

# Manual de Desarrollo de proyectos **Energía Distrital**

Apoyado por



**Gobierno  
de Chile**

[gob.cl](http://gob.cl)

Ministerio de  
Energía

Gobierno de Chile

Ministerio del  
Medio  
Ambiente

Gobierno de Chile

Ministerio de  
Vivienda y  
Urbanismo

Gobierno de Chile

**CORFO** 



Agencia de  
Sostenibilidad  
Energética

**giz**

Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



**Diciembre de 2018**



### **Equipo del proyecto**

**Franco Morales**  
**Cristián De la Cerda**  
**Roger Walther**  
**Bernhard Eggen**  
**Marco Henríquez**

### **Contraparte técnica del proyecto**

**Felipe Mellado**, Ministerio de Energía.  
**Alejandro Silva**, Ministerio de Energía.  
**Rodrigo Dittborn**, Ministerio del Medio Ambiente  
**Angel Navarrete**, Ministerio de Vivienda y Urbanismo  
**Rodrigo Retamal**, Ministerio de Vivienda y Urbanismo  
**Cecilia Figueroa**, Cooperación alemana GIZ  
**Juan Pablo Payero**, Agencia de Sostenibilidad Energética  
**Felipe Lagos**, Agencia de Sostenibilidad Energética

### **EBP Chile SpA AG**

La Concepción 191  
Piso 12, Of. 1201  
Comuna Providencia  
Santiago de Chile  
Chile

Teléfono: +56 2 2573 8505  
[info.chile@ebp.ch](mailto:info.chile@ebp.ch)  
[www.ebpchile.cl](http://www.ebpchile.cl)

# Índice

Índice	02
Glosario	04
<b>1. Introducción</b>	<b>07</b>
1.1. ¿Qué es la Energía Distrital?	07
1.1.1. Calefacción Distrital	09
1.1.2. Enfriamiento Distrital	11
1.2. Sobre el manual	11
1.3. Objetivos del manual	12
1.4. Cómo usar el manual	12
<b>2. ¿Por qué Energía Distrital?</b>	<b>14</b>
2.1. Beneficios de la Energía Distrital	14
2.2. Drivers o catalizadores	16
2.3. Derribando mitos	18
<b>3. Factores para el éxito y condiciones deseables</b>	<b>22</b>
3.1. Aspectos técnicos	23
3.2. Aspectos económicos	24
3.3. Otros aspectos	25
3.4. Evaluación de condiciones y factores para el éxito	26
<b>4. Desarrollo de un proyecto de Calefacción Distrital</b>	<b>27</b>
4.1. Actividades y resultados esperados para cada fase	27
4.2. Perfil y estudio de factibilidad	28
4.3. Concepto e Ingeniería Básica	38
4.4. Planificación, Ingeniería de detalle y contratación	42
4.5. Construcción	44
4.6. Puesta en marcha	44
4.6.1. Optimización de la operación	45
4.7. Operación	45
4.7.1. Mantenimiento, control y garantías	46
4.8. Diagrama de flujo de actividades y responsabilidades	47
4.9. Riesgos del proyecto	48
<b>5. Marco legal y rol del sector público</b>	<b>51</b>
5.1. Contexto general	51
5.2. Marco legal existente	51
5.2.1. Políticas asociadas (no vinculantes)	52
5.2.2. Normativa a cumplir	52
5.2.3. Instrumentos normativos para la ejecución de proyectos	54
5.3. Explotación de bienes públicos de uso nacional	56







Público

Inversionistas

Desarrolladores

## 6. Modelos de negocio 60

- 6.1. Modelo 100% público 61
- 6.2. Modelo propietario 62
- 6.3. Modelo Joint Venture público – privado 63
- 6.4. Modelo cooperativa 64
- 6.5. Modelo concesión 65
- 6.6. Modelo contratación – 100% privado 66
- 6.7. Contratos de suministro de energía 67

## 7. Parámetros económicos y financieros 68

- 7.1. Rentabilidad 68
- 7.2. Parámetros principales 70
  - 7.2.1. Densidad de demanda de energía 70
  - 7.2.2. Tipo de planta 70
  - 7.2.3. Costos de capital 70
  - 7.2.4. Combustible 71
- 7.3. Financiamiento 72

## 8. Casos de éxito 74

- 8.1. Internacional 74
  - 8.1.1. Calor residual de un laboratorio para una escuela 74
  - 8.1.2. Bomba de calor geotérmica con aguas subterráneas 74
  - 8.1.3. Calefacción residencial comunitaria a través de cogeneración 75
  - 8.1.4. Reducción de la contaminación mediante cogeneración 76
  - 8.1.5. Cogeneración a biomasa y biogás 76
  - 8.1.6. Calefacción Distrital a biomasa para 800 hogares 77
- 8.2. Nacional 78
  - 8.2.1. Primera iniciativa nacional: Remodelación San Borja 78
  - 8.2.2. Primer proyecto geotérmico distrital en Chile 79
- 8.3. Lecciones aprendidas caso nacional 80
  - 8.3.1. Sistemas de control individual de temperatura 80
  - 8.3.2. Sistemas de cobro individualizado 80
  - 8.3.3. Considerar la extensión de los sistemas en las etapas iniciales del proyecto 80
  - 8.3.4. Energía Distrital en condominios de vivienda 80
  - 8.3.5. Uso de Bienes Públicos de uso nacional 80
  - 8.3.6. Cambio combustible 80
  - 8.3.7. Costos competitivos 80

# Glosario

## Bienes Nacionales de Uso Público

Corresponden a todas las tierras situadas dentro de los límites territoriales y que pertenecen a toda la nación y que carecen de otros dueños, garantizando el acceso público a este tipo de inmuebles.

## Calefacción Distrital

Sistema de generación y distribución centralizada de calor, mediante el cual se proporciona un servicio de calefacción y agua caliente sanitaria a un conjunto de edificaciones conectadas en red.

## Máquina frigorífica, enfriador o chiller

Unidad enfriadora de aire o agua capaz de refrigerar ambientes. Son utilizadas frecuentemente para aplicaciones de aire acondicionado. En ciertos casos, pueden ser utilizados para suplir requerimientos de calefacción.

## Combined Heat and Power - CHP / Ver “Cogeneración”

## Cogeneración

También conocida por como Combined Heat and Power – CHP, corresponde a la generación simultánea de energía eléctrica y calor útil a partir de un único proceso de consumo de energético primario. Esta tecnología engloba todos los conceptos y tecnologías en las cuales el calor y la potencia eléctrica son conjuntamente generadas por una sola unidad y utilizadas por uno o varios consumidores.

## Concesión municipal

Contrato por el cual un municipio otorga autorización a un tercero para que realice la prestación de un determinado servicio a su nombre con el fin de atender las necesidades de la comunidad local y/o para la administración de establecimientos o bienes específicos, tales como Bienes Nacionales de Uso Público o bienes municipales.

## Copropiedad

Corresponde a cuando una cosa o derecho patrimonial que pertenecen a dos o más personas en cierta proporción. Para los efectos de este manual, corresponde a inmuebles o edificios construidos en sitios de dominio de cada propietario, pero que cuentan con espacios comunes..

## Costos nivelados de la energía (LCOE)

Corresponde al cociente entre el valor presente de todos los costos del proyecto durante la vida útil y el total de la energía generada. Generalmente este valor se entrega en unidades de USD/kWh, lo que permite comparar así distintas tecnologías, que utilizan distintos combustibles, tienen distintas vidas útiles y tienen distintos costos de mantención.

Los costos que se incluyen en el cálculo del LCOE incluyen todas las inversiones, los costos financieros, los costos de mantención y de operación.

## District Cooling / Ver “Enfriamiento Distrital”

## Economía verde

De acuerdo al ICC Green Economy Task Force, la economía verde es una economía en la cual el crecimiento económico y la responsabilidad ambiental trabajan en conjunto, potenciándose, a la vez que apoyan el progreso en el desarrollo social. Los negocios y la industria tienen un rol crucial en la oferta de productos, procesos, servicios y soluciones económicamente viables que se requieren para la transición a una economía verde.

## Energía Distrital

Corresponde a un sistema de generación y distribución de energía térmica que abastece a múltiples clientes en una determinada área, región o distrito. La distribución es realizada mediante una red de tuberías altamente aisladas que transportan un líquido portador de energía térmica. La fuente de generación puede ser una o más centrales térmicas, de igual o distintas tecnologías, conectadas a una misma red de distribución.

Como tipos de Energía Distrital, se puede encontrar la “calefacción distrital” o de “enfriamiento distrital.”

## Energía térmica

Corresponde a la fracción de energía que es transferida en forma de calor. En el caso particular de la Energía Distrital, corresponde a la energía contenida y transportada en el agua o líquido conducido en las tuberías preaisladas, el cual es posteriormente utilizado en los sistemas de calefacción, agua caliente y climatización.

## Enfriamiento distrital

Sistema de generación y distribución centralizada de frío, mediante el cual se proporciona un servicio de refrigeración y/o climatización a un conjunto de edificaciones conectadas en red.

