familia y se desarrolla un trabajo progresivo en el tiempo aplicando lo enseñado, viendo directamente el impacto en la disminución del consumo. De esta manera, se logran cambios de comportamiento de manera activa, con experiencia real y concreta.

Objetivo principal	Tener una población con conocimientos de eficiencia energética que le permitan generar ahorros y beneficios ambientales.
Alcances	Población adulta de la comuna.
Plazo de ejecución	2023
Costo estimado	Viene dado por la elaboración de los videos, para lo cual se necesita un profesional del área de las energías y un productor audiovisual o diseñador gráfico. Se estima por video un costo entre \$500.000 - \$750.000, lo que entrega un costo total de \$2.000.000 - \$3.000.000.
Financiamiento	Dado el costo del proyecto, se podrían utilizar fondos municipales. Alternativamente, se puede postular al programa "Con Buena Energía" del Ministerio de Energía, el cual contempla traspasar a la comunidad los conocimientos y experiencias en el área de la energía, a través de capacitaciones en eficiencia energética y la entrega de un kit que incluye ampolletas LED 9W, un alargador con interruptor, un magneto

	con consejos de eficiencia energética para el hogar y una bolsa reutilizable. Para la zona sur contempla también sellos para puertas y ventanas.
Beneficiaria/os	Dueños y dueñas de casa.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos en conjunto con DIDECO.
Riesgos asociados a la implementación	Que la gente vea los videos, pero no aplique lo enseñado.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	El cambio de conducta en el uso de la energía por parte de la comunidad permitirá reducir el consumo de energía en sus hogares y así tener una menor contaminación en la comuna.
Económicos	El menor consumo energético en los hogares se ve reflejado en un ahorro en la cuenta de luz y calefacción.
Sociales	Población capacitada y empoderada respecto al uso de energías en sus casas.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Elaboración de los videos	Primer semestre 2022
Difusión de los videos	Segundo semestre 2022
Trabajo directo con familias	Segundo semestre 2022
Exposición de los resultados	Primer semestre 2023
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de la iniciativa.
DIDECO	Gestión del trabajo directo con familias.
Unidad de Relaciones Públicas y Prensa	Elaboración de videos y difusión.
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo técnico con el contenido para los videos.
Comunidad	Beneficiarios directos de la iniciativa.

3. Campaña de uso consciente de leña.

DESCRIPCIÓN

Al haber un uso intensivo de leña en la comuna, se busca concientizar acerca de:

1. Importancia de utilizar leña seca.
2. Fecha apropiada de compra (para que no sea húmeda y también porque aumenta el precio).
3. Cómo mantenerla guardada en un leñero apropiado.
4. Encendido y uso correcto de la combustión.
5. Legislación forestal vigente

Además, se podría hacer entrega de higrómetros (medidores de humedad) a la comunidad, de modo que puedan conocer la calidad del producto que compran y así exigir leña seca.

Objetivo principal	Promover el uso de leña seca en la comuna.
Alcances	Dueños/as de casa.
Plazo de ejecución	2022
Costo estimado	El costo del material educativo se estima en \$500.000. Un higrómetro cuesta \$15.000, de modo que si se entregan a 100 personas el costo es de \$1.500.000.
Financiamiento	Fondos municipales.
Beneficiaria/os	Consumidores de leña.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	Que la gente no aplique lo aprendido.

IMPACTOS ESPERADOS

Ambientales	El cambio de conducta en el uso de la leña por parte de la comunidad permitirá usar el recurso de manera eficiente, generando menor contaminación por material particulado y disminuir la tala de bosque.
Económicos	El menor consumo de leña en los hogares se ve reflejado en un ahorro.
Sociales	Población capacitada y empoderada respecto al uso de leña en sus casas.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

HITO	PLAZO PROPUESTO
Elaboración del contenido de la campaña	Primer semestre 2022
Difusión del contenido	Primer semestre 2022

ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.	Responsable de la iniciativa.
CONAF	Brindar apoyo técnico para la generación del contenido educativo.
Unidad de Relaciones Públicas y Prensa	Difusión de la campaña.
Comunidad	Beneficiarios de la campaña.

4. Programa de capacitación en Eficiencia Energética en construcción, dirigido a profesionales, técnicos del área y a la comunidad.

DESCRIPCIÓN

Capacitación en temas de eficiencia energética en construcción y sustentabilidad en general, dirigido a profesionales y técnicos del área presentes en la comuna (arquitectos, constructores, contratistas, maestros, etc.), y a la comunidad. El programa abarcará temas como la instalación correcta de aislación térmica, la eliminación de puentes térmicos, disminución de infiltraciones, soluciones constructivas, demanda de energía de edificaciones, transmitancia térmica de materiales y temperaturas de confort, aprovechamiento del sol, distribución de las piezas, etc. Las capacitaciones deberán ser enfocadas en la práctica y se propone que los maestros que se capaciten reciban alguna certificación que luego se valore en licitaciones públicas, por ejemplo.

Se pretende además generar un manual municipal que oriente a los vecinos que hacen autoconstrucción, ya que muchas veces las mismas personas se construyen sus casas sin tener mayores conocimientos respecto a los materiales a utilizar que le permitan tener acondicionamiento térmico adecuado, posición de la casa respecto del sol, etc. Se puede tomar como referencia algún manual existente y adaptarlo a la realidad de Futaleufú.

El programa deberá dar pie para desarrollar e implementar una ordenanza municipal que involucre la utilización de estándares constructivos eficientes en edificaciones.

Objetivo principal	Mejorar los conocimientos técnicos sobre eficiencia energética de los/as trabajadores del rubro de la construcción y de la comunidad.
Alcances	Trabajadores del área de la construcción y personas interesadas en el área
Plazo de ejecución	2024
Costo estimado	\$5.000.000. Se toma como referencia el costo de una iniciativa similar en la comuna de Cabo de Hornos, la cual contempla una capacitación durante 3 días, en jornadas de 8 horas diarias con la participación de 25 personas.
Financiamiento	Fondos municipales.
Beneficiaria/os	Los beneficiarios directos son los trabajadores del área de la construcción y la comunidad.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	Bajo interés de los participantes.

IMPACTOS ESPERADOS

Ambientales	Al tener profesionales capacitados se construyen casas con buena aislación térmica, disminuyendo el uso de leña para calefaccionar, lo que se traduce en menos tala de bosque y menos contaminación atmosférica por material particulado.
--------------------	---

Económicos	Al comparar el consumo energético de una vivienda promedio con una aislada como corresponde, se tiene un ahorro aproximado de \$210.000 anuales.
Sociales	Tanto la comunidad como los profesionales y técnicos del área de la construcción tendrán conocimientos que son muy útiles y que ayudarán a la comuna a ser sustentable.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Selección del cuerpo docente	Primer semestre 2024
Diseño del curso	Primer semestre 2024
Implementación del curso	Segundo semestre 2024
Elaboración del manual	Segundo semestre 2024
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
Dirección de Obras Municipales	Apoyo técnico
Trabajadores del área de la construcción y comunidad	Participantes de los talleres

5. Capacitación y formación de competencias locales para la comunidad en ERNC y las posibles fuentes de financiamiento.

DESCRIPCIÓN

Se capacitará a la población adulta en sistemas a baja escala de generación de energía renovables no convencionales (solar, eólico e hídrico), enseñándoles las características del recurso a aprovechar, las condiciones necesarias para poder aplicar una tecnología, las limitantes técnicas, la ley de generación distribuida, entre otros, de manera tal que sean capaces de gestionar la instalación de un sistema de generación en su hogar o comunidad y así abastecerse de electricidad o generar ingresos extras. Se contemplan visitas a terreno para que los participantes puedan aprender de manera práctica.

Dado que la población de la comuna no se caracteriza por tener gran cantidad de recursos económicos, se contempla también la capacitación acerca de las posibles fuentes de financiamiento para los proyectos energéticos.

Objetivo principal	Formar una comunidad con conocimiento en ERNC que le permita entender los beneficios y gestionar un proyecto.
Alcances	Comunidad.
Plazo de ejecución	2023
Costo estimado	\$6.500.000.
Financiamiento	Fondos municipales.
Beneficiaria/os	Comunidad.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	Muy pocos conocimientos básicos de la población.

IMPACTOS ESPERADOS

Ambientales	Menor contaminación atmosférica al generar la gente su propia energía y disminuir la inyección de generación de fuentes contaminantes como el diésel.
Económicos	Por una parte, se estimula el mercado y se ven beneficiadas las empresas que ofrecen instalación de sistemas de ERNC, y por otra, los usuarios ven un ahorro a mediano plazo producto de generar su propia energía.
Sociales	Población empoderada y con mayor grado de independencia, al tener conocimientos que le permitan potencialmente abastecerse de energía eléctrica y térmica, dejando de depender del sistema centralizado de distribución o de proyectos públicos que los ayuden.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Selección del cuerpo docente	Primer semestre 2023
Diseño del curso	Primer semestre 2023
Implementación	Segundo semestre 2023
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de la iniciativa.
DIDECO	Gestión de la comunidad.
Empresas de ERNC	Diseño del curso y ejecución de instancias prácticas en la comuna.

6. Sello energético para el sector turístico.

DESCRIPCIÓN

Cada año son más los turistas con interés en la sostenibilidad y el cuidado ambiental. Considerando esto y con el fin de comprometer a los diferentes actores en la misión energética de la comuna, es que se propone la implementación de un sello comunal para el sector turístico. Este sello tendrá como objetivo apoyar a los agentes turísticos en la identificación, puesta en marcha y evaluación de acciones y medidas para la eficiencia energética en sus emprendimientos, así como la posibilidad de implementar energías renovables no convencionales. Cada emprendimiento deberá detectar las oportunidades energéticas e implementarlas según sus recursos. Finalmente, se evaluarán las medidas implementadas, considerando su efectividad y funcionamiento. El sello energético contempla diferentes ámbitos asociados a energía, como lo son medidas de eficiencia energética, aislamiento térmico y calefacción, implementación de ERNC y educación energética. Los emprendimientos adheridos recibirán una distinción que visibilice y difundan las medidas implementadas.

Objetivo principal	Posicionar a Futaleufú como un destino turístico sustentable.
Alcances	Empresas de turismo.
Plazo de ejecución	2025-2027
Costo estimado	Corresponde al diseño del sello, para lo cual se necesita un profesional con experiencia en la temática. Se estima un costo de \$3.000.000.
Financiamiento	Fondos municipales.
Beneficiaria/os	Empresas de turismo.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	Poca cooperación entre las empresas de turismo.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor contaminación atmosférica al generar las empresas turísticas su propia energía y disminuir la inyección de generación de fuentes contaminantes como el diésel.
Económicos	Por una parte, se estimula el mercado y se ven beneficiadas las empresas que ofrecen instalación de sistemas de ERNC y soluciones de eficiencia energética, y por otra, las empresas turísticas ven un ahorro a mediano plazo producto de generar su propia energía.
Sociales	Se reconoce a Futaleufú como un destino turístico sustentable.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Diseño del sello	2025
Difusión del proyecto	2025
Ejecución	2025-2027
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de la iniciativa y de brindar apoyo técnico a las empresas de turismo.
Oficina de Turismo	Gestión de los agentes turísticos.
Empresas de turismo	Ejecutores de los proyectos en su rubro.
SERNATUR	Brindar apoyo con la logística y experiencias previas.

Línea de acción: Organización y Finanzas

Los proyectos de este eje contribuyen al objetivo N°3: Impulsar proyectos de ERNC que promuevan la generación distribuida y reduzcan las brechas sociales y económicas entre sectores rural y urbano.

7. Capacitación a funcionarios municipales para fomentar proyectos de Energías Renovables No Convencionales.	
DESCRIPCIÓN	
<p>Con el objetivo de aumentar las capacidades del municipio en cuanto a la gestión de proyectos de energías renovables no convencionales en la comuna, se capacitará a miembros de los departamentos de Medioambiente, Energía y Residuos y de la Dirección de Obras Municipales. De esta manera, se contará con profesionales capacitados que puedan ayudar a la gente que desee implementar alguna solución energética en su hogar o tenga en mente algún proyecto de mayor envergadura.</p> <p>A grandes rasgos, los temas a tratar son las diferentes tecnologías de energías renovables no convencionales (solar, eólica, hidro, biomasa) a escala residencial, las fuentes de financiamiento para proyectos de ERNC y la legislación eléctrica.</p>	
Objetivo principal	Tener recursos humanos capacitados en el sector público para la gestión de proyectos.
Alcances	Municipalidad de Futaleufú.
Plazo de ejecución	2023
Costo estimado	\$6.500.000. Se toma como referencia el costo de una iniciativa similar en la comuna de Cabo de Hornos, la cual contempla una capacitación de 4 módulos, en jornadas de 8 horas diarias y con la participación de 25 personas.
Financiamiento	Capacitación regional en ERNC (CIFES): Programa de capacitación para funcionarios públicos de 3 días (2 teóricos y 1 de visita a terreno).
Beneficiaria/os	Funcionarios municipales.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	Bajo riesgo.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Disminución en la contaminación al fomentar el uso de tecnologías limpias.
Económicos	Se estimula el mercado y se ven beneficiadas las empresas que ofrecen instalación de sistemas de ERNC.

Sociales	La comunidad se siente apoyada por el municipio, que le ayuda a resolver sus dudas y mejorar su situación energética.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Selección del cuerpo docente.	Segundo Semestre 2022
Diseño del curso.	Segundo Semestre 2022
Implementación del curso.	Primer Semestre 2023
Difusión en la comunidad.	Primer Semestre 2023
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.	Responsable de la iniciativa
Profesionales de energías renovables	Realizan las capacitaciones
Funcionarios municipales	Beneficiarios de la iniciativa

Línea de acción: Eficiencia Energética en la Infraestructura

Los proyectos de este eje contribuyen al Objetivo N°2: Incentivar el (re)condicionamiento térmico de las viviendas y edificaciones públicas de la comuna, y promover el consumo de leña seca.

8. Leñeras eficientes.	
DESCRIPCIÓN	
<p>Programa con el objetivo de financiar la construcción de leñeras residenciales de características especiales que, además de mantener bajo techo la leña, faciliten su secado. En el diseño se estipula una correcta aislación de la leña del piso, para que no haya contacto directo y pueda circular aire; orientación según la posición del sol para aprovechar su energía y secar la leña; techo de policarbonato transparente para aprovechar la radiación solar; entre otros.</p> <p>Se pretende además generar un manual donde se informe cómo otros vecinos pueden replicar este tipo de soluciones en su vivienda y los costos.</p>	
Objetivo principal	Aumentar el consumo de leña seca.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2023-2025
Costo estimado	Se estima que el costo de una leñera común y corriente es del orden de \$150.000. Al implementar 100 leñeras, el costo es de \$15.000.000. En el caso de un diseño de leñera que permita realizar secado con energía solar, el costo se estima en torno a los \$3.000.000 por leñera.
Financiamiento	<p>Una opción es el Programa de Habitabilidad Rural (MINVU), el cual es un subsidio que está destinado a familias que necesitan una solución habitacional y viven en zonas rurales o urbanas de hasta 5.000 habitantes. Este aporte del Estado permite mejorar y/o ampliar la vivienda en la que vive la familia que busca acceder al programa, así como también la construcción de nuevos espacios para almacenamiento o fines productivos, dentro de los cuales se encuentra la leñera.</p> <p>Otra opción es buscar cofinanciamiento en el Servicio Nacional del Adulto Mayor, lo cual ya se ha realizado con éxito en el Municipio de Aysén.</p>
Beneficiaria/os	Comunidad, con orientación a hogares registrados en el Registro Social de Hogares.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos en conjunto con DIDECO y SECPLAN.
Riesgos asociados a la implementación	Falta de espacio físico en algunos sitios para construir la infraestructura.

IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Se supone que con el programa se bajará el contenido de un 10% de la leña consumida en la comuna a un 18% de humedad, lo que significa la construcción de leñeras en aproximadamente 100 hogares. Esto significa una reducción en las emisiones de 2,71 ton de MP y 89 ton de CO.
Económicos	Si bien al tener leña seca aumenta la capacidad calorífica, también ésta dura menos tiempo, por lo que la cantidad de leña consumida no varía considerablemente. Ahora bien, al contar con un espacio apropiado para acopiar leña, se podrá comprar con tiempo y no tener que comprar en invierno, cuando el valor de la leña está más alto.
Sociales	La gente tiene mayor capacidad de gestión de su leña para poder consumir leña seca.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Diseño de una leñera eficiente	Segundo semestre 2022
Planificación de la implementación	Segundo semestre 2022
Implementación	2023-2025
Elaboración del manual	2024
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de la iniciativa.
DIDECO	Identificación hogares beneficiarios
Dirección de Obras	Velar por el cumplimiento de las disposiciones legales que regulan las edificaciones en el territorio comunal.
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos administrados por dicha Dirección.
CONAF	Asistencia técnica con respecto a secado de leña.
JJV, Comunidad	Beneficiarios de la campaña.

9. Centro comunitario de acopio y secado de leña con energía solar.

DESCRIPCIÓN

Formación de una cooperativa (o similar) para construir galpón de acopio y secado de leña teniendo como fuente energética de calentamiento la energía del sol combinado con extractores eólicos que permiten el movimiento del aire en su interior, los cuales son alimentados por paneles solares.

Se trata de un galpón provisto de colectores térmicos que captan la energía del sol, transformando ondas del espectro electromagnético, principalmente los rayos infra rojos, ultravioleta y ondas visibles en calor. La idea es aprovechar la superficie de la techumbre del galpón usando planchas de policarbonato transparentes, y placas de absorción negras en su interior estratégicamente ubicadas para uso como colectores. Para hacer circular el aire al interior del galpón, ingresando aire fresco del exterior y extrayendo aire húmedo, se utilizan extractores eólicos, los cuales funcionan con motores eléctricos alimentados por paneles solares.

Se estima que el sistema incrementa la temperatura respecto a la externa en 10 a 15°C. El tiempo de secado hasta un 25% de humedad es de 3 a 4 semanas, considerando una humedad inicial de 35 a 40%, mientras que si se parte de leña verde (sobre 70%) el tiempo se reduce en un 50%, de 8 meses a 4 meses.

La capacidad del galpón dependerá del número de personas asociadas. Si consideramos que cada hogar consume 16 m³ de leña al año, al tener 10 socios se necesitaría una capacidad de 160 m³ de leña, para lo cual se necesita un galpón de 16,5 metros de largo por 15,9 metros de ancho. Este dispone de un total de 8 extractores eólicos distribuidos en 4 extractores normales movidos por el aire del medio y otros 4 combinados alimentados por 4 motores de una potencia individual de 150 W, los cuales funcionan con energía eléctrica proveniente de los paneles fotovoltaicos. Para ello se dimensionó un sistema fotovoltaico de 2 kW, lo que permite alimentar los extractores eólicos de buena manera desde Octubre hasta Marzo, ya que son los meses donde hay mayor radiación.

Se considera este periodo para el funcionamiento del centro de acopio, ya que el resto de los meses del año hay considerablemente menor radiación solar, con lo cual no se alcanza temperatura suficiente dentro del galpón ni generación suficiente de los paneles solares. De esta manera, si consideramos que cada hogar consume 16 m³ de leña al año, se tiene una capacidad para 10 socios por mes, llegando a un total de 60 socios en los 6 meses de funcionamiento.

Objetivo principal	Aumentar el consumo de leña seca.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2024-2025
Costo estimado	En base al documento "Asesoría de ingeniería de detalle de un centro de acopio y secado (CAS) de leña en Coyhaique", se

	determina un costo de inversión de \$33.000.000. Con 60 socios, se tiene un costo de inversión por cada uno igual a \$550.000.
Financiamiento	Fondo “Más Leña Seca” del Ministerio de Energía; Programa de Apoyo a la Reactivación (CORFO).
Beneficiaria/os	JJV con orientación a poblaciones o villas nuevas, construidas o proyectadas.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, SECPLAN, DIDECO.
Riesgos asociados a la implementación	Falta de espacio físico en las áreas a considerar para construir la infraestructura. Poco interés de comunidad para formar una cooperativa u otro modelo asociativo.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Por cada leñera solar comunitaria de 160 m ³ se tiene una disminución en las emisiones igual a 2,24 toneladas de MP10 y 72 toneladas de CO.
Económicos	Por cada socio se tiene un ahorro anual de \$118.000, asumiendo que se compra la leña semi húmeda a \$20.000 el m ³ , y que el valor de mercado de la leña es de \$30.000 el m ³ .
Sociales	Se tiene un impacto directo en la capacidad de gestión de los consumidores de leña, siendo ellos mismos quienes se hacen responsables de consumir leña seca sin tener que depender de un productor que venda leña de buena calidad. Además, se genera confianza en la energía solar como fuente de calor y electricidad al ver de manera cercana su funcionamiento.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Formación de la cooperativa o similar. Se debe involucrar a los distintos actores dentro del modelo de negocio: actuales proveedores de leña, potenciales vendedores, usuarios, etc. De esta manera se pueden generar sinergias y elaborar un modelo de operación que sea sostenible en el tiempo.	Primer semestre 2024
Diseño del centro de acopio. Se debe asesorar con expertos en el tema y tomar como referencia proyectos similares realizados en otras comunas de Chile, como Coyhaique y Temuco.	Segundo semestre 2024
Construcción del centro de acopio.	Primer semestre 2025
Implementación del secado de leña en el centro de acopio.	Segundo semestre 2025
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL

Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de la iniciativa.
DIDECO	Coordinación con JJVV o vecinos para formar sistema asociativo.
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos administrados por dicha Dirección.
Dirección de Obras	Velar por el cumplimiento de las disposiciones legales que regulan las edificaciones en el territorio comunal.
CONAF	Asistencia técnica con respecto a secado de leña.
Productores de leña	Garantizar un flujo continuo y de buena calidad a los beneficiarios, promoviendo un sistema de escala.

10. Calefacción eléctrica en reemplazo de leña.

DESCRIPCIÓN

Debido a la alta contaminación que produce la combustión de leña, principalmente MP 2.5, MP 10 y CO tanto al interior como al exterior del hogar, se propone reemplazar su uso por calefacción eléctrica con aire acondicionado, dado que esta tecnología es altamente eficiente. Su tecnología de bomba de calor le permite calefaccionar consumiendo solo un 25% de energía eléctrica y el 75% restante se consume del medio ambiente, lo cual se traduce en un ahorro significativo de dinero comparado con cualquier otra tecnología de calefacción.

El recambio se realizará solo en el sector urbano, ya que no todos los sectores rurales cuentan con electricidad. Además, en esos sectores mucha gente tiene su propia leña, por lo que le sale más barato, y existe una mayor resistencia cultural al cambio.

Objetivo principal	Disminuir el uso de leña para calefacción.
Alcances	Comunidad, servicios públicos.
Plazo de ejecución	2030-2035
Costo estimado	El costo aproximado para un equipo que cumpla con las necesidades energéticas promedio de los hogares es de \$500.000, de modo que el gasto total sería de \$362.785.000.
Financiamiento	Programa "Recambio de Calefactores" del Ministerio de Medio Ambiente. Fondos regionales.
Beneficiaria/os	Comunidad con acceso a red eléctrica
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, SECPLAN.
Riesgos asociados a la implementación	Resistencia de la población a usar electricidad,

IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	<p>Considerando que se dejarían de usar 11.616 metros cúbicos de leña al año, se tiene una disminución en la emisión de contaminantes igual a 53 toneladas de MP 10, de las cuales 47,19 toneladas son de MP 2.5, y 1.699 toneladas de CO.</p> <p>Por el lado de la tala de árboles, si consideramos una densidad de bosque de 200 m³/hectárea, se traduce en una superficie de 58 hectáreas al año.</p>
Económicos	<p>Según CONAF, el promedio de consumo de leña promedio por vivienda al año es de 16,01 metros cúbicos para el sector urbano, lo que significa un gasto de \$480.300, considerando un costo de \$30.000 por metro cúbico.</p> <p>La necesidad energética promedio de un hogar es de 23.370 BTU/hora. Un equipo que cumpla con esas necesidades tiene un consumo de 1,89 kW, que considerando 9 horas diarias, serían 6.124 kWh al año. La tarifa de electricidad actualmente es de 143,8 \$/kWh, lo que nos entrega un gasto anual de \$880.574.</p>
Sociales	<p>La reducción de las emisiones de material particulado fino y monóxido de carbono repercuten directamente en una reducción del riesgo a adquirir una enfermedad respiratoria por contaminación (bronquitis, enfermedades vasculares, neumonía, problemas pulmonares crónicos, ataques de asma, entre otros).</p> <p>En términos de confort térmico, una calefacción con aire acondicionado es capaz de mantener a la misma temperatura que la leña los hogares de forma rápida y controlada, destacándose su capacidad de gestión.</p> <p>A diferencia de la leña, la calefacción con electricidad no necesita de un lugar para almacenar el energético. Ese almacenamiento además está propenso a atraer ratones e insectos que podrían traer un problema sanitario. Con respecto a la rutina de calefacción, la calefacción eléctrica puede ser controlada de forma fácil y no es necesario "mantener el fuego" ni salir a buscar leña.</p>
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Gestionar financiamiento y tarifa eléctrica especial	2029
Planificación	2029
Implementación	2030-2035

ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
Ministerio de Energía	Entregar el marco legal en el cual se enmarca la iniciativa dentro de la política energética nacional.
Ministerio del Medio Ambiente	Establecer el marco legal y cobertura del programa de recambio de calefactores a la comuna.
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos administrados por dicha Dirección.
EDELAYSÉN	Establecer tarifas diferenciadas para la comuna para calefacción domiciliaria.
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo técnico

11. Municipalidad Sustentable.

DESCRIPCIÓN	
<p>Utilizar criterios de sustentabilidad en el diseño y construcción de la nueva municipalidad, de modo que sea un ejemplo para la comuna. Se deben seguir los siguientes lineamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Aprovechar la luz de sol para iluminar interiores, incluyendo grandes ventanales o techos de vidrio, para así disminuir el consumo de electricidad. – Utilizar materiales aislantes apropiados al clima, y ventanas termo panel. – Instalación de paneles solares para autoabastecerse de electricidad. – Instalación de colectores solares para agua caliente sanitaria. – Calefacción mediante aire acondicionado. 	
Objetivo principal	Posicionar el municipio como referente en eficiencia energética y ERNC.
Alcances	Municipalidad
Plazo de ejecución	2027
Costo estimado	Dependerán del tamaño de la municipalidad y las instalaciones con que cuente.
Financiamiento	Fondos estatales.
Beneficiaria/os	Comuna

Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	SECPLAN, DOM
Riesgos asociados a la implementación	Que los recursos comprometidos no sean los suficientes para incorporar los lineamientos señalados.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Al implementar medidas de energías limpias y eficiencia energética se disminuye la contaminación atmosférica.
Económicos	Al tener la municipalidad como ejemplo en el uso de energías renovables no convencionales se beneficia a los particulares que ofrecen instalación de estos servicios, ya que se estimula la compra de estas tecnologías.
Sociales	Se genera confianza en la población respecto al uso de medidas de eficiencia energética y ERNC, al tener a un referente como la municipalidad que las aplique.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Definición del alcance. Se debe definir cuál es el alcance que puede tener la incorporación de estos criterios. Se deben analizar cuáles son las restricciones normativas y presupuestarias dentro de las cuales se pueden solicitar estas condiciones.	2022 - 2026
Institucionalidad. Una vez conocidas las limitantes, se debe establecer una institucionalidad (ordenanza, resolución u otro instrumento) que asegure que en la licitación se incorporen criterios de EE y uso de ERNC.	2023 - 2026
Capacitación de los actores municipales en EE y ERNC, en conjunto con la ASE. De esta manera, existirá el conocimiento necesario para desarrollar esta iniciativa.	2023 - 2026
Implementación. Una vez establecidas las etapas anteriores, se debe implementar la incorporación de los criterios de EE y uso de ERNC en la licitación, ya sea a través de asignar mayores puntajes a empresas que hagan gestión de la energía, o bien incorporando los requerimientos sobre el producto requerido.	2024 - 2027
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Gobierno Regional de Los Lagos	Recursos financieros.
SECPLAN	Desarrollo del proyecto.

Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Apoyo técnico
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo técnico a la formulación del proyecto.

12. Sellado de puertas y ventanas en viviendas vulnerables.

DESCRIPCIÓN

La aislación térmica de los hogares es fundamental para una mejor calidad de vida y un uso eficiente de la calefacción. Como primera medida de aislación se tiene el sellado de puertas y ventanas, lo cual es algo rápido y simple de implementar, y ayuda a disminuir la pérdida de calor.

Se implementará en aquellas viviendas más vulnerables del sector urbano y de cada uno de los sectores rurales. En aquellos casos que la infraestructura del hogar sea deficiente, se cambiarán puertas y ventanas.

Objetivo principal	Mejorar el confort térmico al interior de las viviendas.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2022
Costo estimado	Un sello para puerta vale \$3.000, al igual que el sello para ventanas de 5 metros de largo. Considerando el sellado de dos puertas y el uso de 2 sellos para ventanas, se tiene un costo de \$12.000 por hogar. Se considera mano de obra para instalación de \$5.000 por hogar, dando un costo total de \$17.000 por hogar. Si se aplica en 100 hogares, se tiene un costo de \$1.700.000.
Financiamiento	Una buena opción es hacerlo con fondos municipales, ya que el costo es bajo y es una medida fácil de implementar y con resultados a corto plazo. Otra opción es postular al Programa de Protección del Patrimonio Familiar que entrega Subsidios de Acondicionamiento Térmico, en cuyo caso se realiza una aislación más completa y no solo de puertas y ventanas.
Beneficiaria/os	Viviendas sectores urbano y rural, con preferencia a Registro Social de Hogares.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, DIDECO
Riesgos asociados a la implementación	Que la intervención o la cantidad de sellos considerados no sea la suficiente para lograr un impacto real en el confort térmico.

IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor contaminación atmosférica debido al menor uso de leña, gracias a la disminución de las pérdidas de calor.
Económicos	Menor gasto en leña para calefacción.
Sociales	Mejor calidad de vida al aumentar el confort térmico dentro de los hogares.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Gestión de instaladores en la comuna.	Primer semestre 2023
Compra de sellos.	Primer semestre 2023
Implementación.	Segundo semestre 2023
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
DIDECO	Coordinación beneficiarios a través del Departamento Social. Apoyo en postulaciones a fondos en caso de tener que hacerlo a través de fondos concursables para JJVV u organizaciones.
Municipalidad	Entrega de fondos directos.
JJVV	Postulación a fondos concursables, Programa de Protección del Patrimonio Familiar.

