

# Implementación de calefacción sustentable para un mejoramiento en la calidad del aire en la comuna de Valdivia, XIV Región de Chile.

Marcelo Arriagada Saldias<sup>a</sup>, Israel Díaz<sup>a</sup>, Diego<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Instituto de Informática, Universidad Austral de Chile

<sup>b</sup>Affiliation not available

## Abstract

For the south area of Chile, the toughest season of the year is winter. As an inhabitant of this area due to experience and personal understanding, one of the most common problems is the amount of contamination caused by the heating of traditional oxidizing agents mostly produced by residential areas (over 90 % of the total). Traditional heating systems need to generate caloric energy through non-renewable resources like wood as primary fuel. Thinking in the generation of energy for heating, nowadays there are renewable means or technologies that avoid the direct impact to the environment. Although it is easy to think how to produce it we also need to know how to preserve it. One possible option is through thermal improvements to households which optimize the energetic resource as an individual entity. Once this objective is accomplished, a system of centralized energetic distribution that delivers heating to households through a “shared distribution system” is proposed, allowing not only to maintain or settle the necessity, but also to optimize the energetic resource.

## 1. Introducción

En la actualidad, el deterioro y decrecimiento exponencial de los niveles de la calidad del aire en Chile, son una de las problemáticas que mas impactan en la comunidad en general. Pese a los innumerables decretos y recursos para poder cumplir con los estándares dentro de las normas de calidad primaria y secundaria actuales, aún se esta por debajo de dichas metas. Bajo este marco, en el año 2010, el Ministerio del Medio Ambiente, comenzó la elaboración e implementación del Programa Aire Limpio, con el fin de mejorar la calidad del aire en las principales zonas urbanas del país. Una de las regiones centro-sur del país que son fuentes importantísimas de contaminación atmosférica, es la ciudad de Valdivia, un lugar cuya riqueza de flora y fauna, no esta exenta de esta problemática. Durante el año 2014, el Ministerio del Medio Ambiente por la Ley N° 19.300, declara Zona Saturada por Material Particulado Respirable MP10 y MP2,5 a esta comuna. Es así, como se establece un Plan de Descontaminación Atmosférica, cuyos propósitos es, por ejemplo, la reducción del uso de la calefacción a leña y derivados de la leña, en ciertos sectores (polígonos) de la ciudad. Esto se debe a la alta demanda que tienen los hogares con el uso de la madera, debido a las bajas temperaturas; haciendo de esta forma, un uso mas prolongado de las calefacciones. Es en este apartado, donde se desea implementar un nuevo artefacto de calefacción sustentable a través de calefacción distrital, entrelazado a la implementación de alguna energía renovable, para apoyar a dicho sistema de calefacción. Las principales características, son las de no emitir agentes contaminantes a la atmósfera, conllevando así, a una notable mejora de la calidad del aire y de vida en Valdivia.

## 2. Background

### 2.1. Revisión bibliográfica

#### 2.1.1. Material Particulado

La presencia de contaminantes en la atmósfera como material particulado(MP), dióxido de azufre(SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno(NO<sub>2</sub>) y ozono(O<sub>2</sub>); son responsables de un gran impacto a la salud de la población que se encuentran en un rango de edad menor a 8 años y mayores de 65 años, con enfermedades respiratorias y cardiovasculares[1, 2]. Además de este impacto, afecta en la vida silvestre y al material de las propiedades.

El material particulado(MP) es un contaminante atmosférico que corresponde a aquellas partículas líquidas o sólidas que se encuentran en suspensión, siendo posible clasificarlo según su métrica: partículas menores a 10 micrones conocidas como MP10(grueso) y partículas menores a 2,5 micrones, conocidas como MP2,5(fino).

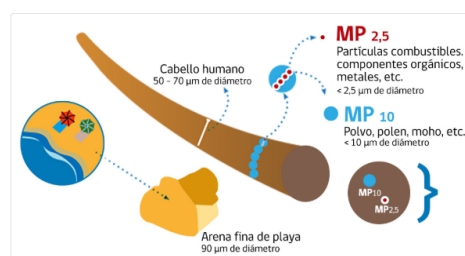


Figura 1: Analogía entre el tamaño de un pelo y de la arena fina de playa con partículas MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>. Fuente: imagen de sitio web airechile.mma.gob.cl/faq

48 La gravedad de la fracción fina  $MP_{2,5}$ , es que penetran en las  
49 vías respiratorias, centrándose en los pulmones y los alvéolos.  
50 Esto hace que aumente el riesgo de mortalidad prematura por  
51 efectos cardiopulmonares, tanto en exposiciones de corto y lar-  
52 go plazo.  
53

54 Referente a la fracción gruesa  $MP_{10}$ , existe una presunta rela-  
55 ción entre la exposición de corto plazo y los efectos respiratori-  
56 os y los efectos respiratorios y cardiovasculares, no hay eviden-  
57 cia suficiente para descartar un efecto de la exposición crónica,  
58 al particulado grueso ni tampoco sugiere su asociación[3].