## ESCOs

Las Compañías de Servicios Energéticos (ESE o ESCOs por sus siglas en inglés Energy Services Companies), son aquellas orientadas a mejorar la utilización de la energía y/o eficiencia energética, integrando las capacidades técnicas y el financiamiento para la ejecución de proyectos.

## Estación de transferencia

Corresponden a la interfaz de transferencia de energía térmica entre la red de distribución del sistema distrital y el sistema de distribución al interior de la edificación. Estas estaciones de transferencia se ubican en la propiedad del usuario final y cuentan con sistemas de intercambiadores de calor que permite obtener calor útil para una o más aplicaciones de una misma estación de transferencia, como por ejemplo: calefacción y agua caliente sanitaria.

## Excedentes de calor o residuos de calor

Corresponde a la energía que es recuperada de algún proceso productivo, y que puede ser utilizada para otros fines. Se pueden obtener excedentes de calor desde diversas fuentes, como procesos de refrigeración, procesos de incineración o quema, procesos de secado o de plantas de tratamiento de agua.

## Gases de efecto invernadero - GEI

Corresponden a aquellos gases que absorben y emiten radiación dentro del rango infrarrojo, siendo los principales causantes del efecto invernadero. Entre estos se encuentran el vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono troposférico, clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos e hidrofluorocarbonos.

## Generación distribuida

La Generación Distribuida (GD) es la producción de energía eléctrica mediante medianas y pequeñas generadoras localizadas en o cerca de los centros de consumo, que se conectan a las redes de distribución o directamente a la demanda.

## Hidroclorofluorocarbono - HCFC

Sustancias agotadoras de la capa de ozono y consideradas GEI, utilizadas principalmente en equipos de refrigeración y aire acondicionado, así como en la producción de espumas de poliuretano. Poseen otras aplicaciones menos relevantes tales como la producción de espumas de poliuretano, solventes y extintores de fuego.

## Heat map o mapas de calor

Representación gráfica mediante colores de los puntos de oferta y demanda de calor en un área con el fin de detectar oportunidades para la implementación de proyectos de energía.

## Material particulado - MP, MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub>

Corresponden a una mezcla de compuestos microscópicos en forma de líquidos y sólidos suspendidos en el aire. Entre estos se incluyen el polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen.

El MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub>, son tipos de material particulado, cuya diferencia radica en su granulometría, siendo la primera las partículas con un diámetro inferior o igual a 2,5 micrómetros, mientras que la segunda inferior a 10 micrómetros. Ambas generan efectos en la salud humana, especialmente en las vías respiratorias.

## Net Billing

Referido a la Ley 20.571 o de Generación Distribuida, corresponde a la normativa que permite la autogeneración e inyección y pago de excedentes de pequeños generadores (<300 [kW]) en base a Energías Renovables No Convencionales (ERN) y Cogeneración Eficiente a precio regulado.

## Pequeños Medios de Generación Distribuida - PMGD

Para el contexto chileno, corresponden a aquellos generadores que poseen excedentes de potencia suministrables al sistema igual o menores a 9.000 [kW], cuya conexión se realiza directamente o por líneas adicionales a sistemas de distribución acogidos bajo el DS 244/2005.

## Permiso municipal

Autorizaciones en las cuales, mediante una resolución, la autoridad municipal faculta a una determinada persona natural o jurídica a utilizar o explotar comercialmente un determinado bien municipal o nacional de uso público.

## Planes de Descontaminación Atmosférica - PDA

Son instrumentos de gestión ambiental que tienen por finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada por uno o más contaminantes.

## Sustancias Agotadoras de Ozono - SAO

Son sustancias químicas que tienen el potencial de reaccionar químicamente con el ozono estratosférico, debilitando la capa que conforma. Se utilizan principalmente en equipos de aire acondicionado y refrigeración, y en la formación de espumas aislantes de poliuretano. Adicionalmente, algunas de estas sustancias actúan también como gases de efecto invernadero.

La duración de la vida destructiva de una SAO puede extenderse entre los 100 y 400 años. Algunas SAO identificadas de uso común son los clorofluorocarbonos (CFC), Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los halones.

## Trigeneración

Procedimiento similar al de la cogeneración, pero que agrega un sistema de absorción o adsorción, que tienen la capacidad de producir frío a partir del calor generado durante la producción de energía eléctrica.

## Tuberías pre-aisladas

Son las tuberías de conducción de las redes de Energía Distrital, generalmente de acero al carbono, inoxidable o cobre que cuentan con un aislante térmico incorporado desde fábrica, asegurando así la continuidad de la aislación térmica y evitando otras complejidades del ensamble en el sitio.







# Introducción

## 1.1 ¿Qué es la Energía Distrital?

En términos simples, la Energía Distrital es un sistema que permite abastecer simultáneamente a distintas edificaciones con energía térmica para sus necesidades de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria u otros procesos. De acuerdo a la Iniciativa District Energy in Cities del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la definición es la siguiente:

“Los sistemas de Energía Distrital consisten en una red de tuberías subterráneas aisladas, que conducen agua fría o caliente para abastecer a múltiples edificaciones en un distrito, un vecindario o una ciudad. Algunos sistemas conectan pocos edificios, mientras que otros conectan a miles de edificios y viviendas a lo largo de una ciudad.”

La Energía Distrital presenta una gran flexibilidad en su diseño, permitiendo incorporar, por ejemplo, tecnologías de cogeneración o trigeneración para la generación simultánea de energía eléctrica térmica y eléctrica; el uso de almacenamiento térmico para mejorar la operación de los sistemas; o la utilización de más de un combustible en la central térmica para hacer frente a las horas punta.

### ENERGÍA DISTRITAL

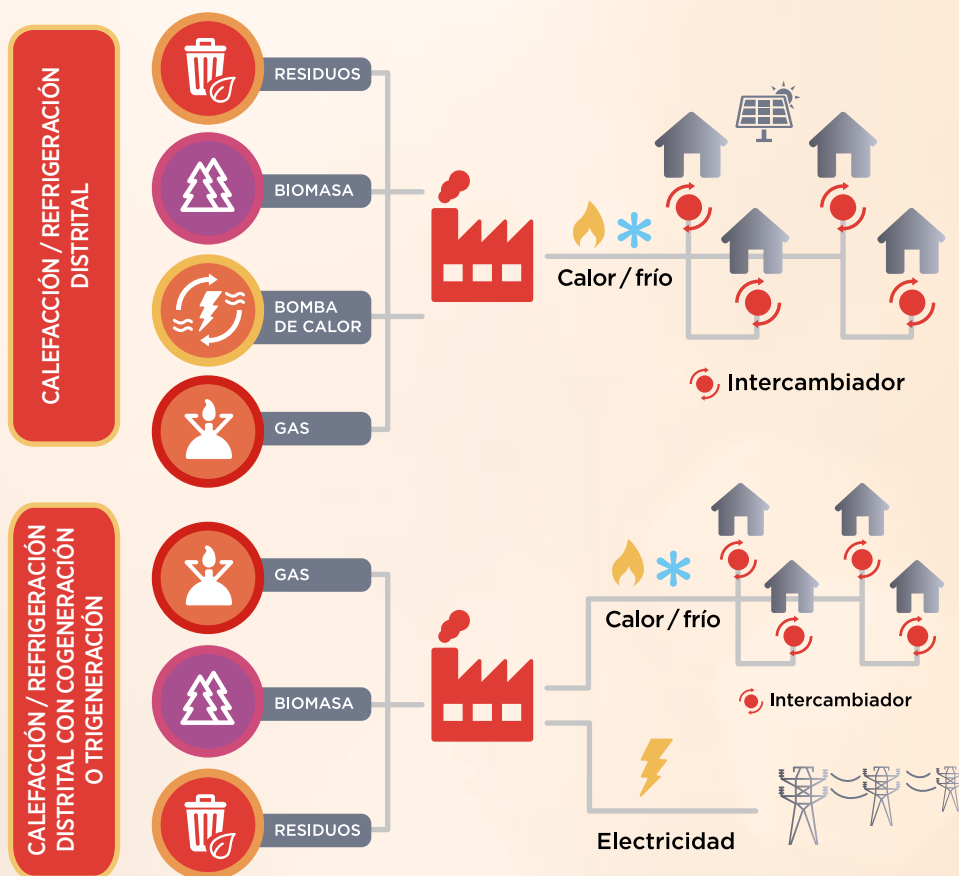


Figura 1-1: Esquema General Energía Distrital



A diferencia de los sistemas convencionales, en donde cada edificación cuenta con un sistema propio para generar agua caliente o climatizar, en un sistema de Energía Distrital la generación de energía se realiza de manera centralizada, y luego es repartida a través de un sistema de cañerías subterráneas. Esta centralización de la generación de energía permite el uso eficiente de energías renovables, un control más estricto sobre las emisiones y la optimización de la operación de acuerdo a las características de los usuarios.