13. Aislación térmica de techos y muros en viviendas vulnerables.

DESCRIPCIÓN	
Luego de sellar puertas y ventanas, se implementa la aislación térmica de techo y muros, con lo cual disminuye considerablemente la pérdida de calor y aumenta el confort térmico.	
Objetivo principal	Mejorar el confort térmico al interior de las viviendas.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2024-2025
Costo estimado	Se toma como referencia una vivienda promedio de 58 m ² , con un consumo energético de 559 [kWh/m ² *año], habiendo un potencial de disminuirlo a 314 [kWh/m ² *año]. En el caso de aislar muros, se tiene un costo de \$1.040.000. En el caso de aislar el techo, el costo es de \$790.000. si se toma como referencia una vivienda vulnerable, sin aislación, en cuyo caso el consumo energético es de 830 [kWh/m ² *año], el costo es de \$4.300.000 para una aislación completa.
Financiamiento	Programa de Protección del Patrimonio Familiar (MINVU), en el eje de mejoramiento de viviendas; Programa de Habitabilidad Rural (MINVU). Fondos Regionales.
Beneficiaria/os	Viviendas sectores urbano y rural, con preferencia a Registro Social de Hogares.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, DIDECO, SECPLAN.
Riesgos asociados a la implementación	Que la intervención necesaria en techos y muros sea de una extensión o complejidad superior a la proyectada.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor contaminación atmosférica debido al menor uso de leña, gracias a la disminución de las pérdidas de calor. Una vivienda bien aislada puede disminuir al menos 7 m ³ de consumo de leña al año. Por cada 100 viviendas que se mejore su aislación, de acuerdo con el potencial disponible en la tabla 27, se tendría una reducción en emisiones de 3 ton de MP y 102 ton de CO al año.
Económicos	Menor gasto en leña para calefacción. Se estima un ahorro anual entre \$210.000 y \$270.000 para una vivienda promedio, mientras que para una vivienda vulnerable puede ser hasta de \$400.000.
Sociales	Mejor calidad de vida al aumentar el confort térmico dentro de los hogares.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO

Gestión de instaladores en la comuna.	Primer semestre 2024
Planificación y selección de hogares a aplicar.	Primer semestre 2024
Implementación.	2024-2025
Difusión del proyecto y beneficios de la aislación térmica.	2025
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos gestionados por dicha Dirección.
DIDECO	Coordinación beneficiarios a través del Departamento Social. Apoyo en postulaciones a fondos en caso de tener que hacerlo a través de fondos concursables de SERVIU.
JJVV	Elaboración de proyectos MINVU, cumplimiento de requisitos para postulación.

14. Aislación térmica de escuelas.

DESCRIPCIÓN	
Fundamental para una mejor calidad de vida de los estudiantes y un uso eficiente de la calefacción. Se puede empezar con lo más básico, que es el sellado de puertas y ventanas, para luego continuar con techos y muros.	
Objetivo principal	Mejorar el confort térmico al interior de las escuelas.
Alcances	Escuelas
Plazo de ejecución	2025-2027
Costo estimado	Dependerá del tamaño de la escuela y la condición actual de la aislación.
Financiamiento	Programa "Ponle Energía a tu Escuela" del Ministerio de Energía. Fondos regionales
Beneficiaria/os	Escuelas sector urbano y rurales.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, SECPLAN.
Riesgos asociados a la implementación	Que los establecimientos educacionales no cumplan con los requisitos establecidos en el programa "Ponle Energía a tu Escuela"

IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor contaminación atmosférica debido a la disminución en el consumo de leña para calefacción.
Económicos	Se ven beneficiadas las empresas constructoras que se hagan cargo de las mejoras.
Sociales	Al tener las condiciones térmicas ideales dentro de los establecimientos educativos, se tiene una mejora en la calidad de vida y en el proceso de aprendizaje, ya que se tiene un lugar confortable para estudiar.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Realizar diagnóstico térmico de cada escuela.	2024
Priorizar escuelas.	2024
Implementación.	2025-2027
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos gestionados por dicha Dirección.
DAEM	Entrega de todos los antecedentes educacionales y de infraestructura para la postulación al programa "Ponle Energía a tu Escuela" y para la formulación de los proyectos.
Consultoras	Evaluación técnica de establecimientos seleccionados en programa "Ponle Energía a tu Escuela" y formulación de proyectos.
Ministerio de Energía, la Dirección de Educación Pública y la Agencia de Sostenibilidad Energética	Órganos del estado administradores del programa "Ponle Energía a tu Escuela"

15. Recambio de ampolletas.

DESCRIPCIÓN	
Se busca ayudar a la gente con menos recursos a hacer un cambio de la luminaria de sus hogares, de modo que puedan disminuir el consumo eléctrico de sus hogares de manera fácil y rápida.	
Objetivo principal	Familiarizar a la comunidad con la eficiencia energética.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2022
Costo estimado	Se toma como referencia una ampolleta LED de 9W, cuyo valor es de \$990. Considerando 8 ampolletas por hogar, se tiene un costo de \$7.920 por hogar. Al implementar el proyecto en 100 hogares, el costo total es de \$792.000.
Financiamiento	Programa "Con Buena Energía" del Ministerio de Energía. FPA.
Beneficiaria/os	Viviendas sectores urbano y rural, con preferencia a Registro Social de Hogares.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, DIDECO,
Riesgos asociados a la implementación	Que el programa "Con Buena Energía" no incluya la Región de Los Lagos.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor consumo de electricidad de fuentes como el diésel, lo que conlleva menor contaminación atmosférica. De acuerdo al capítulo 2.10.1.2 Potencial de eficiencia energética eléctrica, al realizar un recambio por ampolletas LED se logra un ahorro por hogar de 275 kWh. De esta manera, cada 100 viviendas en que se implemente el proyecto, el consumo de electricidad disminuye en 27,5 MWh.
Económicos	Se tiene un ahorro en la cuenta de luz al disminuir el consumo de electricidad cercano a los \$50.000 anuales.
Sociales	La gente se familiarizará con la eficiencia energética al ver cómo se puede tener una buena iluminación con ampolletas de bajo consumo.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Planificación.	Primer semestre 2022
Compra de ampolletas.	Primer semestre 2022
Implementación.	Segundo semestre 2022

ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
DIDECO	Selección de beneficiarios a través del Departamento Social. Apoyo en postulaciones a fondos en que se requiera hacerlo a través de las JJVV u organizaciones.
JJVV	Selección de beneficiarios y elaboración de proyectos.

16. Recambio de sistemas de calefacción que no funcionan.

DESCRIPCIÓN	
Con el tiempo, algunos sistemas de calefacción fallan y pueden funcionar mal, pierden eficiencia por lo que contaminan más y se necesita más leña para que calefaccionen bien. Por ello, se propone realizar un recambio de aquellos sistemas de calefacción que no funcionan de manera óptima. Proyecto orientado para aquellas personas vulnerables o con pocos recursos.	
Objetivo principal	Disminuir la contaminación por combustión de leña.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2024
Costo estimado	Dependerá del tamaño de la estufa a cambiar. Se toma como referencia un calefactor a pellet cuyo costo es de \$699.990.
Financiamiento	Programa "Recambio de Calefactores" del Ministerio del Medio Ambiente.
Beneficiaria/os	Viviendas sectores urbano y rural, con preferencia a Registro Social de Hogares.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, DIDECO,
Riesgos asociados a la implementación	Que el programa "Recambio de Calefactores" no se pueda implementar en la comuna.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor contaminación atmosférica al hacer un uso eficiente de la leña con una combustión que funciona de manera adecuada.
Económicos	Ahorro debido a un menor gasto en leña.
Sociales	Mejora en la calidad de vida al poder calefaccionar bien el hogar.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Realización de un catastro de pobreza energética y sistema de calefacción en mal estado.	Primer semestre 2024
Priorización de hogares a implementar el proyecto.	Primer semestre 2024
Implementación.	Segundo semestre 2024
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
DIDECO	Selección de beneficiarios a través del Departamento Social.
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo técnico mejores opciones.

17. Estándares de construcción de viviendas.

DESCRIPCIÓN	
<p>Luego del programa de capacitación en eficiencia energética en construcción, se pretende generar una ordenanza municipal respecto a materiales a utilizar en las construcciones; o generar un fortalecimiento de la fiscalización en el cumplimiento de los niveles de aislación térmica requeridos por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Esto se logra a través de capacitación e incorporación de recursos humanos en la municipalidad u otro organismo público que se determine. Este proyecto tiene además una componente de capacitación a los mismos usuarios que puedan verificar que los proyectos han sido diseñados y construidos para cumplir al menos con la normativa técnica. La idea es que al generar una ordenanza no se cree un sistema punitivo, es decir, que no se castigue a quien no cumple, sino que se bonifique de alguna manera a quien sí cumple.</p>	
Objetivo principal	Tener infraestructura eficiente energéticamente.
Alcances	Sector municipal y privado.
Plazo de ejecución	2026
Costo estimado	Corresponde a recursos humanos de la municipalidad.
Financiamiento	No aplica.

Beneficiaria/os	Profesionales Municipalidad, profesionales y empresas del rubro construcción.
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, DOM
Riesgos asociados a la implementación	Bajo riesgo.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor contaminación atmosférica al reducir el uso de leña para calefacción debido a la buena aislación de las viviendas.
Económicos	El costo de las viviendas aumenta, pero se recupera con el ahorro en calefacción.
Sociales	Se cuenta en la comuna con viviendas aptas al clima de la región. Además, se formaliza el rubro de la construcción, dando más oportunidades a aquellos que cumplen con la normativa.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Desarrollo de la institucionalidad. Se deben establecer las condiciones necesarias que permitan contar con recursos humanos adicionales encargados de la fiscalización.	2026
Capacitación. Fortalecimiento de los conocimientos técnicos para la persona que esté a cargo de la fiscalización dentro de la municipalidad o de crear la nueva ordenanza.	2026
Control. La municipalidad debe llevar un control sobre la efectividad de la medida.	2026
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
Departamento de Obras Municipales	Elaboración Ordenanza
MINVU	Establece estándares de aislamiento térmico y construcción sustentable

Línea de acción: Planificación Energética

Los proyectos de este eje contribuyen al Objetivo N°2: Incentivar el (re)acondicionamiento térmico de las viviendas y edificaciones públicas de la comuna, y promover el consumo de leña seca.

18. Estación de monitoreo de la calidad del aire.	
DESCRIPCIÓN	
Se gestionará la instalación de una estación de monitoreo de calidad de aire. Esto permitirá tener una medida cuantitativa del estado actual de la calidad de aire en la comuna y proyectar una meta, de manera que haya seguimiento permanente de su cumplimiento. Es importante considerar que la estación debe estar en la categoría de Monitoreo de Representatividad Población (EMRP), de manera que se considere válida para el Ministerio de Medio Ambiente. La instalación de estaciones de monitoreo permitirá contar con datos certeros para la postulación a planes y programas estatales para los cuáles se requieren estos antecedentes.	
Objetivo principal	Contar con información confiable sobre la contaminación atmosférica en la comuna.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2024
Costo estimado	Dependerá del equipo a instalar.
Financiamiento	Ministerio de Salud, Ministerio del Medioambiente.
Beneficiaria/os	Comunidad
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	Costos y objetivos fuera del alcance del ministerio respectivo.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Al implementar el proyecto se podrá tomar medidas con datos certeros para disminuir la contaminación ambiental.
Económicos	No presenta impacto económico directo.
Sociales	Se tendrá una comunidad informada sobre el estado del aire que respiran y se harán conscientes sobre la importancia de consumir leña seca para tener un aire más limpio.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Gestión del proyecto.	Primer semestre 2024

Compra e instalación del equipo de medición de calidad del aire.	Primer semestre 2024
Implementación de la medición.	Segundo semestre 2024
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa
Ministerio de Energía	Estudio factibilidad, financiamiento e instalación de estación de monitoreo.

Línea de acción: **Energías Renovables y Generación Local**

Los proyectos de este eje contribuyen al Objetivo N°3: Impulsar proyectos de ERNC que promuevan la generación distribuida y reduzcan las brechas sociales y económicas entre sectores rural y urbano.

19. Fomento a la utilización de paneles solares a nivel residencial.

DESCRIPCIÓN	
Se busca aprovechar el potencial de generación solar fotovoltaica disponible en la comuna, en complemento al proyecto de capacitación y formación de competencias locales en sistemas de generación de energía renovables no convencionales. En particular, se coordinarán mecanismos que permitan la agregación de demanda por paneles fotovoltaicos para acceder a precios más accesibles.	
Objetivo principal	Aumentar la generación distribuida.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2023-2024
Costo estimado	Por una parte, de tiene el costo de recursos humanos en la ejecución de gestiones y coordinaciones internas en el municipio, con el fin de contar con mecanismo formales de agrupación de demanda. Por otra parte, el costo de un sistema de 2,5 kW con una batería se estima en \$3.400.000.
Financiamiento	Programa Casa Solar. Fondo de Protección Ambiental (FPA) Ministerio del Medio Ambiente. Fondo de Acceso Energético, Ministerio de Energía. Fondo Mixto, Ministerio de Desarrollo Social. Fondo Chile de Todas y Todos, Ministerio de Desarrollo Social. Fondos internacionales como los de la embajada de

	Japón, Canadá, Australia, Alemania. Fondo Internacional para la Diversidad Cultural (FIDC), UNESCO.
Beneficiaria/os	Comunidad
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, SECPLAN.
Riesgos asociados a la implementación	No cumplimiento de los requisitos de los fondos considerados.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Menor contaminación atmosférica debido a la generación distribuida, disminuyendo la inyección de energía producida con diésel. Por cada 100 casas en que se instale un sistema de 2,5 kW, se reemplaza un 5% de la generación diésel.
Económicos	El ahorro dependerá del tamaño del sistema instalado y el perfil de consumo de la vivienda. Como referencia se tiene un sistema de 2,5 kW, el cual genera un ahorro cercano a los \$200.000 anuales.
Sociales	Se destraban barreras de acceso a paneles fotovoltaicos en la comuna, lo cual permite a la comunidad acceder a esta tecnología y generar su propia electricidad. Los paneles solares además permiten alimentar baterías para tener energía de respaldo en casos de corte de luz, lo cual sucede con frecuencia en la comuna.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Búsqueda y coordinación de actores interesados.	2023
Gestión de compra y descuentos con empresa de paneles solares.	2023
Implementación.	2024-2024
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Encargado de la iniciativa, búsqueda de fondos disponibles y postulaciones.
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos gestionados por dicha Dirección.
DIDECO	Identificaciones posibles participantes y apoyo en elaboración de proyectos.
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo técnico
Consultoras ERNC, Educación Superior	Apoyo técnico en formulación proyectos

JJVV	Organización y formulación proyectos a aquellos fondos que requieran presentarlos a través de organizaciones.
Organizaciones civiles	Relevantes, en la medida que sean capaces de organizarse y levantar necesidades reales y concretas para presentar ante el municipio o proveedores de este tipo de tecnologías;

20. Generación Solar Fotovoltaica en Edificios Públicos.

DESCRIPCIÓN

Objetivos específicos del proyecto: 1) Desarrollar un proyecto de incorporación de sistemas fotovoltaicos en un edificio municipal; 2) Reducir costos por consumo de energía eléctrica del edificio, mediante aprovechamiento del recurso solar; 3) Impulsar el desarrollo de proyectos fotovoltaicos locales a través de la experiencia de un proyecto comunal piloto.

Dentro de los productos se tiene la instalación solar fotovoltaica en edificio municipal a identificar, y el desarrollo de modelo de gestión, operación y mantención de la instalación a cargo de equipo de gestión municipal.

Metodología propuesta: contar con la asesoría técnica especializada para detallar aspectos técnicos y económicos del proyecto a desarrollar; desarrollar proyecto técnico: realizar ingeniería básica y de detalle, considerando una estimación de la producción eléctrica, revisión de condiciones técnicas de compatibilidad con la red eléctrica actual del Municipio y análisis de costos detallado; iniciar tramitación necesaria para conectar el sistema solar de generación eléctrica fotovoltaica mediante los formularios y procedimientos establecidos en la Ley 20.571, para que el sistema sea considerado un pequeño medio de generación distribuida que además de auto consumir energía eléctrica sea capaz de generar excedentes de energía que sea inyectados a la red eléctrica de la comuna y reconocidos por la empresa distribuidora local; proponer un modelo de gestión, de respaldo técnico, responsabilidades financieras y administrativas que tengan por objetivo garantizar el buen funcionamiento y operación del sistema solar fotovoltaico municipal.