### 59 2.1.2. Emisiones de contaminantes

60 Las fuentes emisoras de contaminantes, se clasifican, según  
61 sus características en fuentes fijas, móviles y fugitivas.

62 **Las fuentes fijas** abarcan las emisiones generadas por la  
63 quema de combustibles de productos tanto de actividades indus-  
64 triales como residenciales, ya sea para la generación de energía,  
65 calor o vapor y otros procesos industriales. Además se incluyen  
66 las emisiones generadas por la quema de biomasa, asociada a la  
67 calefacción de viviendas.

68 **Las fuentes móviles** involucran a las emisiones de los  
69 gases de escape, desgaste de frenos y neumáticos, de distintos  
70 tipos de transporte.

71 **Las fuentes fugitivas** consisten en emisiones que no son  
72 canalizadas por ductos, chimeneas u otros sistemas hacia el ex-  
73 terior, tales como emisiones provenientes de calles pavimentadas  
74 y sin pavimentar.

### 75 2.2. Casos similares

76 En reiteradas ocasiones, se han estudiado diversos medios  
77 de calefacción alternativos a los derivados fósiles o de la leña,  
78 partiendo por estudios de mejora estudios de uso de energía  
79 geotérmica, calefacción solar, a partir de biomasa, aplicados en  
80 habitaciones, viviendas, sectores, e incluso ciudades.

81 Estudios realizados por la Universidad del Bío-Bío, Chile,  
82 ven el asunto desde el punto arquitectónico, distinguen que las  
83 edificaciones mejor construidas (i.e. utilizando el estándar Pas-  
84 sivhaus), tienen un costo de operación aproximadamente un  
85 80% menor a una vivienda tradicional[4]. La Universidad de  
86 Concepción, en cambio, ha analizado el costo-beneficio de la  
87 calefacción distrital en base a biomasa en la zona central de  
88 Chile[5].

89 La Universidad de Ontario, Canadá, compara el uso de siste-  
90 mas geotermiales, tales como los sistemas de bombas de calor  
91 geotérmico, con sistemas más tradicionales(gas natural, cale-  
92 factores eléctricos, etc.)[6].

93 Cruzando el Atlántico, en Dinamarca se creó la primera  
94 fábrica combinada de poder y calor en 1903, suministrando ca-  
95 lor a un hospital. Después de la crisis de petróleo de 1973, se  
96 disparó el uso urbano de los sistemas de calefacción distrital,

y actualmente se estudia como puede participar en futuros sis-  
temas energéticos renovables[7]. En la actualidad Dinamarca  
es uno de los países mas eficientes energéticamente del mun-  
do [8].

Tomando como ejemplo a Alemania, en Berlín se están cre-  
ando sistemas de calefacción solar urbana[9, 10]; Hamburgo  
usa calefacción distrital, proveyendo el 19% de las viviendas, y  
planean incrementar ese porcentaje para el 2020[11].

China también ha optado por calefacción distrital, represen-  
tando el 70% de la calefacción de edificios urbanos, e indagan  
en nuevos métodos de calefacción[12].

Por otra parte, hay diversos proyectos energéticos en la co-  
muna de Coyhaique, algunos destinados a la calefacción cale-  
facción distrital en el sector residencial[13], y otros enfocados  
en el consumo y generación energética[14, 15], como también  
hay planes para las ciudades de Temuco[16] y Chillán.

## 3. Descripción del problema

### 3.1. Descripción general del problema

La zona centro-sur, en específico, la ciudad de Valdivia, se  
caracteriza por tener un clima del tipo templado lluvioso. La  
temperatura media anual es de 10°C. El periodo cálido es entre  
los meses de diciembre a febrero, con una media de 17°C y  
una máxima de 30°C. Mientras que las temperaturas mínimas  
se observan en el periodo de junio a agosto, encontrándose la  
temperatura mínima en el mes de julio.

Además de las bajas temperaturas, las precipitaciones en Val-  
divia son, en particular, de origen ciclónico o frontal. Éstas pue-  
den tener una duración de varios días, con un aporte de agua  
que puede superar los 100 mm por tormenta.