Figura 1-2 Vista de las tuberías que componen el sistema de distribución para una red de Energía Distrital. Autor: Dependability, bajo licencia CC BY-SA4.0



Figura 1-3  
Subestación de transferencia de calor para calefacción y agua caliente.  
Fuente: Cortesía de Danfoss

Desde el punto de vista del usuario final, el conectarse a una red de Energía Distrital significa contar con único proveedor y servicio, evitando, por ejemplo, el uso de un calefón y un calefactor por separado, o la compra de leña y gas por separado para calefacción y agua caliente. La entrega de energía térmica para el usuario final se realiza a través de una **subestación de transferencia**, que incluye todos los elementos necesarios para realizar y contabilizar la transferencia de energía térmica desde la red de distribución, tanto para calefacción como para la generación de agua caliente sanitaria (ACS).

Un sistema de Energía Distrital bien diseñado puede lograr mejores precios que los energéticos tradicionales, generar ahorros asociados a la mantención de los equipos y recuperar el espacio que antes era utilizado para los equipos de generación y el almacenamiento de combustible.

Las dos principales tipologías de Energía Distrital corresponden a los sistemas de calefacción distrital y de enfriamiento distrital, los cuales se describen a continuación:

**Los sistemas de calefacción distrital**

**Los sistemas de enfriamiento distrital**

## 1.1.1 Calefacción Distrital

La Calefacción Distrital abastece de energía térmica para **calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y calor de procesos en la industria**, los cuales pueden ser utilizados para edificaciones de los distintos sectores de la economía.

En la figura se muestra, a modo de ejemplo, la cadena de producción de un sistema de calefacción distrital que utiliza biomasa como combustible para la central de generación.

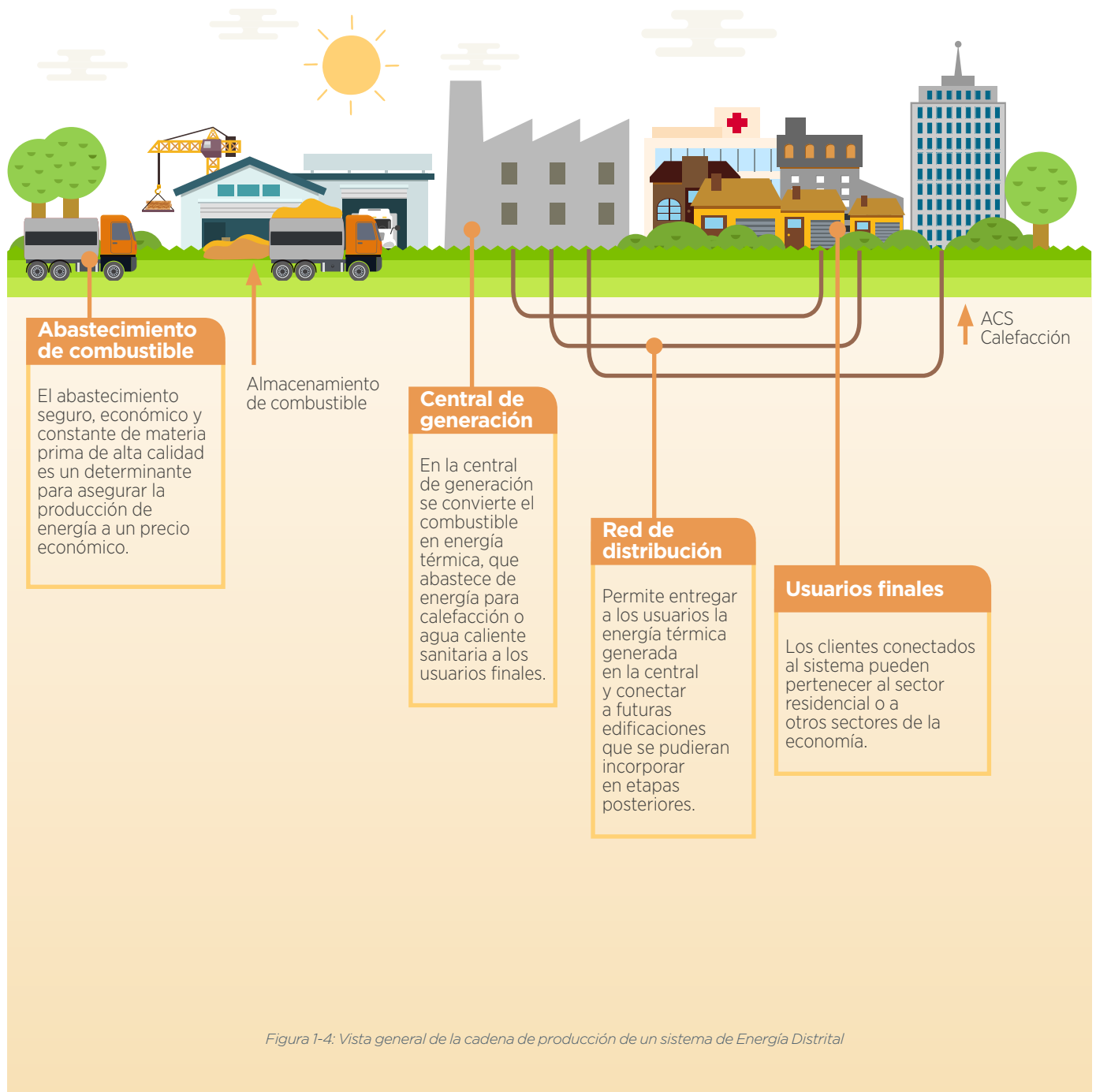


Figura 1-4: Vista general de la cadena de producción de un sistema de Energía Distrital



## En el mundo

La calefacción distrital es una tecnología existente de hace más de un siglo, la cual se ha desarrollado prácticamente en su totalidad en el hemisferio norte<sup>1</sup>. Los sistemas modernos de calefacción distrital han sido desarrollados siguiendo diversas motivaciones: como una forma de utilizar el calor residual procedente de la industria, centrales eléctricas e instalaciones de incineración de residuos; como una forma de utilizar el potencial de las energías renovables, o bien para asegurar la entrega de calefacción en una ciudad<sup>2</sup>.

La liberalización de los mercados presenta nuevos desafíos para el desarrollo de sistemas distritales, los cuales han sido afrontados de distintas maneras por los países que tienen el interés de desarrollar estos sistemas<sup>3</sup>. Este manual pretende dar lineamientos de cómo los proyectos de Energía Distrital pueden ser planteados desde el sector público y privado, bajo el contexto chileno, con modelos de negocio que sean atractivos para los inversionistas y para el usuario final.

## En Chile

Hoy, es innegable el hecho de que la Energía Distrital - en particular la calefacción - es observada por muchos sectores como una de las soluciones potencialmente más efectivas a la hora de descontaminar las ciudades de Chile, principalmente aquellas de la zona sur en donde la necesidad de calefacción se satisface con energéticos y artefactos que generan altos niveles de Material Particulado<sup>3</sup>.

Los proyectos a nivel nacional son escasos y han sido desarrollados mayoritariamente en Santiago, aunque con ciertas excepciones como es el caso de Temuco como una experiencia de la zona sur. En la Tabla 1-1 se muestran en resumen los proyectos identificados en Chile:

PROYECTO	LOCALIDAD	POTENCIA TÉRMICA INSTALADA	ENERGÉTICO UTILIZADO	Nº VIVIENDAS CONECTADAS	SUPERFICIE AFECTA [m <sup>2</sup> ]	EXTENSIÓN RED DE DISTRIBUCIÓN [m]	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
Torres de San Borja	Santiago	3 [MW <sub>th</sub> ]	Biomasa	1.512	115.000	3.800	1969 <sup>4</sup>
Cumbres del Cóndor	Santiago	800 [kW <sub>th</sub> ]	Biomasa	58	14.500	500	2015
Departamentos de Hacienda	Santiago	N.I. <sup>5</sup>	Gas Ciudad	80	18.200	N.I.	2015
Frankfurt	Temuco	140 [kW <sub>th</sub> ]	Geotermia	34	5.650	300	2009

Tabla 1-1: Proyectos de Energía Distrital en Chile. Fuente: Estudio de hoja de Ruta Energía Distrital 2035 - EBP / CDT 2016.

De los escasos proyectos existentes, únicamente el de las Torres de San Borja hace uso de Bienes Nacionales de Uso Público, mientras que los demás son desarrollados dentro de condominios, por lo que sus redes de distribución utilizan el subsuelo del terreno correspondiente a la copropiedad. El proyecto de San Borja fue desarrollado en la década de los 70, como parte de un nuevo desarrollo urbano del mismo nombre.

En el capítulo 5 se indican diversos estudios, instrumentos normativos y otros en donde se menciona a la calefacción distrital como una de las prioridades que deben considerarse para la descontaminación de ciudades de Chile afectadas por material particulado. En el capítulo 8.3 se hace un análisis de las lecciones aprendidas para estos proyectos.