Al ser el hospital el edificio público con mayor consumo eléctrico, se considera la instalación de un sistema fotovoltaico en su techo. Teniendo en cuenta la superficie disponible, se dimensiona un sistema de 216 kW, el cual permitiría generar 218 MWh anuales, es decir, un 43,5% del consumo de electricidad del hospital.

Objetivo principal	Promover la generación distribuida con energías limpia en el sector público.
Alcances	Infraestructura pública
Plazo de ejecución	2024-2025
Costo estimado	Considerando un costo de \$1.000.000 por kW, el costo total para el sistema solar del hospital sería de \$216.000.000.

Financiamiento	Programa “Techos Solares Públicos” del Ministerio de Energía; FNRD.
Beneficiaria/os	Comunidad
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	SECPLAN, Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos
Riesgos asociados a la implementación	No obtención de los fondos asociados
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Se tiene una disminución en la contaminación atmosférica, ya que la generación de los paneles solares permite reemplazar cerca de un 5% de la generación diésel.
Económicos	Se genera un ahorro anual aproximadamente de \$22.000.000, con lo cual se recupera el capital en un periodo de 8 años.
Sociales	Al tener un edificio público tan importante como el hospital con paneles solares, se genera confianza en la población sobre el funcionamiento de energías renovables no convencionales.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Elección de un edificio público piloto.	2023
Estudio del recurso solar y dimensionamiento del sistema.	Primer semestre 2024
Implementación.	2024-2025
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de la iniciativa, gestiones para postulación a Programa “Techos Solares Públicos” del Ministerio de Energía.
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos gestionados por dicha Dirección.
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo Técnico
Gobierno Regional	Entrega de recursos para las diferentes etapas contempladas, en caso de optar por esta fuente de financiamiento.

21. Energización de zonas aisladas o vulnerables, mediante el uso de energías renovables.

DESCRIPCIÓN

Hoy en día la disponibilidad de electricidad es de suma utilidad para las personas, por lo que se pretende energizar aquellas zonas que aún no están conectadas al servicio de distribución y cuya conexión se ve complicada por temas de aislación o costos. Esto se hará mediante energías renovables no convencionales, adecuándose al potencial disponible en cada lugar. En muchos lugares hay arroyos que se pueden aprovechar para instalar pequeñas turbinas hidroeléctricas capaces de satisfacer el consumo de los hogares presentes (no son muchas casas en cada lugar). Ahora bien, en esta región también está afectando la sequía, evidenciado por la baja en el caudal del agua durante el verano, de modo que se puede instalar paneles solares para poder generar electricidad durante los meses de verano, y así se tiene un sistema híbrido. También se debe evaluar la posibilidad de colocar hélices de viento para generar electricidad.

A continuación, se presentan algunas opciones de tecnologías de pequeña y microescala para posibles proyectos mini hidro.

Tabla 29. Tecnologías de pequeña y micro-escala para proyectos de mini hidro. Fuente: Elaboración propia a partir de SEREMI Energía Región Metropolitana.

Tecnología de pequeña y micro escala	Rango de caída de agua (m)	Rango de operación (m ³ /s)	Potencia (kW)	Observaciones
Turbinas Kaplan	1,2 – 20	3 – 30	75 – 15.000	Dado su alto costo, se utilizan para altos caudales con baja caída.
Turbinas Francis	10 – 700	-	10 – 150	Requieren caudales constantes, son sensibles a las variaciones.
Turbinas Cross Flow	1,75 – 40	0,04 – 5	5 – 3.000	En proyectos con bajo caudal y caída.
Turbinas Pelton	20 – 1.500	0,05 – 1	5 – 50.000	Operan con altura de caída alta.
Turbinas de tornillo inverso	1 – 8	0,2 – 15	5 – 500	Con baja caída y bajo caudal.
Turbinas Free Flow	0	Depende del tipo de turbina	0,1 – 50	De baja eficiencia de conversión, requieren una mínima obra, se instalan directamente sobre la corriente de agua. Ideales en canales de regadío.

Objetivo principal	Disminuir la pobreza energética en la comuna.
Alcances	Población zonas aisladas
Plazo de ejecución	2023-2024
Costo estimado	Dependerá de los equipos que se instalen.
Financiamiento	Fondo de Acceso a la Energía (FAE) del Ministerio de Energía, el cual tiene como finalidad facilitar y promover el acceso a la energía de las comunidades rurales, aisladas y/o vulnerables, a

	través de la implementación de soluciones energéticas a pequeña escala que utilicen fuentes de energías renovables.
Beneficiaria/os	Sectores rurales aislados sin red de electricidad
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos.
Riesgos asociados a la implementación	Riesgo bajo
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Se asegura que la energía eléctrica provenga de fuentes limpias.
Económicos	En algunas actividades productivas se puede mejorar la eficiencia al contar con electricidad.
Sociales	Se genera un cambio considerable en la calidad de vida de las personas al contar con electricidad para iluminación y para satisfacer tareas cotidianas de manera más fácil.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Catastro de electrificación en zonas aisladas. Se debe ver qué sistemas de generación existen, su capacidad, funcionamiento a lo largo del año, a cuántas casas alimentas, etc.	2023
Estimación del potencial disponible en ERNC a partir de los recursos disponibles (viento, agua y sol) y dimensionamiento de equipos.	2023
Implementación.	2024
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de la iniciativa, gestiones y postulación a Fondo de Acceso a Energía.
JJVV, organizaciones comunitarias	Organización y presentación directa de antecedentes a programa Fondo de Acceso a Energía.
Agencia de Sostenibilidad Energética	Apoyo Técnico
DIDECO	Identificación de participantes y apoyo en la postulación.

22. Planta de Generación Eólica El Límite.

DESCRIPCIÓN	
<p>Considerando el continuo aumento de la demanda eléctrica en la comuna, y el futuro recambio a calefacción eléctrica, se necesitará más energía a futuro, la cual se puede obtener al instalar una turbina eólica en el sector El Límite, donde existe un muy buen potencial. Esto permitirá disminuir el uso de las centrales diésel y así ir construyendo una matriz energética diversificada y basada en energías renovables no convencionales.</p> <p>Con el cambio en el sistema de calefacción, de leña a eléctrico, se tendría un aumento en la demanda de 4.443.391 kWh, la cual se podría satisfacer con la instalación de una turbina Vesta V90, potencia de 3 MW, a una altura de 100 m, con lo que se generarían 7.769.814 kWh al año, con un factor de planta de 29,5%</p>	
Objetivo principal	Diversificar la matriz eléctrica y satisfacer el aumento de demanda debido a la calefacción eléctrica.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2029-2032
Costo estimado	Si se considera un costo de 1266 USD/kW (CNE), el costo total sería de \$3.798.000 USD (2.658.600.000 CLP).
Financiamiento	Puede ser privado o público.
Beneficiaria/os	Comunidad
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	SECPLAN
Riesgos asociados a la implementación	Oposición ciudadana por impacto visual.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	Se tiene un impacto ambiental despreciable debido a que es una sola turbina, por lo que no interfiere considerablemente en la flora y fauna del lugar.
Económicos	Dependerá de la rentabilidad del proyecto y cómo afecta esto la tarifa de electricidad.
Sociales	La comunidad sentirá más seguridad en el suministro eléctrico al diversificar la generación, teniendo una fuente limpia que pueda abastecer a la comuna en caso de complicaciones en la central hidroeléctrica.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Evaluación de emplazamiento y factibilidad. Se evalúa el emplazamiento óptimo y la factibilidad técnica económica para el desarrollo del proyecto.	2029
Ejecución del proyecto.	2030-2032

ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
SECPLAN	Responsable de elaborar proyecto y asegurar financiamiento y ejecución.
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Apoyo técnico
EDELAYSÉN	Determinar y facilitar el sistema de acople de la planta de generación a la red pública.
JJVV El Límite, comunidad	Aprobación social del proyecto.
Departamento de Fronteras.	Establecer posibles restricciones de llevar a cabo un proyecto de estas características en la frontera.

23. Generación de electricidad con biogás producido mediante digestión anaerobia de residuos orgánicos municipales.

DESCRIPCIÓN	
<p>Actualmente, la municipalidad cuenta con un servicio de retiro de residuos orgánicos a domicilio, con los cuales se hace compost mediante digestión aerobia. Para aprovechar que ya hay un sistema de recolección de los residuos orgánicos, se pretende aprovechar éstos para generar biogás mediante digestión anaerobia y utilizar éste para producir electricidad.</p> <p>De acuerdo a la cantidad de residuos orgánicos que se generan en la comuna, se podrían instalar una planta de 50 kW, lo que permitiría inyectar 328 MWh al año.</p>	
Objetivo principal	Diversificar la matriz eléctrica.
Alcances	Comunidad
Plazo de ejecución	2027-2028
Costo estimado	De acuerdo al costo unitario de inversión que entrega la CNE, igual a 1.144 USD/kW, el costo total de inversión es de 57.200 USD (igual a \$40.040.000 tomando el valor del dólar en 700 pesos chilenos).
Financiamiento	FIE energía; Fondo Nacional de Desarrollo Regional.
Beneficiaria/os	Comunidad
Cargo y/o área(s) municipal(es) responsable(s)	Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos, SECPLAN.

Riesgos asociados a la implementación	Resistencia de vecinos a un proyecto que trabaje con residuos orgánicos.
IMPACTOS ESPERADOS	
Ambientales	La generación eléctrica con biogás permite reemplazar un 7% de la generación diésel, por lo que se tiene una disminución en la contaminación atmosférica puesto que el biogás es menos contaminante que el diésel.
Económicos	Al evaluar el proyecto a 15 años, se tiene un VAN de \$19.000.000, lo cual significa un beneficio para el Municipio.
Sociales	Se concientiza acerca de los ciclos naturales y cómo se puede obtener energía a partir de residuos orgánicos. Se ven beneficiados los agricultores que utilicen el digestato como fertilizante.
PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	
HITO	PLAZO PROPUESTO
Evaluación técnica y económica del proyecto.	2027
Ejecución del proyecto.	2028
ACTORES INVOLUCRADOS	
ACTOR	ROL
Departamento de Medio Ambiente, Energía y Residuos	Responsable de realizar las gestiones para encontrar un socio desarrollador y realizar postulación al FIE.
SECPLAN	Formulación proyecto en caso de financiarse con fondos gestionados por dicha Dirección.
ESSAL	Eventualmente podría aportar con residuos orgánicos al biodigestor, si la normativa lo permite.
Comunidad	Participar activamente en la segregación en origen de residuos, para tener una volumen de fracción orgánica constante.

Anexos



Anexo 1: Planificación territorial

1.1 Plano Regulador Comunal



Figura 56. Plano regulador Futaleufú. ZUC: Centro comercial e institucionalidad; ZU-1: Residencial mixta media densidad; ZU-2: Residencial condicionado de baja densidad; E-1: Estadio y Medialuna; E-2: Laguna Espejo; E-3: Cementerio; ZEM: Expansión mixta y residencial de alta densidad; ZEC: Expansión comercial y residencial con densidad media; AR-1: Riesgo por pendiente elevada y deslizamientos; AR-2: Protección canal desagüe Laguna Espejo. Fuente: PRC aprobado en SEIA.

1.2 Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO)

Tabla 29: Catastro OOC regidas bajo la Ley N° 19.418. Fuente: Elaboración Propia a partir de Municipalidad de Futaleufú.

Tipo de Organización	Cantidad
Organizaciones Deportivas	8
Centros de Madres	2
Centros u Organizaciones de Adultos Mayores	1
Centro de Padres y Apoderados	4
Junta de Vecinos	6
Uniones Comunales	0
Otras Organizaciones Comunitarias Funcionales	14
Total	46

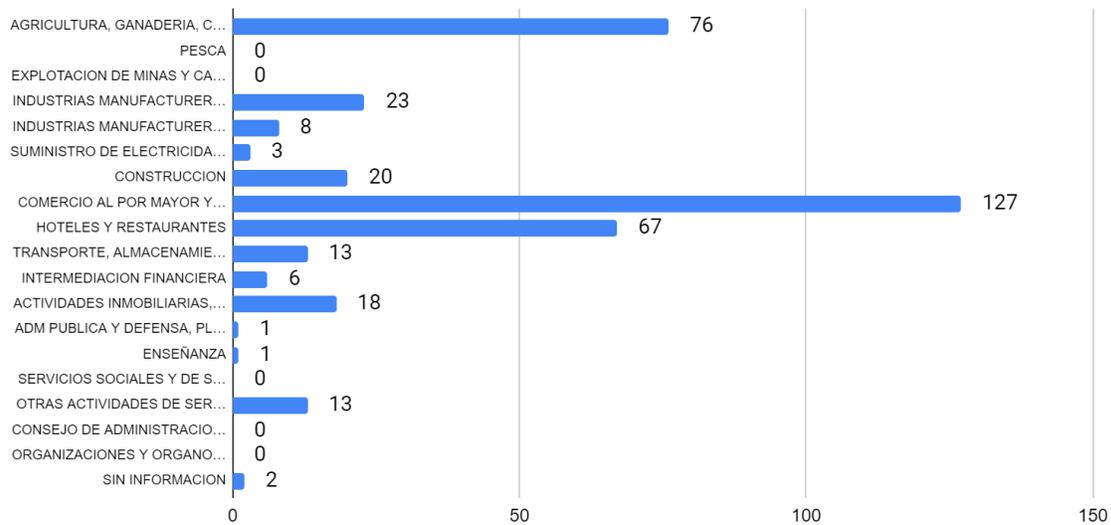


Figura 57: Número de empresas por rama de actividad, 2016. Fuente: Elaboración Propia a partir de SII.

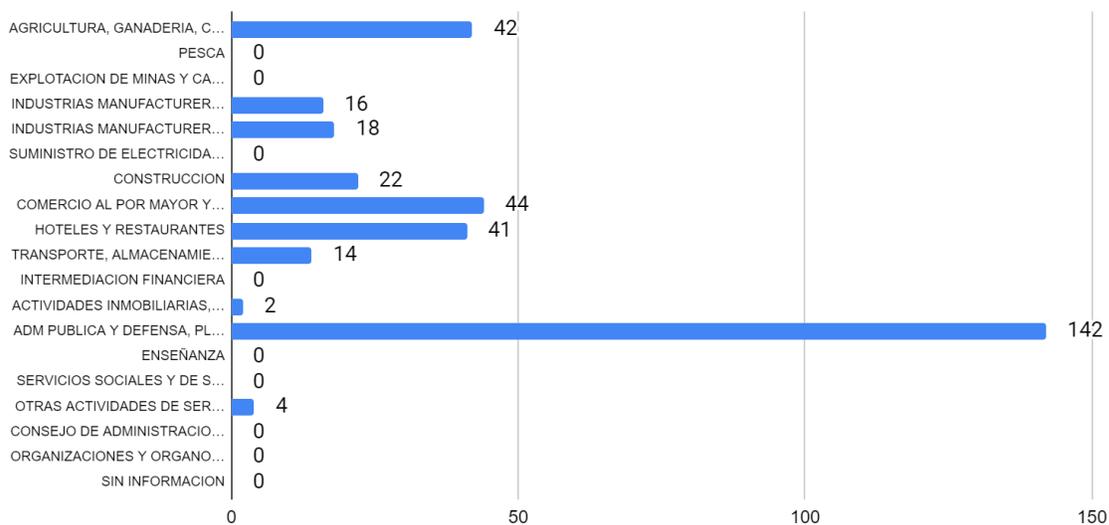


Figura 58: Número de empleados mayores a 15 años, por rama de actividad. Fuente: Elaboración Propia a partir de ESI 2017, INE.