Es a partir de estos factores, que los niveles de concentración  
promedio diarias del material particulado, se ve incrementado  
entre los meses de abril a septiembre, ocurriendo en esta época,  
los casos en los que se supera el valor establecido por norma  
(20 microgramos por metro cúbico).

Esta relación existente entre las bajas temperaturas promedi-  
os diarias y la concentración de material particulado, se debe  
principalmente al uso de la leña y derivados de la madera, que  
implementan las familias valdivianas para el funcionamiento  
de los calefactores presentes en sus viviendas. Dicha preferen-  
cia se debe por su bajo costo de adquisición con respecto a otros  
sustitutos.

Ante este escenario, es que el Ministerio del Medio Ambiente  
interviene e implementa por Decreto Supremo, el plan de Des-  
contaminación Atmosférica para la comuna de Valdivia[17],  
subdividiendo la comuna en zonas para aplicar el Plan, el cu-  
al consiste en que se habilite el uso de la calefacción a leña  
o derivados de la madera a ciertas zonas, mientras que en la

144 zona restante, no podrán implementar dichos métodos de cale-  
145 facción.

146 Las consecuencias de la implementación de este Plan, es que  
147 aún se concentran altos niveles de contaminación atmosférica  
148 y en cierto sectores de la comunidad local (los sectores se van  
149 intercalando), no pueden utilizar la calefacción tradicional por  
150 un cierto periodo de tiempo, quedando imposibilitados generar  
151 calor en sus hogares.

152 **4. Métodos de estudio del problema**

153 **4.1. Método de análisis y diseño de la solución**

154 Basado en el escenario y propuesta sugerida, la interacción  
155 de los usuarios y entidades que se relacionan con el sistema  
156 propuesto aparecen en la Figura 2, basado en un gráfico de  
157 interés/poder, dando claridad sobre cuales son participaciones  
dentro o fuera del sistema.

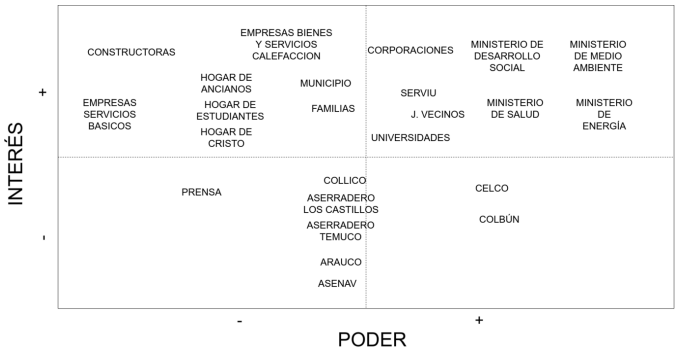


Figura 2: Gráfico de interés v/s poder de usuarios y otros entes relacionados al sistema propuesto

158 Cabe mencionar que hay entes también de tipo contaminan-  
159 tes que también se relacionan con el sistema, pero que no mue-  
160 stran interés como las empresas de generación energética, pero  
161 si algo de poder, ya que éstas mismas generan la dependencia de  
162 su matriz como fuente fundamental energética para el sistema  
163 interconectado local de la Región de los Ríos, junto con otras  
164 más que son industrias de refinación pequeñas locales, donde en  
165 su forma natural no presentarán interés en el uso sustentable de  
166 energía además del poco interés. Al contrario del gráfico, pode-  
167 mos explicar que usuarios que conforman en su mayor parte la  
168 comunidad o en contacto con el problema, junto con los minis-  
169 terios y entes de decisiones políticas locales, poseen gran parte  
170 del interés y poderes del mismo sistema.

172 Para dar peso y relacionar los entes o participantes de este  
173 sistema que interactúan, mediante un gráfico de “Stakeholders  
174 Value Network” (SVN) [Fig. 3] , se podrá ver con más clari-  
175 dad sus relaciones y tipos de interacción, dando conexiones de  
176 varios niveles transitivamente.