1. China posee la red de Energía Distrital más grande del mundo (IEA, 2017), mientras que Islandia, Letonia y Dinamarca poseen el mayor porcentaje de personas que se abastecen con estos sistemas (Euroheat & Power, 2015).

2. Lovell, H., Hawkey, D., Webb, J., McCrone, D., Tingey, M., & Winskel, M. (2015). Sustainable Urban Energy Policy - Heat and the City. Routledge.

3. Ver: Política energética 2050; Planes de Descontaminación Atmosférica; Política de Uso de Leña y sus derivados para calefacción; Hoja de Ruta Energía Distrital 2025; la iniciativa District Energy in Cities de UN Environment y su aplicación en Chile.

4. La central original terminó de ser construida el año 1972, pero la caldera a biomasa que se encuentra actualmente en operación comenzó su puesta en marcha el año 2012.

5. No identificado.

## 1.1.2 Enfriamiento Distrital

El enfriamiento distrital es el equivalente a la calefacción distrital, pero con distribución de agua a bajas temperaturas, con la finalidad de ser utilizadas en equipos de refrigeración y/o climatización en los edificios. Al igual que para el caso de la calefacción, en la central de generación se pueden utilizar diversas tecnologías que hacen uso de energías renovables o bien que tienen altos niveles de eficiencia, como se muestra en el capítulo 4.2.

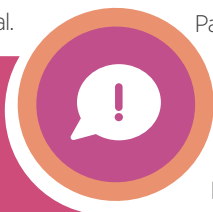
Las tecnologías de cogeneración también son adecuadas para sistemas de enfriamiento distrital, ya que se pueden utilizar sistemas de absorción o adsorción, que generan agua fría a través del calor residual de la generación eléctrica.

A nivel mundial, son escasas las estadísticas y levantamientos que existen sobre enfriamiento distrital, pero se tienen antecedentes de los primeros sistemas desde la década de los 60. Algunos grandes sistemas de enfriamiento distrital están ubicados en Singapur, Tokio, París, Estocolmo, etc<sup>6</sup>.

A nivel nacional no existen iniciativas de enfriamiento distrital.

En Chile en general se habla principalmente de calefacción distrital a través de las distintas políticas públicas y estudios realizados. Sin embargo, el uso de Energía Distrital también es aplicable a redes de frío. Un buen ejemplo es el Distrito Térmico del Alpujarra en Medellín, Colombia, en donde un sistema centralizado de chillers provee de agua fría para un conjunto de edificios públicos con grandes necesidades de climatización.

El proyecto de Medellín puede ser un buen referente para un proyecto de enfriamiento distrital en Chile, considerando el extensivo uso de climatización que tienen los edificios en ambos lugares<sup>7</sup>.



## 1.2 Sobre el manual

Este documento presenta el “Manual de Desarrollo de Proyectos de Energía Distrital”, el cual ha sido financiado por CORFO a través de la herramienta de Bienes Públicos para la Competitividad.

El manual surge como una respuesta al interés que hay de diversos actores del sector público y privado por explorar el desarrollo de iniciativas de Energía Distrital. La Energía Distrital se identifica como una potencial solución efectiva para la descontaminación del aire en las ciudades en el sur de Chile, la disminución de gases de efecto invernadero, y la reducción en el consumo de Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO), en concordancia con las metas que Chile se ha impuesto a través de los planes de descontaminación atmosférica (PDAs), a través del Plan de gestión para la eliminación de HCFC (HPMP) y los compromisos adquiridos en el marco de la Asamblea General de las Naciones Unidas.

Para lograr un desarrollo del mercado de Energía Distrital aún no se cuenta con herramientas que establezcan los lineamientos para una planificación adecuada de este tipo de proyectos. En consecuencia, este manual tiene el propósito de generar la información adecuada que permita que en el mediano plazo los proyectos de Energía Distrital puedan ser implementados de manera exitosa, siendo atractivos desde el punto de vista financiero y ambiental.

El presente manual espera poder ser una guía para tomadores de decisión y técnicos, tanto del sector público como el privado, que les permita plantear correctamente desde un inicio el desarrollo de proyectos de Energía Distrital, con una secuencia de pasos clara y eficaz, indicando las consideraciones económicas, técnicas o administrativas más importantes que ameriten una revisión especial y el tiempo previsto entre factibilidad y operación.



6. International review of district heating and cooling, Sven Werner, School of Business, Engineering and Science, Halmstad University, octubre 2017.  
7. Más información se puede hallar en [www.epm.com.co](http://www.epm.com.co).

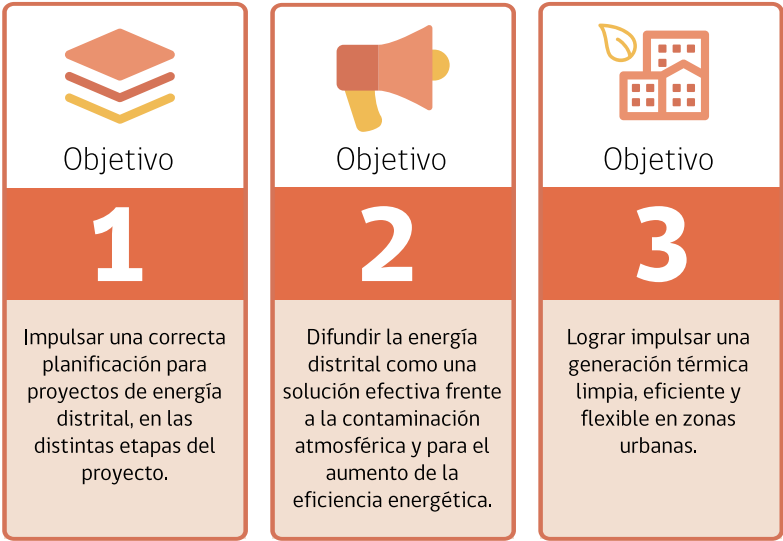


### 1.3 Objetivos del manual

El objetivo del manual de Energía Distrital es ser una herramienta base para que actores de los distintos sectores de la sociedad puedan contar con una herramienta básica de planificación de las distintas etapas de un proyecto de calefacción distrital, que les permita tomar las decisiones correctas durante las fases de planificación e implementación de un proyecto de calefacción distrital.

Los objetivos del manual se alinean con los objetivos de la Política Pública del país, incluyendo los Planes de Contaminación Atmosférica (PDAs) y la Política Energética Nacional, reduciendo la contaminación y el consumo energético mediante modelos energéticos sostenibles.

Este manual pretende dar lineamientos de cómo los proyectos de Energía Distrital pueden ser planteados desde el sector público y privado, bajo el contexto chileno, con modelos de negocio que sean atractivos para los inversionistas y para el usuario final.



### 1.4 Cómo usar el manual

Para efectos de este manual, distinguiremos a tres distintos públicos objetivos:

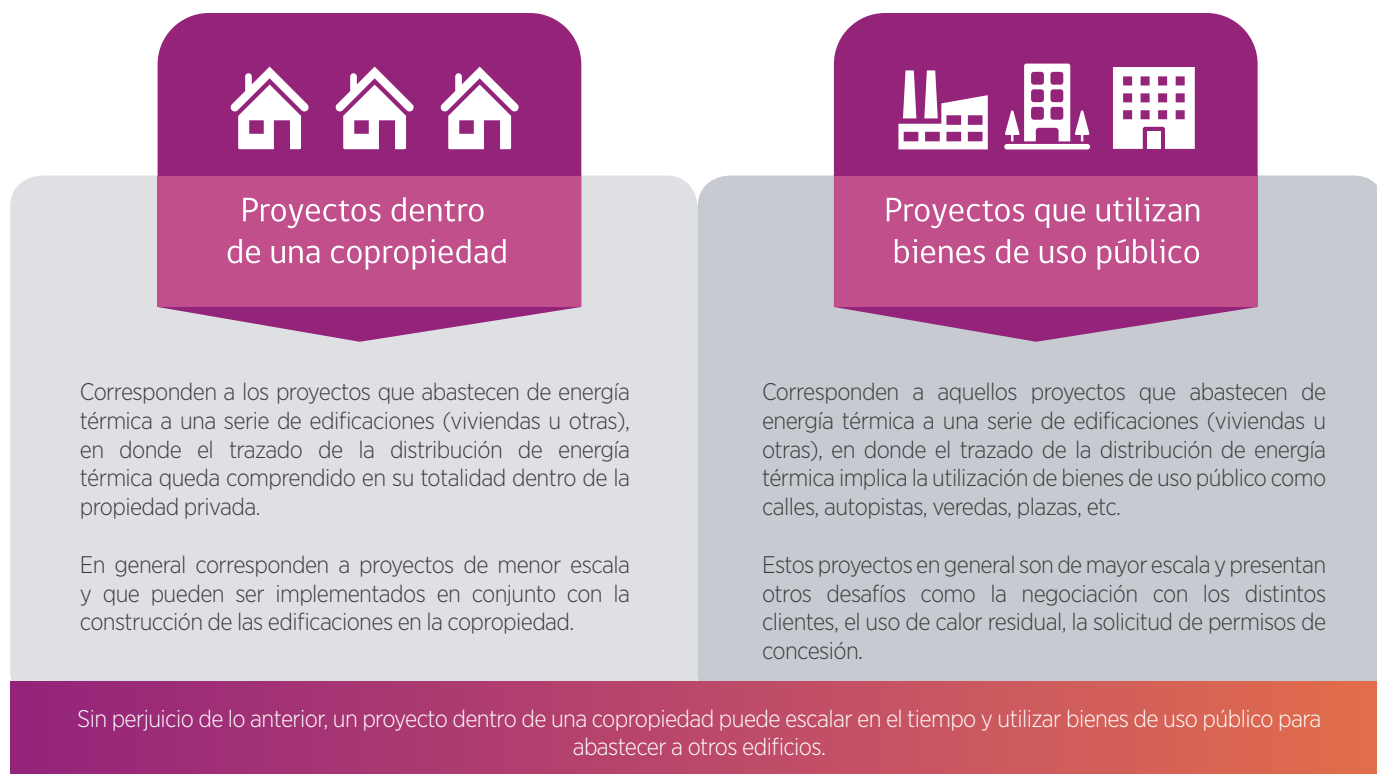
	 SECTOR PÚBLICO	 INVERSIONISTAS	 DESARROLLADORES DE PROYECTOS
¿QUIÉNES SON?	Municipios y autoridades regionales con sus respectivos equipos de trabajo, el Gobierno Central.	Distribuidoras de energía, empresas sanitarias, ESCOs <sup>8</sup> , inmobiliarios y otros actores que tengan el interés de poder invertir en este tipo de proyectos.	Consultoras, empresas de ingeniería, empresas de distribución de combustibles, ESCOs, etc. con la finalidad de evaluar la factibilidad o desarrollar un proyecto de Energía Distrital.
OBJETIVOS DE CADA ACTOR EN RELACIÓN A LA ENERGÍA DISTRITAL	Promover la Energía Distrital en distintas instancias de política pública, cumplir con metas de descontaminación, promover el desarrollo de infraestructura y economía local.	Conocer las particularidades de un sistema de Energía Distrital, con la finalidad de conocer el desempeño económico de estas y las variables que pueden afectarlo, para orientar la inversión en torno a la rentabilidad esperada.	Lograr un proyecto adecuado desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, considerando las particularidades locales en cuanto a tecnologías disponibles, costos, marco legal e impacto ambiental.

Figura 1-5: Categorías público objetivo

8. Energy Services Companies (Empresas de Servicios Energéticos)

En cada capítulo y subcapítulo se indica para qué público objetivo será de especial interés el contenido presentado mediante una banda de colores, siendo el **Sector Público amarillo**, **Inversionistas en púrpura** y **Desarrolladores de proyectos en rojo**.

Resulta relevante mencionar que en los proyectos de Energía Distrital se distinguen dos tipologías principales de proyectos, que presentan distintos desafíos, los cuales se abarcan a lo largo del manual:



Por último, durante el desarrollo de los capítulos habrá cuadros de texto que indiquen advertencias o tips y consejos, los cuales serán indicados con los elementos a continuación:



**TEXTO DE ADVERTENCIA**



**TIPS Y CONSEJOS**





# ¿Por qué Energía Distrital?

## 2.1 Beneficios de la Energía Distrital

A continuación se muestran los principales beneficios de la implementación de un sistema de Energía Distrital.



Figura 2-1: Beneficios de la Energía Distrital. Fuente: Adaptado de PNUMA.

BENEFICIO	DESCRIPCIÓN
<b>Uso de recursos renovables y calor residual</b>	Un importante beneficio corresponde a la utilización de recursos renovables, como biomasa y geotermia, además de calor residual, entre otros, para la generación de energía. Por lo tanto, el uso de estos recursos para generación de Energía Distrital contribuye a las metas y compromisos ambientales de la política energética y ambiental del país.
<b>Mejoramiento de la calidad del aire</b>	El sistema distrital puede generar reducciones de más de un 99% <sup>9</sup> en el nivel de emisiones de material particulado en relación a calefactores individuales.  En el caso residencial, existe además una importante mejora en la calidad del aire interior, ya que no existe combustión ni emisión de gases contaminantes dentro de la vivienda, eliminando cualquier posible riesgo de intoxicación.
<b>Reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y Sustancias agotadoras de Ozono (SAO)</b>	La Energía Distrital permite reducir las emisiones de GEI a través del uso de fuentes de energía renovable, además de contar con mayores eficiencias globales de los equipos que reemplaza.
<b>Bajos costos de energía térmica</b>	El precio de la energía térmica generada por una calefacción distrital es competitivo versus fuentes convencionales, especialmente cuando la energía térmica se obtiene utilizando calor residual, o cuando se utilizan sistemas de baja temperatura, como bombas de calor. La Energía Distrital tiene la ventaja de tener una gran flexibilidad para la elección de energéticos en la central térmica, pudiendo así adaptarse a condiciones de alzas en los precios de operación en el largo plazo.  Por último, para el usuario final, la conexión a un sistema de Energía Distrital puede significar ahorros por concepto de liberación de espacios utilizados por centrales térmicas y depósitos de combustible, eliminación de costos de mantención y reparación, eliminación de costos administrativos, etc.
<b>Generación de empleos y valor agregado – economía verde</b>	La Energía Distrital permite utilizar de manera limpia y eficiente los recursos renovables existentes en las regiones, potenciando así las economías locales, creando empleos e ingresos a nivel local. Los operadores tienen la oportunidad de trabajar con los proveedores locales para instalar capacidades requeridas en la operación del sistema.
<b>Nuevas oportunidades de mercado para el sector privado</b>	La Energía Distrital genera nuevas oportunidades de inversión, a través de nuevos servicios energéticos y nuevos modelos de negocios para la empresa. Los proyectos de Energía Distrital tienen además la posibilidad de ampliarse en el tiempo, tanto en cobertura como en demanda.
<b>Eficiencia Energética y acceso a energía limpia</b>	Mejoramiento de la imagen pública de una empresa o de una ciudad a través del posicionamiento como una institución sustentable.

Tabla 2-1: Beneficios de la calefacción distrital en Chile

A través de los Planes de Descontaminación Atmosférica se establecieron mejores estándares de aislación térmica y el uso de ventilación mecánica para viviendas, que permitirán generar una reducción en la demanda energética de las viviendas.

Estas exigencias presentan una oportunidad para la conexión de viviendas a sistemas de energía distrital, permitiendo reducir los costos de la energía proveniente del sistema y eliminando fuentes de contaminación intradomiciliaria.



9. Particulate Matter Emissions-Control Options for Wood Boiler Systems, Biomass Energy Resource Center.



## 2.2 Catalizadores

Una vez conocidos los beneficios de la Energía Distrital, queda definir cuál es el catalizador que permite dar comienzo a un desarrollo de este tipo. Al revisar la experiencia internacional, se encuentra que el catalizador es distinto en cada caso.

En París, el catalizador para el desarrollo de la Energía Distrital fue el resolver la problemática de la calidad del aire en la ciudad y la dificultad de abastecer de grandes cantidades de combustible a los usuarios en el centro de la ciudad<sup>10</sup>.

En Vancouver, por otro lado, el desarrollo de grandes proyectos inmobiliarios para los juegos olímpicos del año 2010 fue el principal catalizador que hizo que el gobierno impulsara e invirtiera en un sistema distrital<sup>11</sup>.

En Medellín, el catalizador para el desarrollo de un sistema de enfriamiento distrital fue promover la eficiencia energética en edificios y sustituir enfriadores que funcionen con Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO) y sustancias de alto impacto ambiental.<sup>12</sup>



10. *District Energy in Cities* – UNEP (2015).

11. *District Energy in Cities* – UNEP (2015).