1.3 Plan de Desarrollo Turístico

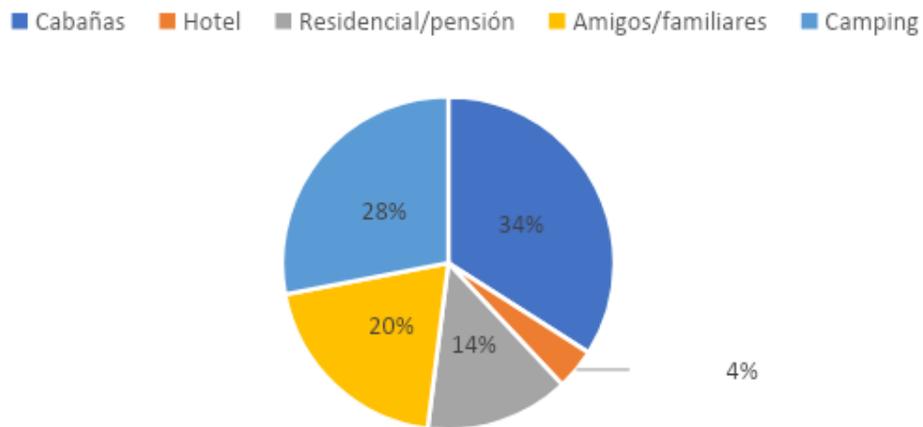


Figura 59: Tipo de alojamiento de los visitantes. Fuente: Elaboración Propia a partir de PLADETUR Futaleufú 2012.

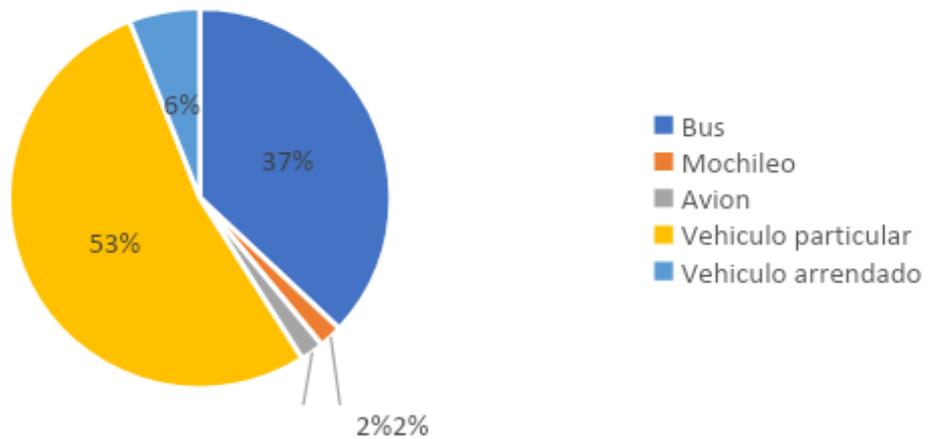


Figura 60: Método de viaje utilizado por los visitantes. Fuente: Elaboración Propia a partir de PLADETUR Futaleufú 2012.

1.4 Normas de Calidad del Aire

Dentro de la normativa aplicable para calidad de aire, se encuentran aquellas relacionadas a los contaminantes MP2.5, MP10, SO₂, NO₂, CO y O₃. El límite aplicable para cada contaminante, según sus concentraciones anuales, diarias y horarias, se presentan a continuación.

Tabla 30: Límite normado, según contaminantes. Fuente: Decretos ministeriales sobre calidad de aire (SINCA).

Contaminante	MP10 [ug/m3]		MP2,5 [ug/m3]		SO ₂ [ug/m3]		O ₃ [ug/m3]	NO ₂ [ug/m3]		CO [mg/m3]	
	Anual	Diario	Anual	Diario	Anual	Diario	8 hrs	Anual	1 hr	1 hr	8 hrs
Normativa	Derogada	150	20	50	80	250	120	100	400	30	10
Límite Zona latente (80%)	Derogada	120	16	40	64	200	96	80	320	24	8

En la tabla anterior, se indica el parámetro “Límite Zona Latente” el cual define cuando una zona está cercana (80%) a los niveles de saturación establecidos en la normativa.

Zona latente se define, en la ley 19.300, como aquélla en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental. También es definida Zona Saturada aquélla en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas.

1.5 Normas de Calidad del Agua

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones máximas permitidas de una serie de compuestos, elementos y propiedades que pueden presentar un riesgo para la salud de la población.

Tabla 31: Normas de Calidad Primaria para las aguas continentales superficiales. Fuente: D.S 143, Art°8, Tabla N°4.

Compuestos o elementos	Unidad	Excedencia	Valor Máximo de Excedencia
Color	Escala Pt-Co	50%	150
pH	Unidad de pH	-/+ 0,5	5,5 – 9,0
Cianuro	Mg/L	30%	1,00
Bifenilos policlorados (PCBs)	Mg/L	50%	0,008
Diclorometano	Mg/L	50%	0,33
Benzo(a)pireno	Mg/L	50%	0,003
Tetracloruro de carbono	Mg/L	50%	0,033
Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4 D)	Mg/L	50%	0,5
Aldrin * y Dieldrin*	Mg/L	50%	0,0005
Atrazina	Mg/L	50%	0,033
Carbofurano	Mg/L	50%	0,0825
Clordano*	Mg/L	50%	0,0033
Clorotalonil	Mg/L	30%	1,57
Cyanazina	Mg/L	50%	0,0099
Heptaclor *	Mg/L	50%	0,0005
Lindano *	Mg/L	50%	0,033
Simazina	Mg/L	30%	0,0286
Trifluralina	Mg/L	50%	0,33
Arsénico	Mg/L	20%	0,132
Cadmio	Mg/L	50%	0,05
Cromo	Mg/L	20%	0,66
Mercurio	Mg/L	50%	0,0165
Plomo	Mg/L	50%	0,165
Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	-----	-----

1.6 Planes de Prevención y/o Descontaminación Atmosférica

Del PPDA de Coyhaique se destaca la incorporación de nuevas limitaciones para la leña y la aislante térmica domiciliaria, impulsando la inversión en leña seca, sistemas de combustión eficiente y educación sobre el buen uso de la biomasa. Por parte de la aislante térmica se agregan nuevos límites de transmitancia térmica para muros, techos, pisos, ventanas y puertas de nuevas construcciones domiciliarias.

Tabla 32: Transmitancia térmica máxima de la envolvente térmica. Fuente: D.S-7-2019 PDA para la ciudad de Coyhaique.

Elemento	Estándar	Valor
Techo	Valor U [W/ (m ² K)]	0,25
Muro		0,35
Piso ventilado		0,32
Ventana		3,60
Puerta		1,70

Además, se agregan criterios de infiltraciones para los reacondicionamientos térmicos de viviendas buscando los más altos estándares de eficiencia del aislante y para las calderas nuevas se aumentó el límite permisible de emisión de material particulado.

Tabla 32: Transmitancia térmica máxima de la envolvente térmica. Fuente: D.S-7-2019 PDA para la ciudad de Coyhaique.

Potencia térmica nominal de la caldera	Límite máximo de MP (mg/ m ³ N)	
	Caldera Existente	Caldera Nueva
Mayor o igual a 75 kWt y menor a 1 MWt	--	50
Mayor o igual a 1 MWt y menor a 20 MWt	50	30
Mayor o igual a 20 MWt	30	30

Finalmente, se agregan nuevos estándares sobre la calidad del aire, agregando monitoreos constantes por parte del Ministerio de Medioambiente y la Seremi de Medioambiente deberá realizar reportes diarios sobre la calidad del aire.

Tabla 34: Categorías de calidad del aire. Fuente: D.S-7-2019 PDA para la ciudad de Coyhaique.

Calidad del Aire	MP10 µg/m ³ N	MP2,5 µg/m ³ N
Bueno	0 - 149	0 - 50
Regular	150 - 194	51 - 79
Alerta	195 - 239	80 - 109
Preemergencia	240 - 329	110 - 169
Emergencia	≥ 330	≥170

Anexo 2: Consumo energético

2.1 Leña

A modo de traspasar el uso de leña a niveles energéticos es necesario considerar la densidad, humedad y poder calorífico de las principales especies utilizadas. Del catastro de demandantes otorgado por CONAF se desglosan el uso principal de leña de Coihue y Radal en un 40% cada una, mientras que para el 20% restante se usó una metodología de estudio en base al “Manual para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas” elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Greenlab UC, en el cual se saca un promedio de las especies más utilizadas en Padre las Casas y Temuco y así estimando sus propiedades energéticas bajo el nombre “otros”.

Tabla 35: Propiedades Térmicas Coihue, Radal y otros. Fuente: Elaboración Propia a partir de Manual para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones Atmosféricas.

Especie	Densidad [kg/m ³ seca]	Humedad [%]	Poder Calorífico [MJ/kg]
Coihue	560	15%	15,62
Coihue	567,2	18%	14,99
Coihue	584	25%	13,51
Coihue	624,8	33%	11,8
Coihue	635	35%	11,37
Radal	496	15%	17,5
Radal	502,3	18%	16,8
Radal	517	25%	15,16
Radal	535,4	33%	13,28
Radal	540	35%	12,81
Otros	411	25%	13,87
Otros	432	30%	12,49
Otros	453	40%	8,32

Se destaca la importancia del factor de humedad en la leña ya que este influye directamente en el desempeño energético. Para calcular este se utiliza la metodología propuesta en la “Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera” creado por CDT y el Ministerio de Energía, el cual considera un caso pesimista y uno optimista en la humedad de la leña consumida. A modo práctico se usarán los datos recopilados en la XI región de Aysén, siendo esta la más similar en territorio y geografía a la comuna de Futaleufú. De esto se obtuvo en un caso pesimista de 28% y en el caso optimista un 24,8%, resultando en un promedio de 26,4% de humedad. Los datos obtenidos con este porcentaje de humedad se muestran a continuación.

Tabla 36: Densidad y Poder Calorífico de Coihue, Radal y Otros a 26,4% de Humedad. Fuente: Elaboración propia a partir de Medición Consumo Nacional de Leña, 2015.

Especie	Humedad [%]	Densidad [kg/m ³]	Poder Calorífico [MJ/kg]
Coihue	26,4	591,14	13,21
Radal	26,4	520,22	14,83
Otro	26,4	416,88	13,48

De esta forma, gracias a los factores de conversión de energía, se puede ver el consumo energético total de leña en la comuna de Futaleufú en la siguiente tabla.

Tabla 36: Densidad y Poder Calorífico de Coihue, Radal y Otros a 26,4% de Humedad. Fuente: Elaboración propia a partir de Medición Consumo Nacional de Leña, 2015.

Especie	Consumo [m ³ /año]	Energía [MWh/año]
Coihue	6.856	14.873
Radal	6.856	14.693
Otros	3.428	5.351
Total	17.141	34.918

De esta manera, el consumo residencial de leña en la comuna asciende hasta los **34,9 GWh** al año de energía térmica.

2.2 Diésel

A modos prácticos, para el cálculo energético se usará el factor de conversión entregado por el Ministerio de Energía en el "Balance Energético" del año 2015, en el cual se especifica una relación de 10,65 kWh/L diésel.

Consumo Residencial: Según el estudio de "Usos finales y curva de la conservación de la energía en el sector residencial" (CDT, 2009), se considera como despreciable el consumo de petróleo diésel con fines térmicos en el sector residencial, ya que el consumo promedio a nivel país para el sector residencial es de un 0,03 % y está principalmente asociado a riego, por lo que se excluye del análisis.

Consumo Público: El consumo asociado al sector público se estimó con la información entregada por la Ilustre Municipalidad de Futaleufú, en relación con los gastos asociados a petróleo diésel con fines de calefacción. Se cuenta con información para el periodo 2014-2019, la cual se muestra a continuación:



Figura 59: Consumo de petróleo diésel asociado al subsector administración del sector público. Fuente: Elaboración Propia a partir de Municipalidad de Futaleufú.

Para continuar con la metodología del consumo público, se debe considerar el consumo del sector educación. El consumo por establecimiento en el año 2019 se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 39: Consumo de petróleo año 2019 en establecimientos educacionales. Fuente: Elaboración Propia a partir de DAEM 2020.

Establecimiento	Consumo de Petróleo [L/año]
Futaleufú	50.000
El Espolón	1.200
El Límite	10.000
Total	61.200
Energía MWh	651,78

Por otro lado, el consumo del hospital asciende hasta los **39.000 litros** para el año 2019 lo que equivale a **415,4 MWh/año**.

Consumo Comercial: Según el registro de Calderas disponible desde el Ministerio de Salud, información facilitada por la Secretaría Ministerial Regional de Salud, no existen calderas de petróleo diésel en el sector comercial.

Anexo 3: Proyecciones

3.1 Proyecciones Diesel

Para las proyecciones de demanda de petróleo diésel, solo se considerará el sector público, ya que es el más relevante. Se realiza el supuesto de inserción de tecnologías más ecológicas, en particular calderas de gas licuado, con un porcentaje de penetración equivalente al 5% de la demanda anual de petróleo a partir del 2021. Las proyecciones se muestran a continuación:

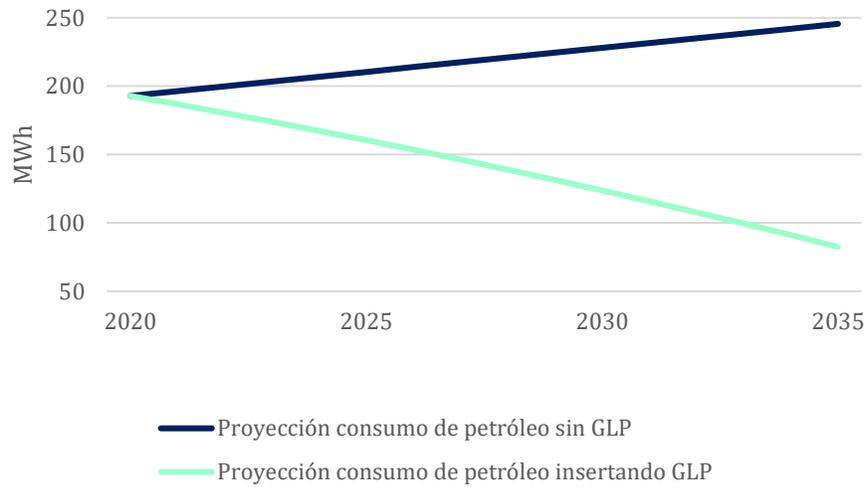


Figura 60: Proyección consumo de petróleo edificio municipal insertando caldera de GLP.: Elaboración Propia. Fuente a partir de Municipalidad de Futaleufú.

Anexo 4: Potencial Disponible en ERNC

4.1 Residuos Orgánicos Municipales

Con los datos explicados en el capítulo 2.8.1.1.1 *Residuos Orgánicos Municipales*, se desglosa que la comuna de Futaleufú genera al año 1154,12 toneladas de residuos sólidos, siendo la fracción orgánica 623,22 toneladas al año. La siguiente tabla muestra el potencial energético de estos residuos para la comuna de Futaleufú.

Tabla 41: Potencial Energético Biomasa Húmeda. Fuente: Elaboración Propia a partir de Dafne Crutchik, UAI.