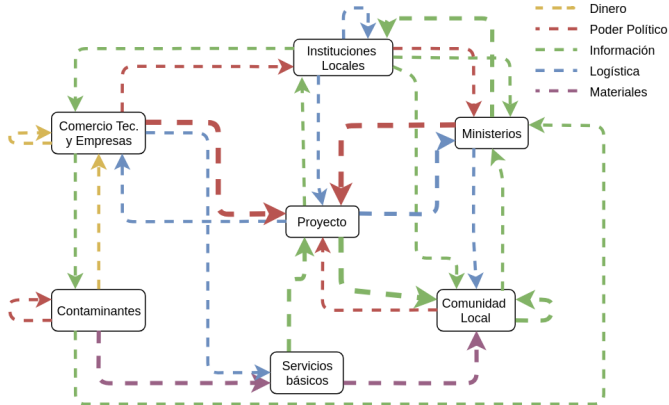


Figura 3: Stakeholders Value Network (SVN), del sistema propuesto

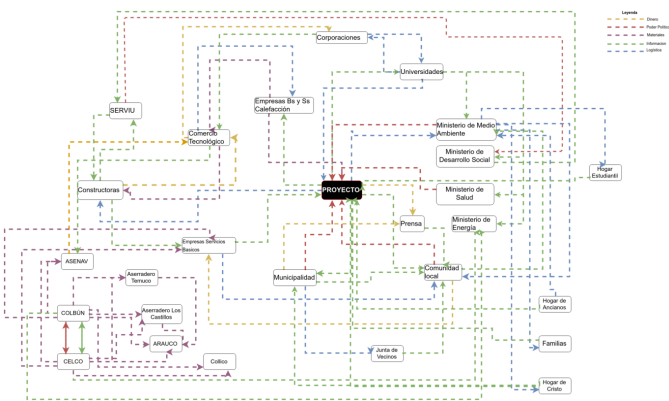


Figura 4: SVN Detallado del sistema propuesto

178 Como se evidencia en la Figura 3, podemos notar las rela-  
179 ciones de tipo “Material” que poseen las empresas productoras  
180 con las matrices energéticas, mientras que los ministerios se lo-  
181 gran relacionar mediante “Información” y en algunos casos ent-  
182rega de apoyo político a otros entes, además de “Logística” que  
183permite el uso de recursos operacionales hacia los otros entes  
184relacionados.

185 Rich Picture:  
186 Para proveer un modelo de nuestro sistema, es que se imple-  
187mentó un rich picture, la cual son expresiones artísticas carica-  
188turizando tanto los stakeholders como las problemáticas tanto  
189presentes como emergentes (Figura 5).

190 Se modela un OPD S0 (Figura 6) y S1 (Figura 7) para poder  
191desentrañar el funcionamiento y las interacciones de los com-  
192ponentes básicos

193 Loops Causal:  
194 Se implementó este diagrama, con la finalidad de entender  
195las relaciones existentes entre los componentes (Figura 8).

196 **4.2. Diseño del sistema propuesto**

197 **■ Fase 1: Acondicionamiento térmico en las viviendas**

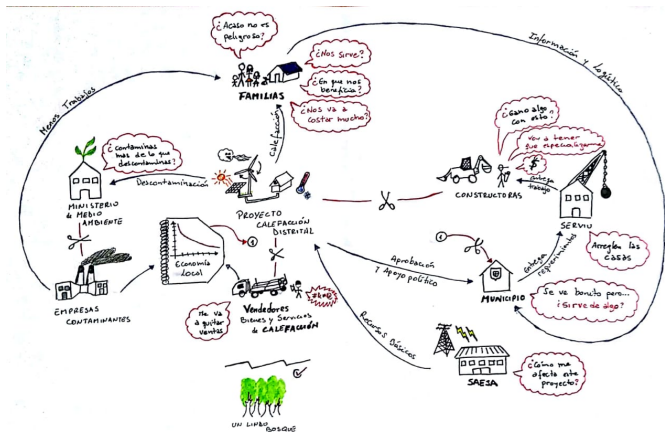


Figura 5: Rich Picture del Sistema propuesto

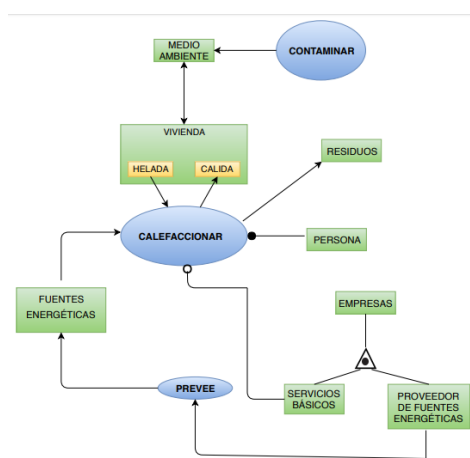


Figura 6: OPD de Sistema (S0)

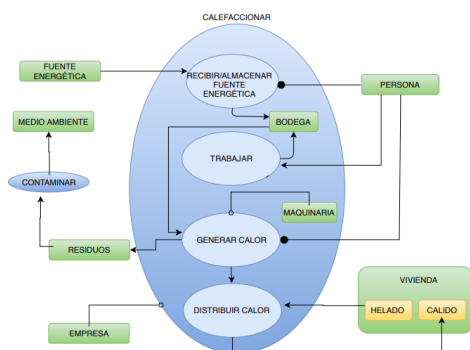


Figura 7: OPD Sistema (S1)