12. EPM (2015).

A continuación se muestra una categorización de posibles catalizadores que podrían darse para la realidad chilena:

CATEGORÍA	POSIBLES CATALIZADORES	EJEMPLO DE POSIBLES CATALIZADORES PARA EL CASO DE CHILE
<b>Económico.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se busca el desarrollo local y creación de empleos e ingresos.</li> <li>• Se busca el desarrollo de mercados locales asociados a la biomasa y agregación de valor a productos de la biomasa.</li> <li>• Las condiciones de precios y consumos de energía permiten un proyecto económicamente atractivo.</li> </ul>	<p><b>Poner en valor los recursos locales</b></p> <p>Chile posee grandes recursos energéticos, en forma de energía solar, biomasa, energía geotérmica, etc. La Energía Distrital podría poner en valor estos recursos y potenciar las economías locales.</p>
<b>Medioambientales y de salud.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI).</li> <li>• Metas de reducción de la emisión de material particulado.</li> <li>• Metas de disminución de la presión en el Bosque Nativo.</li> <li>• Cumplimiento de metas para la disminución de las tasas de mortalidad y morbilidad asociadas a la contaminación atmosférica e intradomiciliaria.</li> <li>• Compensaciones medioambientales.</li> <li>• Otras políticas públicas específicas en la materia.</li> </ul>	<p><b>Dar solución al problema Material Particulado en Chile</b></p> <p>Sin duda el MP en el sur de Chile podría ser el principal catalizador que dé inicio al desarrollo de estos sistemas en Chile. Actualmente, dentro de los PDAs se menciona a la calefacción distrital como una alternativa que debe ser evaluada para disminuir los niveles de emisión de MP.</p>
<b>Técnicas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización eficiente de las fuentes energéticas.</li> <li>• Posibilidad de integración de energías renovables y calor residual.</li> <li>• Requerimientos de seguridad de suministro.</li> </ul>	<p><b>Uso de excedentes de calor en la industria</b></p> <p>Un catalizador podría ser la existencia de una industria o central térmica que tenga excedentes de calor sin utilizar, que esté ubicada cerca de un sector residencial o comercial.</p>
<b>Metas y compromisos ambientales y de eficiencia energética.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromisos de reducción de GEI (CO<sub>2</sub>).</li> <li>• Compromisos de reducción de sustancias agotadoras del ozono.</li> <li>• Metas de penetración de energética renovable en la matriz energética.</li> <li>• Metas de reducción de emisión de MP 2,5.</li> </ul>	<p><b>Energía 2050</b></p> <p>Dentro de las metas que se proponen en la política, está el desarrollo de pilotos de calefacción distrital para determinar modelos económicos que sean atractivos. También se considera como meta que el 50% de los combustibles serán bajos en emisiones de GEI y contaminantes atmosféricos en la matriz de combustibles.</p>
<b>Desarrollo de nuevos proyectos urbanos o inmobiliarios.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevos desarrollos urbanos con una potencial alta demanda de energía.</li> <li>• Proyectos inmobiliarios existentes de gran densidad.</li> <li>• Pavimentación, reparación de calles o creación de nuevas vías.</li> <li>• Consolidación de una variable de identidad de barrio en torno a la energía y otros servicios asociados a un modelo distrital.</li> </ul>	<p><b>Las Torres de San Borja</b></p> <p>A fines de los años 60, se desarrolló un proyecto inmobiliario que contemplaba la construcción de 45 edificios en las cercanías de la estación de metro Universidad Católica, en Santiago de Chile.</p> <p>Esta ocasión se aprovechó para desarrollar un sistema distrital de abastecimiento de calefacción y agua caliente sanitaria para estas torres, que hasta el día de hoy sigue en operación.</p>

Tabla 2-2: Principales catalizadores para el desarrollo de proyectos de Energía Distrital en Chile



## 2.3 Derribando mitos

Existen muchos mitos sobre la calefacción distrital.



### Mito 1:

#### Los sistemas de Energía Distrital únicamente abastecen de calefacción.

Un sistema de Energía Distrital tiene la capacidad de suplir de energía térmica para calor de procesos, agua caliente sanitaria, calefacción, e incluso agua fría para los sistemas de climatización, ya sea a la temperatura de operación para su uso directo o a bajas temperatura en complemento con equipos de refrigeración tales como chillers. Adicionalmente, un sistema de Energía Distrital puede utilizar también el calor residual de un generador eléctrico para abastecer de energía térmica (frío o calor), además de electricidad.

De esta manera, un sistema de Energía Distrital puede verse de manera más integral como un sistema que aprovecha las sinergias entre las demandas de frío o calor, con los recursos disponibles para generar eficiencias en la operación.

*Por ejemplo en la ciudad de Milán, Italia, se cuenta con un sistema de Energía Distrital en el cual se abastece cerca del 5% de las demandas de calor y 800.000 m<sup>3</sup> de demanda de frío.*



### Mito 2:

#### No se pueden desarrollar proyectos mientras no exista una Ley al respecto, ya que se genera un monopolio.

Este mito está relacionado con lo que ocurre con otros sistemas de distribución de energéticos o de energía, como las redes de gas natural / gas ciudad, o las redes de distribución eléctrica, las cuales están reguladas por ley debido a que cumplen con características de monopolio.

En el caso de la energía distrital, la condición de monopolio se cumpliría únicamente si hubiese una obligación de los usuarios finales de conectarse al sistema, o si no existiese otra opción disponible para abastecerse. Sin embargo, en el mercado existen diversos sistemas individuales de calefacción, refrigeración o de generación de agua caliente sanitaria (ACS) que podrían ser utilizados por el usuario final en reemplazo del sistema distrital.

*Las Torres de San Borja, Santiago, Chile, fueron desarrolladas sin contar con una regulación formal para su implementación y para evitar la obligación de utilizar los sistemas de calefacción y ACS, cada año los representantes de cada una de las torres deciden si quieren o no estar conectados a la red.*



## Mito 3:

### Los sistemas de Energía Distrital únicamente tienen sentido en climas de frío extremo.



Esta idea se origina a partir del hecho de que las ciudades que tienen los mayores desarrollos de calefacción distrital corresponden a ciudades del hemisferio norte, ubicadas generalmente en latitudes más extremas que las principales ciudades de Chile.

Lo anterior no es motivo para pensar que en Chile no se pueden desarrollar proyectos de este tipo. El identificar sectores de alta demanda de energía térmica, y contar con fuentes de energía residuales, son aspectos fundamentales que darán cuenta de la viabilidad del proyecto.

Adicionalmente, para las ciudades con climas más cálidos, con altas densidades de ocupación, se pueden considerar sistemas de Energía Distrital que abastezcan tanto de frío como de calor para poder satisfacer las necesidades de climatización.

*Por ejemplo en Santiago, Chile, las Torres de San Borja abastecen de calefacción y agua caliente sanitaria a cerca de 1.500 clientes, entre los cuales se incluyen departamentos habitacionales y edificios institucionales.*



## Mito 4:

### La Energía Distrital es más cara para los usuarios finales.



Este mito se origina debido a que una gran parte de la población utiliza leña como el principal energético para la calefacción, y resulta que el precio de la leña es bajo en comparación a los de otros energéticos.

Para poder competir con los precios de la leña, un proyecto distrital deberá considerar parámetros mínimos de densidad de conexión, el uso de calor residual, la incorporación de clientes ancla, etc.

Al evaluar la comparativa entre los costos finales para el usuario, se deben incorporar otros beneficios económicos que se deben cuantificar, como los siguientes:

1. Las estufas de combustión generalmente tienen un mal rendimiento, por lo que se debe considerar el rendimiento en el costo actual de abastecimiento de energía.
2. Para el caso residencial, además del reemplazo de la leña, hay un reemplazo del gas licuado utilizado para la generación de ACS en cocinas y duchas.
3. Tanto para el caso residencial, como para otro tipo de edificaciones, se libera el espacio previamente utilizado para el almacenamiento de leña, salas de calderas, o depósitos de combustible.

Por otro lado, cuando se plantea Enfriamiento Distrital, generalmente se considera que sus usuarios serán edificios comerciales, de oficinas, hoteles u hospitales, siendo el costo en climatización un importante gasto mes a mes. Por ende, la solución que provea la empresa que otorgue el servicio de enfriamiento debe al menos igualar los actuales costos en que incurren dichos edificios.

*Los precios de la energía para los departamentos del condominio Cumbres del Cóndor, están en el orden de los 45 [CLP/kWh], que es un precio altamente competitivo. Además de esto, los edificios cuentan con un diseño que les permite tener una baja demanda de calefacción, lo que disminuye los costos de calefacción.*

*En Temuco, Chile por ejemplo, el condominio Frankfurt cuenta con un sistema geotérmico distrital que abastece de calefacción y agua caliente a 34 viviendas. A pesar de que existe en el mercado una serie de artefactos para reemplazar dichos consumos, ninguna de las viviendas ha instalado un sistema complementario o de reemplazo.*







## Mito 5:

### **Un sistema de Energía Distrital es únicamente factible si es financiado por el Estado o tiene subsidios.**



Esta concepción viene dada en gran medida por el hecho de que el desarrollo de sistemas de calefacción distrital en Europa ha sido principalmente bajo modelos en los que el Estado, las comunidades o los gobiernos locales han participado directamente en el financiamiento, la operación, los cobros y/o la recepción de utilidades.

A pesar de lo anterior, diversos países con economías más liberales han encontrado modelos de negocio innovadores que permiten el desarrollo de este tipo de iniciativas<sup>13</sup>, generando el interés de los inversionistas y aumentando la inversión en infraestructura para las ciudades.

*A nivel nacional, los sistemas distritales que se encuentran implementados dentro de condominios han sido todos financiados por el sector privado.*



## Mito 6:

### **Los sistemas de Energía Distrital tienen como principales usuarios a las viviendas.**



En Chile existen diversos estudios de factibilidad o prefactibilidad para sistemas de calefacción distrital que apuntan como clientes principales a las viviendas. Esta tendencia tiene una explicación muy razonable y es que en general estos estudios han sido desarrollados por el sector público, que tiene como principal interés buscar una solución económicamente viable para la descontaminación asociada a material particulado en las ciudades del sur de Chile<sup>14</sup>.