Fracción Orgánica	623.224,80	kgRO/año
Relación DQO/kgRO	0,7	kgDQO/kgRO
Eficiencia de Degradación	80%	-
DQO eliminado	349.005,89	KgDQO eliminado/año
Proporción producción CH4	0,35	m ³ CH4/kgDQO eliminado
Producción CH4	122.152,06	m ³ CH4/año
Eficiencia producción energética	85%	-
Relación energética	35.800	KJ/m ³ CH4
Relación energética	3.600	KJ/kWh
Potencial Energético	1.032.524,23	kWh/año
Potencial Energético	1.032,52	MWh/año
Rendimiento Eléctrico	30%	-
Rendimiento Térmico	45%	-
Potencial Eléctrico	309,76	MWh-e/año
Potencial Térmico	464,64	MWh-th/año

4.2 Residuos Orgánicos Ganaderos

Con los datos explicados en el capítulo 2.8.1.1.2 *Residuos Orgánicos Ganaderos* y basándose en la metodología expuesta, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a estimación energética.

Tabla 42: Estimación de producción de Biogás al día por estiércol animal. Fuente: Elaboración Propia a partir de SAG, Manual de Biogás.

Especie	Cantidad	Producción Estiércol [Kg/día]	Volumen Generación Biogás [m³Biogas/Kg Estiércol]	Estimación Potencial Biogás [m³Biogas/día]
Bovino	1.430	10	0,04	572
Porcino	30	2,25	0,06	4,05
Caprino	46	2	0,05	4,6
Ovino	1.623	1,5	0,05	121,725
Total	3.129	15,75	0,2	702,375

Luego, se obtiene la producción de biogás anual, equivalente a **256.367 m³/año**. Ahora, se estima el potencial energético con la misma metodología empleada en la sección anterior de residuos urbanos municipales.

Tabla 43: Potencial Energético Residuos Ganaderos. Fuente: Elaboración Propia a partir de Manual de Biogás.

Eficiencia producción energética	85%	-
Relación energética	35.800	KJ/m ³ CH ₄
Relación energética	3.600	KJ/kWh
Producción Biogás anual	256.366,88	m ³ CH ₄ /año
Potencial Energético	2.167.012,22	kWh/año
Potencial Energético	2167,01	MWh/año
Rendimiento Eléctrico	36%	-
Rendimiento Térmico	45%	-
Potencial Eléctrico	780,12	MWh e/año
Potencial Térmico	975,16	MWh th/año

4.3 Aguas Residuales

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comuna de Futaleufú purga diariamente 10 metros cúbicos de biomasa de su proceso de Lodos Activados, la cual pasa por una centrífuga y llega a una concentración de 10 gramos de Sólidos Suspendedos Volátiles por litro. Con estos datos se llega a una generación anual de biogás igual a 17.821 m³. La siguiente tabla muestra los detalles del potencial energético.

Tabla 44: Potencial Energético por Aguas Residuales. Fuente: Elaboración Propia a partir de Manual de Biogás.

Purga	10	m ³ /dia
Concentración Purga	10	gr SSV/L
Producción Metano	48,825	m ³ CH ₄ /dia
Producción Metano	17.821,13	m ³ CH ₄ /año
Producción Energía	412,7069	kWh/dia
Producción Energía	150.638	kWh/año
Producción Energía	150,638	MWh/año
Rendimiento Eléctrico	36%	-
Rendimiento Térmico	45%	-
Potencial Eléctrico	54,23	MW he/año
Potencial Térmico	67,79	MWh th/año

4.4 Eólico

Según lo observado en el estudio “Energías Renovables en Chile: El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé” (MINERGA y GIZ, 2014), los datos registrados versus los datos modelados a través de WRF presentan disconformidades de distinto orden de magnitud según la zona en que se compara (Norte, Centro y Sur). Por ejemplo, en el monitoreo de Taltal (Región de Antofagasta) existe una sobreestimación del modelo WRF de 8% para la velocidad del viento y un 15 % para la producción del aerogenerador. En el monitoreo de la zona sur del país, se aprecia una subestimación del 5 % tanto para la magnitud del viento como para la producción eólica. A criterio del consultor, se adoptará el factor de corrección de 5% correspondiente a lo registrado en la zona sur de Chile. Otro factor a considerar es el efecto de las pérdidas en la producción y la incertidumbre de la metodología empleada, por lo que MINERGA y GIZ, optan por ajustar las series de magnitud de viento simuladas con WRF, de modo que se obtenga un 75% de la producción modelada. Por ende

$$f \cdot p_{\text{corregido}} = 0,75 * f \cdot p_{\text{WRF}}$$

Selección de los parámetros relacionados a tecnología: tal como se indica en el estudio de MINERGA y GIZ, se realiza un barrido por los proyectos eólicos presentes en el país que pueden ser considerados como representativos del tipo de proyecto que se desarrollan en Chile, para determinar la tendencia de instalación a través de los años, en parámetros como potencia de la turbina y altura del buje, en donde se puede apreciar una tendencia creciente en ambos parámetros.

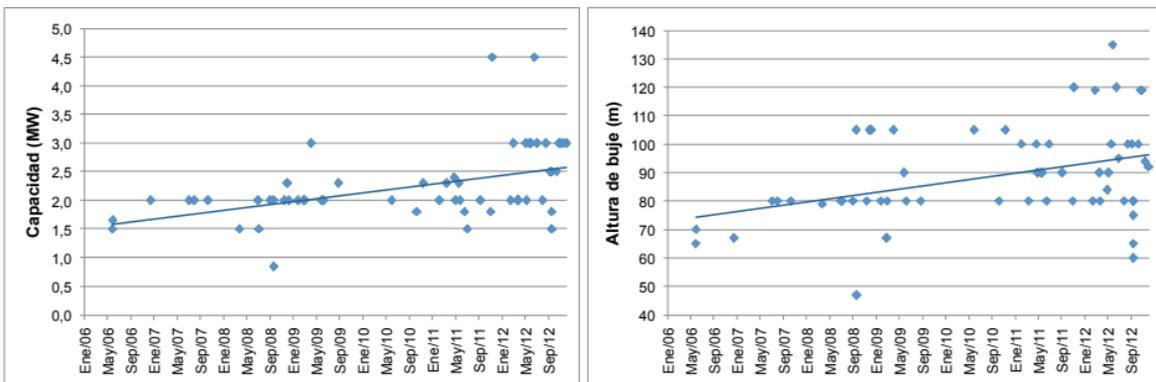


Figura 61: Tamaño de aerogenerador y altura de buje, de los proyectos desarrollados en Chile en función de la fecha de ingreso a la tramitación ambiental. Fuente: MINERGA y GIZ.

Según lo comentado en el estudio, la tendencia creciente es consistente con la experiencia internacional, sin embargo, estas características son dependientes del régimen del viento del emplazamiento de cada proyecto y de la oferta de turbinas eólicas disponibles al momento de la inversión. Para efectos de la evaluación, se considerará para la estimación del potencial, dos tamaños de aerogeneradores; 1,5 Y 3 MW de capacidad nominal. El primero (1,5 MW), debido a su menor diámetro en el rotor (cercano a 80 metros), permite ser analizado a alturas menores que el segundo (3 MW), por lo que se define en 60 y 100 metros la altura del buje para la turbina de 1,5 MW, mientras que el aerogenerador de 3 MW se evaluará a los 100 metros de altura del buje. Así, se consideran 3 combinaciones de aerogenerador y altura de buje, de las cuales se seleccionará la mejor para cada zona analizada, es decir, la que optimice la producción.

Factor de Planta seleccionado: según la metodología propuesta, se opta por expresar el potencial disponible como la capacidad instalable que cumpliría una producción mínima anual equivalente a un factor de planta igual o superior a 0,3 obtenido de la siguiente expresión:

$$f.p = \frac{E_{anual}}{(Capacidad * 8760)} \text{ donde:}$$

- $f.p$ es el factor de planta del área analizada.
- E_{anual} es la energía producida anualmente por un aerogenerador dado en el área analizada expresada en MWh.
- $Capacidad$ corresponde a la potencia definida para el área analizada.

Restricciones territoriales, sociales y ambientales: Las restricciones consideradas en la evaluación del recurso eólico se determinan según la metodología propuesta y a criterio del consultor para el caso de la comuna de Futaleufú, las cuales son presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 45: Factores de restricción. Fuente: Elaboración Propia a partir de metodología propuesta MINERGI y GIZ, 2014.

Parámetro	Criterio
Pendiente del terreno	< 15
Factor de planta	> 30 %
Reserva Nacional Futaleufú	Excluida
Zona de Interés Turístico	Excluida
Nieves y glaciares	Excluidos
Distancias a centros poblados	>500 metros
Distancias a ríos	>300 metros
Distancia a cuerpos de agua	>300 metros

Respecto a las restricciones presentadas anteriormente se comenta que Futaleufú, al ubicarse en la cordillera de Los Andes, un gran porcentaje de su superficie corresponde a cordones montañosos, por lo que la viabilidad de proyectos eólicos se reduce principalmente a los valles entre cerros, entre los cuales destacan los valles del sector Las Escalas, El Límite, Río Chico y El Espolón. El último valle mencionado se excluye de la evaluación debido a que está definido como Zona de Interés Turístico.

Tabla 46: Superficie disponible para proyectos eólicos que cumplen con las restricciones territoriales. Fuente: Elaboración Propia.

Zonas de interés eólico	Superficie Disponible [km2]
Valle El Limite	0,33
Valle Río Chico	0,91
Valle Las Escalas	1,95
Valle Espolón	Excluido (ZOIT)
Total Disponible	3,19

Producción Energética Turbina Seleccionada:

Tabla 47: Producción Energética Vesta V63 en los regímenes de vientos medidos para el año 2010. Fuente: Elaboración Propia a partir de Explorador Eólico, WRF.

Funcionamiento Vesta V63 (1.5 MW) para regímenes de viento 2010	
Energía Anual [GWh]	5,95
Potencia [MW]	1,5
Horas del Año	8760
Horas de Funcionamiento	5514
Factor de Planta	45,27%
Factor de Planta Corregido	33,95%
Altura [m]	60
Nº Turbinas	6
Energía Anual Sistema [GWh]	35,7

Recurso Eólico Valle "El Límite":

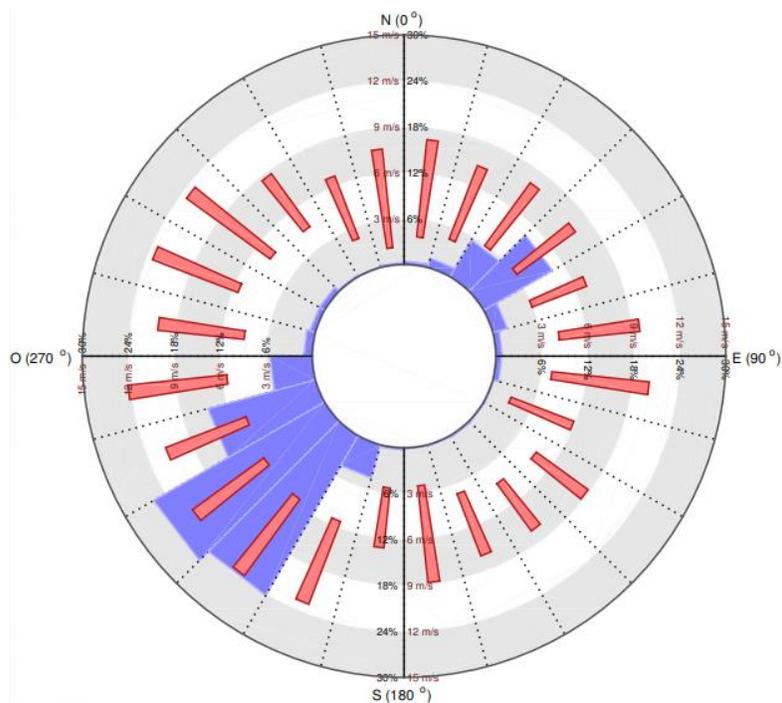


Figura 62: Rosa de los vientos anuales Valle El Límite. Fuente: Explorador Eólico FCFM-MINERGIA-GIZ.

De la figura se desprende que las corrientes de viento van en sentido suroeste-noreste, en donde las barras azules indican el porcentaje de los valores horarios según la dirección del viento. Las barras rojas indican el rango inter-cuartil de velocidad de viento para cada intervalo de dirección.

4.5 Hidroeléctrico

De acuerdo con el explorador hidroeléctrico de DAANC, para el año 2014 en la comuna de Futaleufú existían cinco derechos asociados a fines hidroeléctricos, de los cuales tres son de carácter permanente y dos son derechos eventuales. De estos derechos, tres pertenecían a la Empresa Nacional de Electricidad S.A (ENDESA), mientras que el resto pertenecían a un particular, Don Antonio Carracedo. El año 2016, ENDESA devolvió los derechos de aguas asociadas al Río Futaleufú y al Río Espolón, pero que igualmente serán considerados para la estimación del potencial hidráulico de la comuna. En relación a los derechos de aguas pertenecientes a Antonio Carracedo, se pudo constatar en terreno la operación de una central hidráulica de pasada, que no se encuentra conectada al sistema de distribución. A continuación, se presentan las restricciones técnicas y territoriales que se consideraron al momento de la evaluación del recurso hidráulico.

Tabla 48: Restricciones consideradas para el potencial hidráulico. Fuente: Elaboración Propia a partir de MINERGA y GIZ.

Parámetro	Restricción	Fuente de Información
Factor de Planta	>50 %	Exigida a centrales identificadas por la metodología
Zonas protegidas	Reserva nacional Futaleufú y sitios bajo convención de Ramsar	DAANC con captación o restitución en zona protegida
Líneas férreas, red vial y sendero de Chile	>60 metros	Caminos públicos construidos, DOM

La metodología utilizada, determina la Potencia Teórica (PT) de una posible central hidroeléctrica según la siguiente expresión:

$$PT (MW) = \frac{Q_{asignado} \left[\frac{L}{s} \right]}{1000} \times Desnivel (m) \times 8 \left[\frac{m}{s^2} \right] \times \left(\frac{1}{1000} \right)$$

El $Q_{asignado}$ es el caudal máximo asignado a la potencia de la central, $8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ es un factor que considera la aceleración de gravedad y la eficiencia de la central, además de coincidir con el factor utilizado por la Dirección General de Aguas (DGA) en el cálculo del valor de la patente anual que deben pagar los titulares de los DAANC que no se encuentren en utilización.

La determinación del $Q_{asignado}$ se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{asignado} = \left(\sum DAA_{permanente} + 0,5 \times \sum DAA_{eventual} \right)$$

Donde $DAA_{permanente}$ es el caudal expresado en litros por segundo autorizado en el mes respectivo por el DAANC permanente, y $DAA_{eventual}$ es derecho de aprovechamientos de aguas eventuales autorizados para el mes respectivo por el DAANC eventual.

Tal y como indica el estudio anteriormente mencionado, la potencia media generada por cada central teórica para todo el periodo de análisis, se determinó según la expresión:

$$PM [MW] = \text{mínimo} \left(PT, \frac{Q \left(\frac{L}{s} \right)}{1000} \times Desnivel (m) \times 8 \left(\frac{m}{s^2} \right) \times \left(\frac{1}{1000} \right) \right)$$

Donde PM es la potencia media generada con el caudal Q , luego con la serie de datos fue posible estimar la producción promedio anual y su factor de planta, el cual es calculado como la razón entre la producción media anual y la PT.

Anexo 5. Potencial Eficiencia Energética

5.1 Potencial Eficiencia Energética Térmica

En Chile, existe lo que se conoce como Reglamentación Térmica, en la cual se establecen exigencias de transmisión térmica máximas (U) para la envolvente, con el fin de disminuir considerablemente las pérdidas de calor en techos, muros, pisos ventilados y ventanas. En la tabla a continuación se pueden observar las exigencias mínimas para cada Zona Térmica (ZT):

Tabla 49: Exigencias Térmicas a Elementos Envolventes en la Vivienda. Fuente: Elaboración Propia a partir de OGUC Art °4.1.10.