En la actualidad, uno de los grandes problemas que se genera a la hora de construir una vivienda, es la transferencia de energía que existe desde y hacia el medio interior y exterior de ésta. Esto quiere decir, que se genera una pérdida o ganancia de calor al interior del hogar, debido a posibles filtraciones producto de la poca o nula hermeticidad que posee la vi-

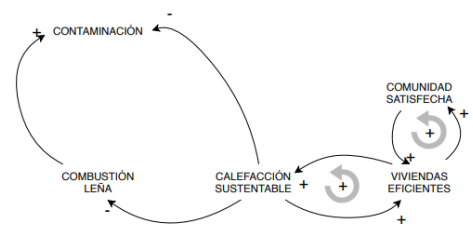


Figura 8: Loops Causal

vienda. Considerando además, el factor climático de cada localidad, es que se genera un aumento del gasto energético para poder equilibrar. Es así como en el ámbito de la construcción, en específico, los materiales de construcción de las viviendas, no pueden quedar indiferente a este fenómeno, por lo cual, se deben considerar la mayor cantidad de medidas para que el sistema sea eficiente.

Consecuente con esta problemática, es que en el año 1994 el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) estableció un Programa de Reglamentación sobre Acondicionamiento Térmico de Viviendas [18]. Este Programa consiste en tres etapas, de las cuales, las dos primeras ya se encuentran en vigencia:

\* 1a Etapa: Aislacion de techumbre

\* 2a Etapa: Aislacion de muros, ventanas y pisos ventilados.

\* 3a Etapa: Certificacion energetica de las edificaciones.

Los principales objetivos que tratan de abordar las dos primeras etapas vigentes, son el de disminuir al maximo el consumo de energia, utilizar y optimizar las ganancias internas y externas. Y, en el caso que se requiera calefaccionar o enfriar un recinto, utilizar sistemas no contaminantes, eficientes y de bajo costo.

## ■ Frase 2: “Proyecto Hogar”

La implementacion de generacion energetica en el hogar, estara basada en como c/u de los hogares puede generar su energia basada en la “calefaccion”, siendo unas de las necesidades basicas del confort y calidad de vida de las personas en un lugar habitable, por lo que es esencial el como generar, almacenar y mantener dicha energia dentro de los espacios.

## ■ Requerimientos:

Para la implementacion se necesitara tener como requisito la certificacion de aislamiento termico de la vivienda (link

postulacion a mejoramiento termico MINVU), que nos permita mantener la calefaccion producida.

Para lograr este objetivo, sera necesario el cumplimiento de requisitos fundamentales, y estudios que den como sustento no solo la idea base, tambien posibles estudios futuros del mejoramiento de este sistema:

1. Para la produccion la fuente energetica, se contara con un modelo generacion basico "TermoSolar" que permita tener una temperatura base para el equilibrio termico de la vivienda, indicando que esta ser opcional en su adquisicion, dando a entender que mercado tecnologico ya nos permite este tipo implementos calefaccion [19], [20], [21] . Para ello posteriormente sera necesaria su almacenamiento para su distribucion.
2. Mediante la produccion de energia, sera necesaria su almacenamiento, la cual sera definido dependiendo del medio o tecnologia usada para el proposito, para ello un termo o baterias (en caso de conservar algun sistema auxiliar electrico) que concentren la energia acumulada que en caso del uso de baterias, usarlas para electrificar el termo, y esta (a traves del termo) pueda ser distribuida por una red de tuberias por conveccion termica, la cual puede ser por agua o aire, dependiendo de la tecnologia usada en la generacion de energia, segun las normativas y leyes vigentes para el uso y almacenamiento sistemas hidraulicos [22] [23] .
3. La energia almacenada (a traves de un termo) sera distribuida a traves de una red de tuberias (ya sea por agua o por aire) por *conveccion*, donde existan puntos especificos y estrategicos a calefaccionar dentro del hogar. Indicando todos sus detalles tecnicos para su instalacion que esto requiere en aspectos ingenieriles, tanto para distribucion hidraulicas como en los sistemas de aislacion en su distribucion, segun las normativas chilenas de generacion y distribucion de sistemas hidraulicos [24].
4. El Acoplamiento de tecnologias productoras, en su generacion permite como elemento basico la calefaccion. Ya visto sus distintos usos, un sistema de generacion energetica sustentable [25], estos mismos dependiendo de las necesidades segun sector geografico de la vivienda, se podra optar por componentes que permitan ser acoplados, permitiendo el uso de algunos servicios basicos adicionales, como la electricidad ademas de la calefaccion y en otros aspectos mas importantes como el agua.