Sin embargo, la experiencia internacional indica que para sistemas de Energía Distrital que estén en etapas iniciales de desarrollo, lo óptimo es contar con clientes que tengan grandes demandas de energía, de manera de poder minimizar la cantidad de clientes que se deben asegurar para un proyecto con un desempeño económico adecuado. Este tipo de clientes generalmente son denominados “clientes ancla” y corresponden a Hospitales, Centros Comerciales, Industrias, etc.

Una vez asegurado uno o más clientes ancla, se puede comenzar a evaluar la incorporación del sector residencial en el corto, medio o largo plazo.

*Por ejemplo, en Oslo, Noruega, se ha implementado una red que abastece estadios, centros de ocio, hospitales y otras “cargas ancla” para asegurar una demanda de energía alta y con diversos perfiles de consumo.*

13. Lovell, H., Hawkey, D., Webb, J., McCrone, D., Tingey, M., & Winskel, M. (2015). *Sustainable Urban Energy Policy – Heat and the City*. Routledge.

14. Estudio de hoja de Ruta Energía Distrital 2035 – EBP / CDT 2016.



## Mito 7:

**Un sistema de energía distrital arruina el entorno de la ciudad.**



Muchas veces la ubicación idónea para una central térmica de un sistema distrital es cercana a las edificaciones que abastece, las que pueden estar ubicadas en un contexto urbano. Es por esto que muchas veces se piensa que una central térmica distrital podría generar un efecto negativo en la ciudad, debido a al uso de grandes chimeneas, la emisión de humo y el ruido.



Las tecnologías actuales para las centrales térmicas permiten la operación sin humos visibles, sin malos olores y con bajos niveles de ruidos. Esto, en conjunto con diseños arquitectónicos preocupados por su entorno, permiten que una central térmica ubicada en la ciudad no sea un elemento de distorsión del entorno.

*Por ejemplo, la central de generación del Distrito Térmico de la Alpujarra, en Medellín, Colombia, está ubicada a solo dos cuadras del centro administrativo de la ciudad. El edificio de la central cuenta con un diseño arquitectónico atractivo, que utiliza abundante vegetación, para disminuir el impacto en el entorno visual.*



Centro administrativo de la Alpujarra. Autor: Yimicorrea, bajo licencia CC BY-SA3.0



# Factores para el éxito y condiciones deseables

Para el desarrollo exitoso de un proyecto de Energía Distrital, se distinguen condiciones deseables para el emplazamiento del proyecto, y factores de éxito a tener en cuenta para la ejecución del proyecto y la operación de la planta.

## Condiciones existentes deseables para el emplazamiento del proyecto

Se refiere a las condiciones que se espera pudieran existir **previamente** en el lugar en donde se plantea la realización del proyecto, y que pudieran favorecer la evaluación técnico-económica del proyecto de Energía Distrital.

## Factores de éxito para la ejecución del proyecto

Corresponden a los principales aspectos que hay que tener en consideración **a la hora de planificar** un proyecto para una implementación y operación exitosa de una planta de Energía Distrital.

A continuación, se enumeran las que se consideran las condiciones deseables (C) y los factores de éxito (F) más importantes, divididas en tres categorías: aspectos técnicos, aspectos económicos y otros aspectos.



Tabla 3-1: Factores de éxito y condiciones deseables para el desarrollo de proyectos de Energía Distrital

## 3.1 Aspectos técnicos

### C1: Existencia de una alta densidad de demanda

Una condición muy importante que da viabilidad al proyecto de Energía Distrital es contar con una alta densidad de demanda de energía en la zona en donde se desplegará el proyecto. Generalmente se utiliza como un primer indicador uno de los siguientes indicadores para determinar la densidad de la demanda en una zona:

- **Demanda de energía por unidad de área en [MWh/año-há] (Mega Watt-hora por hectárea-año).** Este indicador presenta una vista más general que indica las zonas geográficas en donde existe una mayor demanda de energía para climatización. En la Figura 3-2 se muestra un ejemplo del indicador de demanda de energía por unidad de área.

- **Demanda de energía por metro lineal, en [MWh/a-m.l.] (Mega Watt-hora por metro lineal-año).** La elaboración de este indicador requiere de información más detallada sobre las demandas de energía de las edificaciones. El indicador da cuenta de la demanda de energía térmica por cada metro de tubería extendida. En el capítulo 4.2 se detallan los valores recomendados para este indicador.

La calificación energética de viviendas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo también podría representar un buen primer indicador sobre la demanda de energía en el caso de las viviendas. Más información se puede encontrar en [www.calificacionenergetica.cl](http://www.calificacionenergetica.cl)

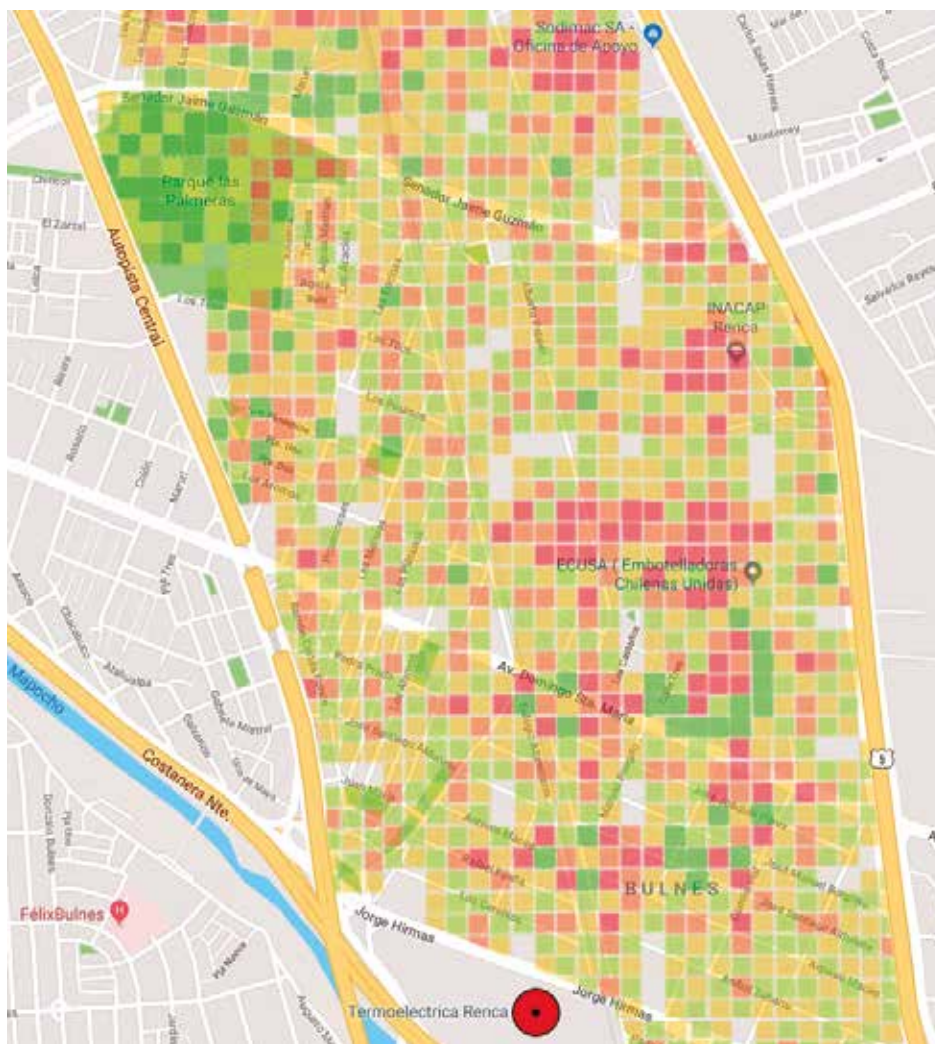


Figura 3-2: Mapa de demanda de calor, indicando la intensidad de demanda de energía térmica por cada hectárea.

## C2: Existencia de potenciales clientes ancla

Esta condición es muy importante para lograr un proyecto atractivo desde el punto de vista económico. El desarrollo de un proyecto distrital debe priorizar y asegurar la conexión de grandes consumidores de energía térmica. Este tipo de consumidores corresponden a grandes edificios públicos, centros comerciales, hospitales, clínicas e industrias, que tienen requerimientos de energía térmica durante todo el año.

Entendiendo que un sistema distrital tiene diversos beneficios para la ciudad, muchas veces los principales grandes consumidores que le dan viabilidad económica al proyecto corresponden a edificios públicos con altas demandas, que tienen la voluntad de conectarse al sistema, entendiendo sus beneficios económicos y ambientales.