ZT	Techumbres	Muros	Pisos Ventilados	Ventanas		
				Vidrio Monolítico	Doble Vidriado Hermético	
				U [W/m ² K]	U [W/m ² K]	U [W/m ² K]
1	0,84	4,00	3,60	50%	80%	60%
2	0,60	3,00	0,87	40%	80%	60%
3	0,47	1,90	0,70	25%	80%	60%
4	0,38	1,70	0,60	21%	75%	60%
5	0,33	1,60	0,50	18%	70%	51%
6	0,28	1,10	0,39	14%	55%	37%
7	0,25	0,60	0,32	12%	37%	26%

Siguiendo la metodología de la guía MINVU 2009, podemos clasificar la zona geográfica de la comuna de Futaleufú en una zona térmica 7 (ZT 7), cuyas exigencias térmicas se aprecian en la tabla anterior.

Por otro lado, en la encuesta CASEN, indicadores de vivienda, se clasifican las viviendas según su materialidad bajo tres criterios: Aceptable, Recuperable e Irrecuperable:

Tabla 50: Definiciones de categorías según materialidad predominante. Fuente: Elaboración Propia a partir de CASEN.

Dimensión	Indicador	Categorías
Paredes Exteriores	Hormigón armado; albañilería (bloque de cemento, piedra o ladrillo); tabique forrado por ambas caras (madera, lata u otro).	Aceptable
	Tabique sin forro interior (madera u otro); Adobe, barro, quincha, pirca u otro artesanal tradicional.	Recuperable
	Materiales precarios o de desecho (cartón, latas, sacos,	Irrecuperable

	plásticos, etc.)	
Techo	Tejas o tejuela (arcilla, metálica, cemento, madera, asfáltica); losa hormigón; planchas metálicas (zinc, cobre, etc.) o fibrocemento (pizarreño).	Aceptable
	Fonolita; paja, coirón, totora o caña.	Recuperable
	Materiales precarios o de desecho; sin cubierta en el techo.	Irrecuperable
Piso	Parquet, madera, piso flotante o similar; cerámico, flexit; alfombra o cubrepiso	Aceptable
	Baldosa de Cemento, Radier, Enchapado de cemento	Recuperable
	Piso de tierra	Irrecuperable

Tabla 51: Índice de Materialidad. Fuente: Elaboración Propia a partir de CASEN.

Índice de Materialidad	
Materialidad Aceptable	Materialidad en muros, piso y techo aceptable
Materialidad Recuperable	Muro recuperable, y un indicador aceptable, sea piso o techo
	Más de un indicador recuperable y ningún indicador irrecuperable
Materialidad Irrecuperable	Al menos un indicador irrecuperable (muro, piso o techo)

5.2 Potencial Eficiencia Energética Eléctrica

Bajo el estudio del CDT 2018 se determinó un promedio de 13,4 ampolletas/vivienda (para efectos prácticos se considerarán 14 ampolletas/vivienda) con un uso promedio de 15 horas diarias en la ZT 7, con la siguiente distribución:

Tabla 52: Cantidad de ampolletas por tipo en ZT 7. Fuente: Elaboración Propia a partir de CDT 2018.

Cantidad de Luminarias por Tipo en ZT 7	
Ampolletas < 60 W	2
Ampolletas > 60 W	2
Fluorescente Compacta	7
Tubos Fluorescentes	1
Focos LED	2

Además, en la tabla a continuación se muestra el porcentaje de ahorro del recambio de tipos de ampolletas por tecnología LED.

Tabla 53: Porcentaje de ahorro en cambio a LED. Fuente: Elaboración Propia.

LED	Incandescente/Halógenas	Fluorescente Compacta	Tubos Fluorescentes
% Ahorro	90%	72%	64%

Bajo estas consideraciones, se analizó el recambio de las ampollas existentes por alternativas LED, entregando un ahorro del 80,23% del consumo eléctrico destinado a iluminación, pasando de un consumo de 343 kWh/año a 67,8 kWh/año por vivienda.

En cuanto a los refrigeradores, en el estudio se muestra que un 97,4% de la gente tiene al menos un refrigerador en su vivienda, y la siguiente clasificación de eficiencia de los equipos:

Tabla 55: Clasificación de los refrigeradores en viviendas de ZT 7. Fuente: Elaboración Propia a partir de CDT 2018.

Calificación de Eficiencia de los refrigeradores en ZT 7	
A ++	19,3%
A +	30,8%
A	16,9%
B	2,3%
C	0,7%
No tiene etiquetado	29,9%

El estudio muestra que el consumo promedio de energía eléctrica en el uso del refrigerador equivale a 314 kWh/año. Además, se destaca que un 23,4% de las viviendas usan los equipos con escarchas, mientras que un 72,8% usa el equipo sin escarcha. Para analizar el potencial de eficiencia energética se hizo el supuesto de que todos los equipos con clasificación B, C y sin etiquetado se cambiarían por equipos A, mientras que los equipos de clasificación A y A+ se cambiarían por equipos A++, con lo que se logró determinar una reducción en el consumo eléctrico destinado al equipo de refrigerador de un 33,7%.

Por último, el estudio CDT 2018 muestra sobre el uso de televisores en ZT 7, que un 97,2% usa televisores mientras que el 2,8% restante no utiliza. Además, sobre el etiquetado de eficiencia, un 43,3% presenta etiquetado eficiente, mientras que un 55,6% no lo presenta. Al tomar estos datos en consideración, se analizó el potencial de eficiencia energética disponible y se logró determinar una reducción del consumo eléctrico en el uso de televisores equivalente al 15,78%, pasando de 331 kWh/año a 279 kWh/año por vivienda.

Anexo 6. Resultados encuesta ciudadana

Tabla 56. Calificación de los proyectos en la encuesta ciudadana. Esta nota se usa en la priorización de proyectos para el criterio "aceptación en la comunidad". Fuente: Elaboración propia.

Proyecto	Nota
21. Energización de zonas aisladas o vulnerables, mediante el uso de energías renovables	9,5
12. Sellado de puertas y ventanas en viviendas vulnerables	9,5
13. Aislación térmica de techos y muros en viviendas vulnerables	9,4
6. Capacitación y formación de competencias locales para la comunidad en ERNC y las posibles fuentes de financiamiento	9,3

4. Programa de capacitación en Eficiencia Energética en construcción, dirigido a profesionales, técnicos del área y a la comunidad	9,3
3. Campaña de uso consciente de leña	9,3
1. Talleres educativos en Eficiencia Energética y ERNC para Establecimientos Educativos	9,3
5. Capacitación a funcionarios municipales para fomentar proyectos de Energías Renovables No Convencionales	9,2
2. Campaña educativa en Eficiencia Energética para la comunidad	9,2
19. Fomento a la utilización de paneles solares a nivel residencial	9,2
14. Aislación térmica de escuelas	9,2
20. Generación Solar Fotovoltaica en Edificios Públicos	9,1
8. Leñeras eficientes	9,0
18. Estación de monitoreo de la calidad del aire	9,0
11. Municipalidad Sustentable	9,0
7. Sello energético para el sector turístico	8,9
23. Planta de Generación Eléctrica con biogás producido con residuos orgánicos	8,8
17. Estándares de construcción de viviendas	8,8
16. Recambio de sistemas de calefacción que no funcionan	8,7
15. Recambio de ampolletas	8,7
9. Centro comunitario de acopio y secado de leña con energía solar	8,6
22. Planta de Generación Eólica El Límite	8,6
10. Calefacción eléctrica en reemplazo de leña	7,8

Anexo 7: Detalles fichas de proyectos del plan de acción.

6.1 Leñeras Eficientes

Impacto Ambiental: Para calcular la disminución en la emisión de contaminantes atmosféricos, se toman como referencia los factores de emisión de “Actualización del inventario de emisiones atmosféricas y modelación de contaminantes de Concepción metropolitano, año base 2013”, SICAM Ingeniería (2014), a partir de los cuales se llega a los siguientes valores:

Tabla 57. Factores de emisión de MP 10 y CO para leña con 26,4% y 18% de humedad. Los valores corresponden a [g MP10/kg leña] o [g CO/kg leña].

	26,4%	18%
MP 10	8,7	4,2
CO	277,1	130,0

Luego, para conocer la disminución en las emisiones se multiplicó el factor de emisión de leña con 26,4% de humedad por la cantidad de metros cúbicos de leña que se dejan de consumir (10%), y a eso se le suma el factor de leña con 18% de humedad por la cantidad de leña con esa humedad que se consume. Esta cantidad es un poco menor al 10% de leña con 26% de humedad que se dejó de consumir, ya que al bajar la humedad se tiene un aumento en la capacidad calorífica de la leña, por lo que se satisface el mismo requerimiento energético con menor cantidad de leña.

Costo: Para calcular el costo de una leñera que permita secado con energía solar, se tomó como referencia el documento “Asesoría de ingeniería de detalle de un centro de acopio y secado (CAS) de leña en Coyhaique”, de Evolucionera Energía y River Consultores (2016). En éste se muestran los costos de una leñera de 480 m³, con las mismas características de las leñeras eficientes que se contemplan en el proyecto. Para el caso de Futaleufú, el consumo promedio a nivel residencial es de 16 m³ al año, por lo que para obtener el costo de una leñera con esta capacidad simplemente se aplicó regla de tres.

6.2 Centro comunitario de acopio y secado de leña con energía solar

Para el proyecto se toma como referencia el documento “Asesoría de ingeniería de detalle de un centro de acopio y secado (CAS) de leña en Coyhaique”, de Evolucionera Energía y River Consultores (2016).

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se utilizó el explorador solar del Ministerio de Energía. Se estudió el gráfico de potencia horaria en cada día durante todos los meses del año, con el fin de tener un sistema que pudiera alimentar los 4 extractores eólicos por al menos 6 horas en los meses de funcionamiento. Esto se logró con un sistema de 2 kW. En la figura 63 se observa la generación mensual del sistema, y en la tabla 58 se muestra la potencia horaria en cada hora y mes.

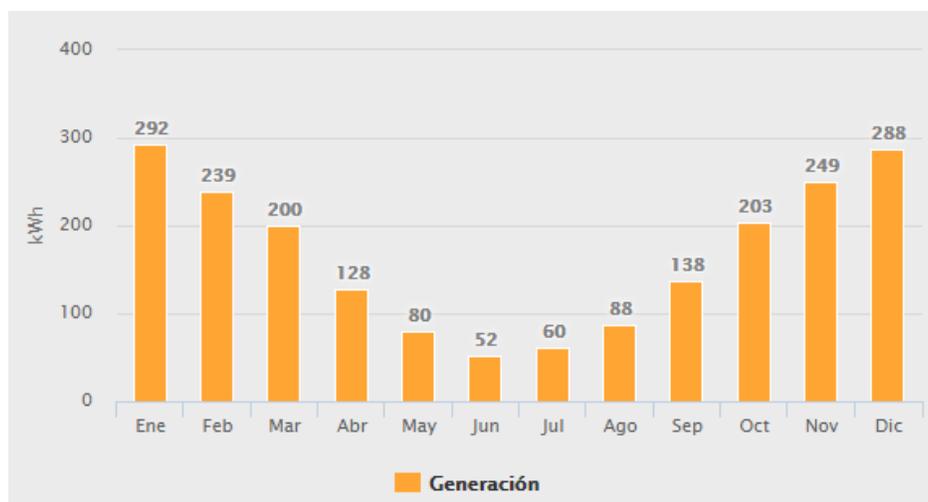


Figura 63. Generación mensual sistema fotovoltaico 2 kW. Fuente: Explorador Solar Ministerio de Energía.

Impacto Ambiental: Se sigue la misma metodología que en el proyecto “Leñeras eficientes” (Anexo 6.1).

Impacto Económico: Se considera como ahorro la diferencia entre el valor de mercado de la leña y el valor de compra de la leña húmeda, es decir, \$10.000. Eso multiplicado por los 16 m³ de leña entrega un monto de \$160.000, a los cuales se le resta el gasto operacional y de mantenimiento de la leñera, dividido entre los socios del mes ($[\$400.000 + \$20.000] / 10$), llegando así al ahorro de \$118.000 al año. Con este ahorro se tiene un periodo de recuperación del capital de 4 años y 8 meses. Hay que considerar que se puede obtener financiamiento externo, con lo cual este periodo disminuiría de manera directamente proporcional al porcentaje de financiamiento.

Al realizar una evaluación económica a 20 años, el proyecto arroja una TIR de 21% y un VAN de aproximadamente \$71.000.000.

Costo: Viene dado por los siguientes ítems.

Tabla 58. Costos considerados para el centro comunitario de acopio y secado de leña.

Dato	Valor	Unidad
Capacidad	160	m3
Inversión galpón	29.804.950	CLP
Potencia sistema fotovoltaico	2	kW
Inversión sistema fotovoltaico	2.500.000	CLP
Superficie necesaria	0,044	Hectáreas
Terreno	654.261	CLP
Inversión total	32.959.211	CLP

Tabla 59. Potencia horaria en cada mes para un sistema fotovoltaico de 2 kW. Fuente: Elaboración propia.

Horario	Potencia											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20:00	0,01											0,01
19:00	0,2	0,17									0,1	0,15
18:00	0,47	0,42	0,31	0,01					0,06	0,27	0,3	0,39
17:00	0,69	0,64	0,47	0,42	0,13		0,04	0,39	0,32	0,39	0,49	0,6
16:00	0,91	0,85	0,67	0,52	0,4	0,04	0,35	0,4	0,5	0,59	0,71	0,84
15:00	1,06	0,98	0,78	0,62	0,52	0,59	0,44	0,44	0,59	0,74	0,87	1
14:00	1,13	1,06	0,86	0,61	0,42	0,34	0,3	0,36	0,6	0,79	0,98	1,09
13:00	1,16	1,1	0,87	0,58	0,4	0,34	0,29	0,35	0,61	0,82	1,05	1,13
12:00	1,12	1,04	0,81	0,51	0,33	0,28	0,28	0,34	0,58	0,87	1,05	1,12
11:00	0,99	0,92	0,73	0,48	0,26	0,09	0,18	0,28	0,53	0,74	0,94	1,02
10:00	0,81	0,71	0,54	0,34	0,12	0,05	0,06	0,19	0,44	0,63	0,78	0,83
9:00	0,55	0,45	0,32	0,17	0,03	0,01	0,02	0,08	0,27	0,44	0,59	0,61
8:00	0,26	0,16	0,09	0,02				0,01	0,09	0,22	0,33	0,34
7:00	0,07	0,04								0,05	0,11	0,11
6:00	0,01										0,02	0,03
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Excedente (kWh)	111,29	100,94	41,85	20,18	34,41	17,94	18,91	22,94	29,79	49,6	78,6	96,72
Consumo (kWh)	181,35	163,8	158,1	112,5	46,5	36	41,85	65,1	112,5	153,45	171	190,65
Horas funcionando 4 extractores	8	8	6	2	0	0	0	0	2	6	7	9
Horas funcionando 3 extractores	2	1	2	4	1	1	0	0	4	1	2	0
Horas funcionando 2 extractores	0	1	2	2	4	2	3	6	2	2	2	2
Horas funcionando 1 extractor	1	1	0	1	1	1	3	2	1	2	0	0

6.3 Calefacción eléctrica en reemplazo de leña

Impacto Ambiental: Se sigue la misma metodología que en el proyecto “Leñeras eficientes” (Anexo 6.1).