### ■ Fase 3: "Red Distrital"

Uno de los principios generales al momento de la produccion energetica, es su proceso de distribucion, donde labores ingenieriles abordan sistemas de redes complejas, que permiten la conectividad, como medio principal de transporte independiente de lo generado. Por lo mismo, se estableceran algunos requisitos para la implementacion de una red de distribucion energetica a nivel de "distrito". Con el objetivo de lograr un sistema de calefaccion distribuido, con la finalidad de que la calefaccion incorpore el concepto de "compartir" recursos con el domicilio colindante para su conservacion entre el inicio-destino, donde su implementacion de la red hacia el domicilio, sera opcional.

1. Sera necesario en primera instancia, haber cumplido con la FASE 1 del proceso de mejoramiento termico de la vivienda, para optimizar el recurso de energia a producir y distribuir, permitiendo hasta un 58% de la eficiencia energetica por hogar[26].
2. Para la implementacion de un sistema de distribucion distrital, es tener un estudio base de la demanda energetica para la distribucion por domicilio, por lo que basado en los datos obtenidos se estimaria una demanda de 80 [kWh/m2(ano)] aproximadamente por hogar. [? ]
3. Modelo de produccion energetica sustentable para la demanda solicitada para la red distrital, dando a entender que esta puede reducir, si se cumple con que cada vivienda cuente con la implementacion de la FASE 2.
4. Modelo de organizacion para la red de distribucion domiciliaria, como bosquejo de la idea a implementar.
5. Un modelo de operacion del sistema distrital, entregando control del sistema de calefaccion y gestion de recursos en estados de su baja demanda dependiendo de la irregularidad climatica de la zona basado en proyecciones.
6. Se necesitara contar con servicios de manutencion para solventar posibles fallas y/o mejoras en su estructura tecnologica tanto del diseno distributivo como del productivo.

Para efectos del sistema distrital, cabe mencionar que existen modelos de sistemas de calefaccion distribuido, ademas si sistemas ya implementados mencionados en 2.2, sobre los estudios y casos similares en otras partes del mundo.

### ■ Fase 4: "Cambio de Conciencia"

Con la implementacion de las fases anteriores, se plantea la posibilidad de generar un cambio de conciencia en el publico, mediante la exposicion de nuevas formas de obtencion de energia, promoviendo de esta forma el uso de Energias Renovables No Convencionales (ERNC), tales como:

- Energia Solar (a traves de paneles fotovoltaicos y/o paneles solares termicos)
- Energia Termica (a traves de bombas de calor o bombas geotermicas)
- Energia Eolica
- Energia hidraulica
- Energia por biomasa
- Energia mareomotriz
- entre otros.

A partir de las necesidades de cada vivienda, se puede escalar y/o complementar el sistema de calefaccion distrital con alguna de las ERNC antes mencionadas.

Teniendo en cuenta que la implementacion en el hogar es el proceso base para la puesta en marcha del sistema de calefaccion sustentable eficiente, es necesario tener en cuenta que existen normativas vigentes

El sistema propuesto que da solucion alternativa al problema, es el uso de hogares sustentables, vale decir que estos mismos sean certificados con normas de uso eficiente en calefaccion [27], ya que se necesita una vivienda con aislacion termica eficiente para el cumplimiento del objetivo. Debemos mencionar ademas que no solo en terminos de calefaccion para la aislacion hay que enfocarse tambien en su produccion de energia para el mismo proposito por medios sustentables o mejor dicho como energias limpias/renovables [28], dando enfasis a traves de un medio o requisito para un plan individual, y esta pueda obtenerse a nivel distrital, para ello nos basamos en un estudio realizado por el mismo gobierno de chile [29], y referencias de experiencias en el extranjero sobre estas practicas, y llevarlas a cabo y mencionadas en el apartado 2.2.

## 5. Discusion

Uno de los puntos interesante de abarcar el tema de la contaminacion atmosferica en Valdivia, es que para combatir dicha problematica, se han implementados distintos planes que de una u otra forma, no atacan el problema sustancial a lo que respecta a la calefaccion de las viviendas, cuyas fuentes de emisiones, causan la contaminacion. Esto se debe a que el principal contaminante que muestran los resultados, es la calefaccion a lena o derivados producto del material particulado existente en el aire. Es asi como dichos planes, se ven vinculados a condicionantes que no restringen del todo el uso de este tipo de calefaccion en ciertas zonas y en ciertos dias. Hasta el momento, los indices de contaminantes siguen por sobre las normas establecidas, por lo que la implementacion de dicho plan, no esta funcionando de forma efectiva. Ademas de eso, la precariedad de la poblacion ejecuta las restricciones de sus poligonos con el no uso de la calefaccion durante los dias de baja temperatura y dias lluviosos que se repiten durante gran parte del ano, hacen buscar de forma inmediata, una solucion alternativa de calefaccion que repercute en uno o mas medios energeticos no renovables para el consumo de los hogares, siendo imposible el sustento en su implementacion a corto plazo y costoso largo plazo.

Siendo los sistemas de calefaccion sustentable que atacan uno de los principales problemas, se puede obtener como resultado, un posible mejoramiento de la calidad del aire, una mejor interaccion con el medio ambiente, un aprovechamiento de recursos para la generacion de energia y su conservacion, una estandarizacion en los sistemas de edificacion climatizados, centralizacion y distribucion de los recursos energeticos para la calefaccion, permitiendo no solo la autonomia en los medios de calefaccion a nivel individual, si no que con planes distribuidos se logra "compartir" el recurso energetico.

## 6. Conclusion

La importancia de este sistema propuesto, es el problema que abarca como medio sustentable, debido a que se enmarca en el uso de la certificacion de medios energeticos que ya se encuentra tanto en estudios e implementacion dentro del pais como en el extranjero. Podemos ver tambien, que basandonos en los analisis, tenemos mucho que tomar en consideracion, debido a que el universo de usuarios quienes interactuan en este sistema, puede ser mayor por su connotacion de tipo ecologico, que actualmente esta en discusion a nivel mundial por problemas del cambio climatico, y no somos ajenos a lo que ocurra a nivel global. Debemos acotar tambien, que bajo estos mismos principios, nos hemos enfocado en un entorno cerrado de usuarios y entes, para tener un alcance de quienes y donde puede abordar este sistema, siendo a los usuarios como principal objetivo piloto, tanto para el estudio y desarrollo en un futuro proximo.

Hemos podido dar constancia, de que nuestro pais de a poco ya se encuentra en condiciones para este tipo de tecnologias, que permitan no solo un desarrollo en los sistema de vivienda, si no que tambien la existencia de matrices de produccion energeticas renovables, que dan cuenta de que estos proyectos son factibles. Bajo este recurso, seria bueno abrir la discusion, de los medios de generacion energeticos distribuidos para solventar ademas los servicios basicos, logrando cambiar el curso y optimizacion del consumo de los mismos servicios.