Impacto Económico: Tomando los datos de CONAF (Tabla 36), la capacidad calorífica promedio de las especies ocupadas para leña en la comuna es de 7.344 MJ/m³ (capacidad calorífica de la leña igual a 13,9 MJ/kg, multiplicado por la densidad de 527,92 kg/m³). Esto se traduce en 117.483 MJ/año, de modo que, si se considera una eficiencia de 68% para una bosca, se tiene una necesidad energética al año por cada hogar de 79.888 MJ. Considerando un uso promedio de 9 horas diarias de calefacción, se necesitan 23,89 MJ/hora. Para dimensionar las características del equipo necesario, conviene pasar la medida a BTU (1 MJ = 947,82 BTU), lo cual nos entrega un requerimiento de 23.370 BTU/hora.

Evidentemente, existe un gasto extra considerable al hacer el cambio de leña a calefacción eléctrica. Esto se debe en parte a la alta tarifa eléctrica que hay en la comuna, ya que si comparamos con la tarifa eléctrica de Santiago (alrededor de 110 \$/kWh) el gasto disminuiría a \$673.640 por año. Actualmente, existen mecanismos de tarifas especiales para calefacción eléctrica, los cuales aplican para algunas comunas seleccionadas por el Ministerio de Energía, las cuales tienen un alto nivel de concentración de MP 2.5 o cuentan con un programa de recambio de calefacción vigente. Sería muy útil para la comuna ya que disminuye la tarifa alrededor de un 20%, lo que la dejaría en un valor de 115 \$/kWh. Por eso es importante una iniciativa para implementar el monitoreo de calidad de aire en la comuna, lo que permitiría tener datos concretos para poder postular a un mecanismo así. Vale mencionar que Edelaysen cuenta con tarifas especiales para un segundo servicio como calefacción eléctrica, en las cuales no se aplica recargo por consumo sobre límite de invierno, y se puede escoger entre un descuento de \$40.000 anuales por los primeros dos años (teniendo consumo mayor a 3500 kWh) o una tarifa de 100 \$/kWh + IVA, pero solo está disponible para las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén, por lo que habría que hacer las gestiones necesarias para poder contar con esta tarifa especial en Futaleufú.

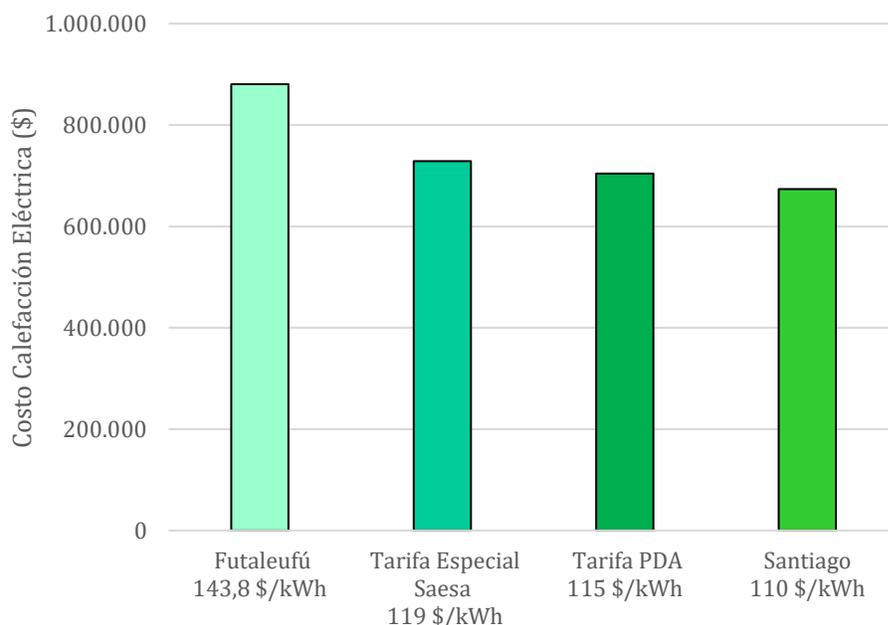


Figura 55. Gasto anual en calefacción eléctrica considerando diferentes tarifas eléctricas. La tarifa especial Saesa corresponde al posible descuento efectuado por Edelaysen (empresa distribuidora), y la tarifa PDA corresponde a aquella que se puede acceder teniendo un Plan de Descontaminación Atmosférica.

Viéndolo desde el punto de vista privado, a los dueños de casa les saldría más caro el recambio comparado con la leña, pero hay que considerar también desde el punto de vista público que la calefacción a leña tiene externalidades negativas que no son incluidas en su precio. Estas externalidades negativas son la tala de bosque, el cual deja de proveer servicios ecosistémicos tales como la absorción de CO₂ y la regulación del ciclo hídrico, y la contaminación atmosférica. Actualmente no existen estudios que permitan valorizar económicamente el servicio de regulación del ciclo hídrico, pero sí el de absorción de CO₂.

El potencial de mitigación del Coihue es de 17,1 tCO₂-eq/ha al año, de modo que si tomamos como supuesto que toda la leña es de Coihue (ya que no existen datos sobre el potencial de mitigación para las otras especies utilizadas) se tiene una absorción de 991,8 toneladas de CO₂ al año. Se toma el costo social de carbono en 25,83 USD/ton, lo cual nos entrega un beneficio de 25.092 USD (\$17.564.778 tomando el valor del dólar en \$700) al año.

En cuanto a la contaminación atmosférica, según el estudio “Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena, 2008” el costo asociado a salud para 1 tonelada de MP10 es de 15.500 USD, lo que significa que el recambio de leña por calefacción eléctrica traería consigo un ahorro de 826.925 USD por conceptos de atención médica (\$578.847.500 tomando el valor del dólar en \$700).

6.4 Uso de pellet en reemplazo de leña

Se descarta esta opción ante la calefacción eléctrica.

Descripción: Si bien la calefacción con pellet reduce considerablemente la contaminación atmosférica, se descarta esta opción por las siguientes razones:

- No habría independencia energética (siendo este uno de los principales objetivos de la comunidad), ya que no existen plantas de producción de pellet, por lo cual se debe traer desde otras comunas, lo cual encarece el recurso dada la aislación geográfica de Futaleufú. Ahora bien, se podría ver esto como una oportunidad para incentivar la inversión local, pero no vale la pena si se piensa luego cambiar a calefacción eléctrica.
- El uso de pellet no está exento de problemas, ya que el material particulado orgánico emitido presenta una distribución por tamaño donde predominan las partículas ultrafinas, tanto en las partículas primarias como secundarias, lo que conduce a una mayor penetración de las partículas y sus componentes tóxicos en las vías respiratorias.
- Se utiliza biomasa, por lo cual se seguiría talando bosque, lo cual se debe evitar de ser posible.
- Es un recurso más caro que la leña y que la calefacción eléctrica.
- No hay técnicos capacitados en la mantención de equipos a pellet.

Impacto Ambiental: Considerando un factor de emisión de 1,19 g MP/kg pellet, se tiene una emisión de 4,11 toneladas de MP, lo que se significa una reducción de 27,76 toneladas al año respecto al uso de leña.

Impacto Económico: La capacidad calorífica del pellet depende de su origen y de su calidad, pero su valor aproximado es de unos 18,84 MJ/Kg. Considerando la necesidad energética de 79.906 MJ al año, y una eficiencia de 89% para una estufa a pellet, se necesitan 4.765 kg de pellet. El costo del pellet es de \$4090 los 18 kg, de modo que el costo total sería de \$1.082.827.

Impacto Social: Similar al impacto de la calefacción eléctrica, ya que se disminuye de manera considerables la emisión de material particulado y monóxido de carbono, lo cual tiene un efecto directo en la salud de las personas.

Por otra parte, se tiene mayor certeza respecto a la materia prima que se compra, ya que al ser un mercado bien regulado se vende un producto con porcentaje de humedad óptimo.

Costo: El valor de las estufas a pellet está alrededor de \$700.000, lo cual nos da un costo total de \$507.899.000.

6.5 Aislación térmica de techos y muros en viviendas vulnerables

Impacto Económico: Para su cálculo, se consideró el potencial de eficiencia energética térmica. Primero, se toma como referencia una vivienda promedio de 58 m² (se estimó el tamaño promedio de las casas a partir de sus necesidades energéticas, considerando una necesidad de 400 BTU/m²). En el caso de una vivienda con materialidad recuperable, se puede aislar muro o techo, por lo que siguiendo los datos de la tabla 27 hay un potencial de mejora es de 245 kWh/m²*año. Con este potencial, al aislar muros se tiene un beneficio anual de \$275.000, y al aislar el techo es de \$210.000. En el caso de una vivienda vulnerable, se considera que no tiene aislación, por lo que siguiendo la tabla 27 el potencial de mejora es de 516 kWh/m²*año, lo que se traduce en un beneficio de \$440.000 al año.

Costo: Se consideró la aislación con poliuretano expandido de 60 mm, densidad 45 kg/m³, cuyo valor es de 13.637 \$/m², de acuerdo al generador de precios de CYPE Ingenieros. En el caso de aislar muros, se toma una superficie de 76,25 m², lo que da un costo de \$1.040.000. En el caso de aislar el techo, se toma la misma superficie de la casa (58 m²), lo que da un costo es de \$790.000. Si se toma como referencia una vivienda vulnerable, sin aislación, en cuyo caso el consumo energético es de 830 [kWh/m²*año], el costo es de \$4.300.000 para una aislación completa.

6.6 Fomento a la utilización de paneles solares a nivel residencial

Impacto Económico: Para dimensionar el sistema fotovoltaico se utilizó el explorador solar del Ministerio de Energía, y se consideraron sistemas de 1 kW, 2 kW, 2.5 kW y 5 kW. En cada caso se tiene en consideración un consumo eléctrico por hogar igual a 2.352 kWh/año, la tarifa eléctrica actual BT1 de 143,8 \$/kWh, y una valorización de las inyecciones de energía por 75,209 \$/kWh. Se supone que un 70% de la energía producida por los paneles es consumida, y el restante 30% inyectada a la red.

Luego del análisis, se escogió el sistema de 2.5 kW, el cual permite generar 2.393 kWh/año. Debido a que en la comuna son frecuentes los cortes de luz, se incluye una batería para tener energía almacenada en esos casos. Para dimensionar la batería, se tomó en cuenta la generación diaria durante Junio, ya que es el mes con menor generación y la idea es tener energía de reserva en todos los meses del año. Durante un día de Junio se generan 2,17 kWh, por lo que se escogió una batería de 2,4 kWh. No es una gran capacidad, pero alcanza para al menos tener iluminación durante los momentos de corte. En este caso se supone un 20% de inyección al sistema. En la siguiente tabla se muestran datos relevantes del proyecto, y en el gráfico la generación de cada mes del sistema fotovoltaico.

Tabla 60. Datos sistema solar fotovoltaico de 2.5 kW con batería. Fuente: Elaboración propia.

Caso 2,5 kW		
Dato	Valor	Unidad
Porcentaje de energía que se inyecta al sistema	20%	-
Generación sistema 2,5 kW	2.393	kWh/año
Inversión sistema 2,5 kW	3.100.000	CLP
Inversión Batería 2,4 kWh	330.000	CLP
Financiamiento	0%	-
Energía inyectada	479	kWh
Energía consumida	1.914	kWh
Ahorro anual	275.291	CLP
Ingresos anuales	35.909	CLP
Periodo de recuperación del capital	11,02	Años
Factor de planta	10,9%	-

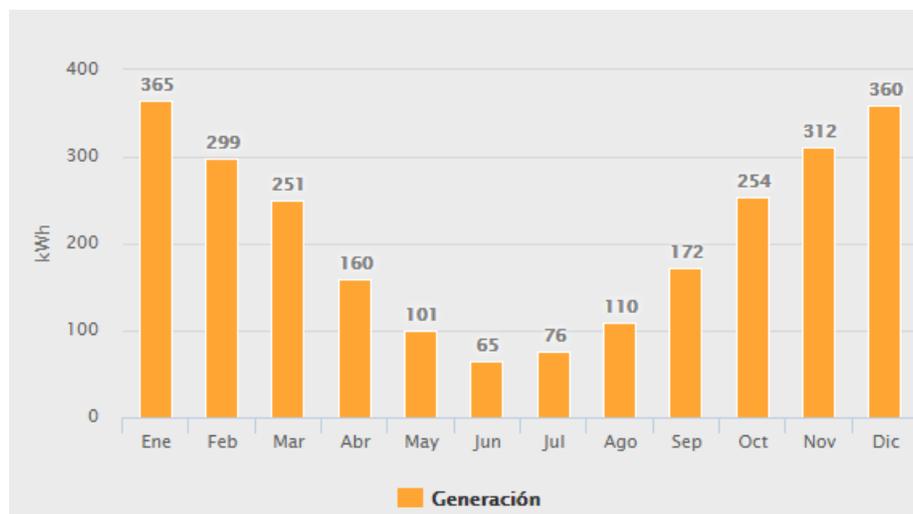


Figura 64. Generación mensual promedio sistema de 2,5 kW. Fuente: Explorador Solar Ministerio de Energía.

6.7 Planta de Generación Eólica “El Límite”

Para dimensionar la turbina eólica, se utilizó el explorador eólico del Ministerio de Energía [18], y se consideraron dos opciones, una turbina Acciona AW 70/1500 Class I de 1.5 MW a una altura de 70 m, y una turbina Vesta V90 de 3 MW a una altura de 100 m. La primera generaría anualmente 4.661.859 kWh/año, con un factor de planta de 35,5%, y la segunda 7.764.852 kWh/año, con un factor de planta de 29,5%. En ambos casos la generación alcanzaría para satisfacer el aumento de la demanda por calefacción eléctrica, igual a 4.443.391 kWh/año. Ahora bien, se consideró la generación de cada mes, ya que es especialmente importante en los meses de invierno cuando se ocupa más calefacción. Por esta razón, se escogió la segunda turbina, ya que se genera una diferencia menor entre el consumo y la generación, y de esta manera no se exige tanta generación a las otras fuentes disponibles.

Tabla 61. Generación mensual turbina eólica. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Potencia (kW)	Generación (kWh)	Horas de uso diarias calefacción	Consumo calefacción (kWh)	Neto
Enero	1219,66	907.427	0	-	907.427
Febrero	849,36	570.770	0	-	570.770
Marzo	516,17	384.030	6	255.067	128.964
Abril	1299,49	935.633	10	411.398	524.235
Mayo	787,17	585.654	14	595.156	-9.502
Junio	1021,78	735.682	16	658.237	77.444
Julio	726,27	540.345	16	680.178	-139.833
Agosto	870,03	647.302	16	680.178	-32.876
Septiembre	617,04	444.269	14	575.957	-131.689
Octubre	705,69	525.033	10	425.111	99.922
Noviembre	793,32	571.190	6	246.839	324.351
Diciembre	1239,89	922.478	0	-	922.478
	887,2	7.769.814		4.528.123	3.241.691

6.8 Generación de electricidad con biogás producido mediante digestión anaerobia de residuos orgánicos municipales

Descripción: Para dimensionar el sistema que se debe instalar para aprovechar el potencial existente, se tomó como referencia la “Guía de planificación para proyectos de biogás en Chile”, Ministerio de Energía, GIZ (2012), a partir de lo cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 62. Estimación energía anual planta de biogás.

Dato	Valor	Unidad
Potencial energético	1032	MWh/año
Potencial energético	2,83	MWh/día
Potencia nominal	117,8	kW
Eficiencia eléctrica	35,3%	-
Potencia eléctrica	41,6	kW
Tecnología disponible	50	kW
Factor de planta	90%	-
Energía anual	327,9	MWh

Impacto económico: Para realizar una evaluación económica se consideraron como costos la inversión, costos fijos y costos variables, mientras que como ingresos se tiene la venta de energía eléctrica al conectarse al sistema como un PMGD. Se tiene un costo por kWh de 29 CLP, y de venta igual a 75 CLP. Para una vida útil de 15 años, se tiene una TIR de 19%, un VAN sobre los \$19.000.000, y un periodo de recuperación del capital de 5 años.