- 421] Efectos de la fracción gruesa (PM10-2.5) del material par-476  
422 tulado sobre la salud humana. Revisión Bibliográfica,477  
423 [http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2016/proyectos/Efectos\\_s\\_a\\_l\\_u\\_d\\_p\\_a\\_r\\_t\\_i\\_c\\_u\\_l\\_a\\_d\\_o\\_sobre\\_la\\_salud\\_humana.pdf](http://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2016/proyectos/Efectos_s_a_l_u_d_p_a_r_t_i_c_u_l_a_d_o_sobre_la_salud_humana.pdf),  
424 accessed on Thu, August 02, 2018, ????
- 426 Contaminación aérea y sus efectos en la salud,480  
427 <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v26n1/art04.pdf>, <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v26n1/art04.pdf>,  
428 accessed on Thu, August 02, 2018, ????
- 430 D. C. V. R, Efectos de la fracción gruesa (PM10-2.5) del mate-484  
431 rial particulado sobre la salud humana., Revisión Bibliográfica,485  
432 MINSAL .
- 433 T. Hatt, G. Saelzer, R. Hempel, A. Gerber, Alto confort interior487  
434 con mínimo consumo energético a partir de la implementación488  
435 del estándar Passivhaus en Chile, Revista de la Construcción489  
436 11 (2) (2012) 123–134.
- 437 R. Carrasco Vidal, J. Jiménez del Río, C. Mardones Poblete,491  
438 Análisis costo-beneficio de la calefacción distrital en la zona492  
439 central de Chile, Revista internacional de contaminación am-493  
440 biental 32 (1) (2016) 35–45.
- 441 S. J. Self, B. V. Reddy, M. A. Rosen, Geothermal heat pump495  
442 systems: Status review and comparison with other heating op-496  
443 tions, Applied Energy 101 (2013) 341–348.
- 444 H. Lund, B. Möller, B. Mathiesen, A. Dyrelund, The498  
445 role of district heating in future renewable energy sys-499  
446 tems, Energy 35 (3) (2010) 1381 – 1390, ISSN 0360-500  
447 5442, doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.11.023>,  
448 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054420900512X>.
- 449 Danish Experiences on District Heating, <https://ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation/experiences-district-heating>,  
450 <https://ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation/experiences-district-heating>,  
451 accessed on Thu, July 26, 2018, ????
- 452 T. Schmidt, D. Mangold, H. Müller-Steinhagen, Central506  
453 solar heating plants with seasonal storage in Germany,507  
454 Solar Energy 76 (1) (2004) 165 – 174, ISSN 0038-511  
455 092X, doi:<https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.07.025>,  
456 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X03002937>, solar World Congress 2001.
- 457 Urban solar heating system in Berlin — Euro-514  
458 heat & Power, <https://www.euroheat.org/knowledge-centre/urban-solar-heating-system-berlin/>,  
459 <https://www.euroheat.org/knowledge-centre/urban-solar-heating-system-berlin/>, accessed on  
460 Thu, July 26, 2018, ????
- 461 Hamburg is the District Heating Capital of Germany,519  
462 [http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VZKQO102\\_HafenCityHamburg.pdf](http://heating.danfoss.com/PCMPDF/VZKQO102_HafenCityHamburg.pdf),  
463 accessed on Thu, July 26, 2018, ????
- 464 Y. Li, L. Fu, S. Zhang, X. Zhao, A new type of dis-521  
465 trict heating system based on distributed absorption heat522  
466 pumps, Energy 36 (7) (2011) 4570 – 4576, ISSN 0360-  
467 5442, doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.019>,  
468 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544211001757>.
- PROYECTO PILOTO DE CALEFAC-  
CION DISTITAL EN COYHAIQUE,  
<http://sig.gorecayen.cl/pedz/1616/calefaccioondistritalcoyhaique.pdf>,  
accessed on Fri, July 27, 2018, ????
- COYHAIQUE - Comuna Energética,  
<http://www.minenergia.cl/comunaenergetica/?p=728>, <http://www.minenergia.cl/comunaenergetica/?p=728>,  
accessed on Fri, July 27, 2018, ????
- Estudio de Prefactibilidad de un Sistema de Calefacción Dis-  
trital y Agua Caliente Sanitaria en base a ERNC en Coyhaique,  
<http://airecoyhaique.cl/wp-content/uploads/2017/docs/Estudio-prefactibilidad-Calefaccion-distrital-Coyhaique.pdf>, <http://airecoyhaique.cl/wp-content/uploads/2017/docs/Estudio-prefactibilidad-Calefaccion-distrital-Coyhaique.pdf>,  
accessed on Thu, August 02, 2018, ????
- Temuco será pionera en incorporar tecnologías  
no contaminantes como la calefacción distrital –  
MMA, <http://portal.mma.gob.cl/temuco-sera-pionera-en-incorporar-tecnologias-no-contaminantes-como-la-calefaccion-distrital/>,  
<http://portal.mma.gob.cl/temuco-sera-pionera-en-incorporar-tecnologias-no-contaminantes-como-la-calefaccion-distrital/>,  
accessed on Fri, July 27, 2018, ????
- PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRI-  
CA PARA LA COMUNA DE VALDIVIA,  
<http://portal.mma.gob.cl/transparencia/mma/doc/Of-Ord-No162962-remite-proyecto-definitivo-plan-Valdivia-consejo-ministros.pdf>,  
<http://portal.mma.gob.cl/transparencia/mma/doc/Of-Ord-No162962-remite-proyecto-definitivo-plan-Valdivia-consejo-ministros.pdf>,  
accessed on Thu, August 02, 2018, ????
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Gobierno de Chi-  
le - (Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica), <http://www.minvu.cl/opensite20070417155724.aspx>,  
accessed on Fri, August 10, 2018, ????
- saier, TermoTanques, Tech. Rep., ????
- SolEnergy, Energías Renovables, Tech. Rep., ????
- Junkers, Productos de Energía Renovable, Tech. Rep., ????
- D. O. Chileno, Reglamentación para uso de calderas .
- Junkers, Apoyo Solar, Tech. Rep., ????
- Instalaciones Termicas, ????
- NewSoliClima, Produccion Energía Renovables, Tech. Rep.,  
???
- GobChile, DDA Energética, Tech. Rep., ????
- G. de Chile, Precalificación y una Calificación Energética,  
Tech. Rep., ????
- Matrices Energéticas Renovables en Chile, ????
- G. de Chile, Energía Distrital en Chile, Tech. Rep., 2017.