## C3: Disponibilidad de energía renovables o calor residual

Idealmente la central del sistema de energía distrital debería ser alimentada utilizando el calor residual de industrias, centrales u otras fuentes que no estén siendo aprovechadas, dándole valor así a un excedente de la operación. En el caso que no se pueda contar con una fuente de excedentes de calor, o que necesite un respaldo, es deseable la utilización de energías renovables, como la biomasa, o el uso de geotermia aprovechando los cuerpos de agua subterráneos, ríos o mares para las bombas de calor. Es importante realizar un levantamiento de la oferta de biomasa, asegurando precios bajos y un manejo adecuado de los recursos forestales.

También es importante para el operador de la central contar de manera segura con la disponibilidad del energético, para asegurar la continuidad en el suministro.

## F1: Sencillez del proyecto

Un proyecto de Energía Distrital debería comenzar de manera simple, incorporando inicialmente a grandes consumidores que aseguren un nivel de demanda energética. Una ampliación de las redes de distribución siempre está asociada a una inversión muy elevada, por lo tanto, el tamaño de la planta y la longitud de las redes deben ser determinados al inicio del proyecto. La pre-inversión en la planta energética y en las redes de distribución no debería ser demasiado elevada para garantizar la rentabilidad económica del sistema. Los pequeños consumidores de energía pueden ser conectados sucesivamente a la red. El caso opuesto es la incorporación de viviendas individuales, en el cual se requiere la negociación y el convencimiento de una gran cantidad de usuarios finales.

## F2: Operación a través de empresas de servicios profesionales

Convencionalmente, los responsables de la operación de los sistemas de generación térmica en empresas o edificaciones son funcionarios

propios, que deben dedicar tiempo además a otras tareas.

En el caso de un sistema de Energía Distrital, independiente de la extensión de éste, un factor de éxito importante es que se pueda contar con una empresa especialista que pueda hacerse cargo de toda la logística asociada a operación, mantenimiento y cobranza. Generalmente esta empresa es la misma ESCO que desarrolla el sistema. El aseguramiento de los niveles de calidad de la energía térmica y de la disponibilidad del sistema vienen dado en cláusulas de los contratos, y el costo de toda esta logística es incorporado al precio de venta de la energía por parte de las empresas operadoras.

## 3.2 Aspectos económico

### C4: Potencial de reducción de costos operacionales para el usuario final

Desde el punto de vista del usuario final, el conectarse a un sistema de Energía Distrital será atractivo siempre que los costos unitarios de energía del sistema sean convenientes con respecto a sus costos actuales. Es importante que el usuario además tenga conciencia de otros ahorros que se logran al conectarse a un sistema distrital, como los siguientes:

- Ahorros en cobro de potencia y energía eléctrica utilizada por los sistemas convencionales.
- Ahorro en los costos del personal requerido para la operación de los sistemas.
- Ahorros asociados a la mantención de los equipos de ACS, climatización y/o calefacción.
- Ahorros en los costos asociados a ineficiencias térmicas del sistema convencional.
- Ahorros en los costos asociados a la superficie utilizada por la central térmica, y por el almacenamiento de combustible.
- Ahorro en los costos asociados a la administración para el abastecimiento de uno o más combustibles

En el caso de la cogeneración, un buen indicador inicial que permite tener una primera noción de la viabilidad económica del proyecto, corresponde a la diferencia del precio entre la electricidad de la red y el energético utilizado para la generación local de energía eléctrica. Cuando el primero es significativamente mayor que el segundo, esto permitiría potencialmente que la generación eléctrica pueda realizarse a precios menores que los obtenidos desde la red, mientras que los excedentes de calor son utilizados para procesos o calefacción y/o enfriamiento.





Desde el punto de vista del operador del sistema distrital, el costo total de energía que será cobrado al usuario tiene que cubrir tanto los costos de inversión como los costos de mantención, operación y facturación. Debido a la alta inversión inicial que requiere un proyecto de Energía Distrital a gran escala, es deseable contar con buenas condiciones de financiamiento a largo plazo, que permitan una viabilidad económica del proyecto.

### C5: Disponibilidad de sitios existentes o económicos para central de energía

La selección del espacio para la construcción de la planta de energía depende del tamaño de la planta, la existencia de accesos viales para asegurar la logística en el abastecimiento del combustible, la distancia a los principales consumidores y otros aspectos técnicos dependientes de la tecnología escogida para la central. Una condición favorable corresponde a que la ubicación de la central esté ubicada en las cercanías de los usuarios finales, minimizando así las pérdidas energéticas y disminuyendo la inversión en infraestructura. Si bien este factor de éxito es deseable, se puede apreciar en la experiencia internacional proyectos en donde la generación de energía está alejada de los puntos de consumo, con distancias que incluso sobrepasan los 10[km], por lo que tampoco se debe descartar un proyecto únicamente por este criterio.

### F3: Contratos de suministro de energía a largo plazo

La empresa operadora de la planta de Energía Distrital puede reducir los precios de calor y el riesgo financiero, si es que cuenta con contratos de suministro a largo plazo con el cliente, ya que los componentes de las plantas pueden ser amortizados durante un periodo de tiempo más largo.

### F4: Claridad en el modelo de negocio

Como se verá en el capítulo 6, existen diversos modelos de negocio para la operación de un proyecto de Energía Distrital. Un factor de éxito es contar con claridad el modelo de negocio bajo el cual operará el sistema de Energía Distrital, incluyendo la propiedad de la infraestructura y de los sistemas, la responsabilidad de los cobros y los repartos de utilidades, el modo de tarificación, etc.

## 3.3 Otros aspectos

### C6: Autoridades locales comprometidas

Esta condición es, probablemente, uno de los factores de éxito más importante para un proyecto de Energía Distrital que utiliza Bienes Nacionales de Uso Público. Es fundamental que exista la voluntad de las autoridades locales para otorgar concesiones para la utilización de las calles, y para proveer las condiciones facilitadoras para que el proyecto tenga sentido desde el punto de vista financiero.

Las autoridades locales pueden colaborar además siendo un piloto para la replicación en otros lugares y facilitando que los edificios públicos puedan conectarse al sistema distrital. En el capítulo 5, se indica en detalle distintas maneras en que el sector público puede participar de manera activa para el desarrollo de la calefacción distrital.

### C7: Existencia de información y planificación energética territorial

La existencia de información a nivel territorial es una condición favorable para conocer bien el potencial de la calefacción distrital en una ciudad. Las condiciones que se consideran más relevantes son las siguientes:

**1. Planificación territorial:** Una planificación territorial adecuada, permite a los potenciales inversionistas y desarrolladores de proyectos contar con información adecuada para planificar la evolución de la cobertura del sistema distrital en el largo plazo.

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo cuenta con un programa de apoyo a las Municipalidades para la elaboración de instrumentos de planificación territorial.

**2. Información territorial de oferta y demanda:** El contar con esta información para un determinado sector, permite tener una primera visión sobre la disponibilidad de recursos energéticos y sobre las zonas con una mayor densidad de consumo energético.

- Actualmente para gran parte de Chile existe la información georreferenciada sobre la oferta de energía (mapas de potencial solar, eólico, hídrico y biomasa, además de concesiones geotérmicas, terminales portuarios, infraestructura para combustibles, etc.).
- Se están realizando algunas primeras iniciativas que permiten detectar excedentes de calor en sectores industriales, los cuáles podrían ser utilizados eventualmente como una fuente de energía para un sistema distrital.
- Al momento de elaboración de este manual, existen dos iniciativas en curso, a través de CORFO y de ONU Medio Ambiente, que buscan adaptar metodologías para la elaboración de mapas de demanda de calor.

Un punto fundamental a tener en consideración para el desarrollo exitoso de un proyecto, es la participación ciudadana, que permite el involucramiento activo de los ciudadanos en el desarrollo del proyecto, garantizando la inclusión y representación de los actores locales y sus intereses, la incidencia e igualdad de oportunidades de quienes participen, la educación mutua, la transparencia en el acceso a la información y la legitimidad de las decisiones que se tomen.

Algunas herramientas disponibles para el desarrollo de participación ciudadana son las siguientes:

- **Ley de Participación Ciudadana:** Que si bien está orientada a la participación en aspectos de gestión pública, pueden obtenerse
- **Acuerdos Voluntarios de Preinversión:** Es un programa reciente desarrollado para la participación temprana de las comunidades locales, liderado por el Consejo Nacional de Producción Limpia, y cuyo objetivo es promover la adopción de altos estándares socioambientales por parte de proyectos de inversión, mediante la implementación temprana de procesos participativos que faciliten el logro de acuerdos orientados a mejorar el proyecto y sus beneficios, así como a crear relaciones constructivas de largo plazo entre empresas, comunidades locales y otros actores de interés.

### 3.4 Evaluación de condiciones y factores para el éxito

Como una manera de poder ponderar los distintos factores que intervienen para el éxito de un proyecto, a continuación se muestra una valorización de los distintos aspectos, en donde un factor se hace más relevante en la medida que se encuentra más alejado del centro de la circunferencia.

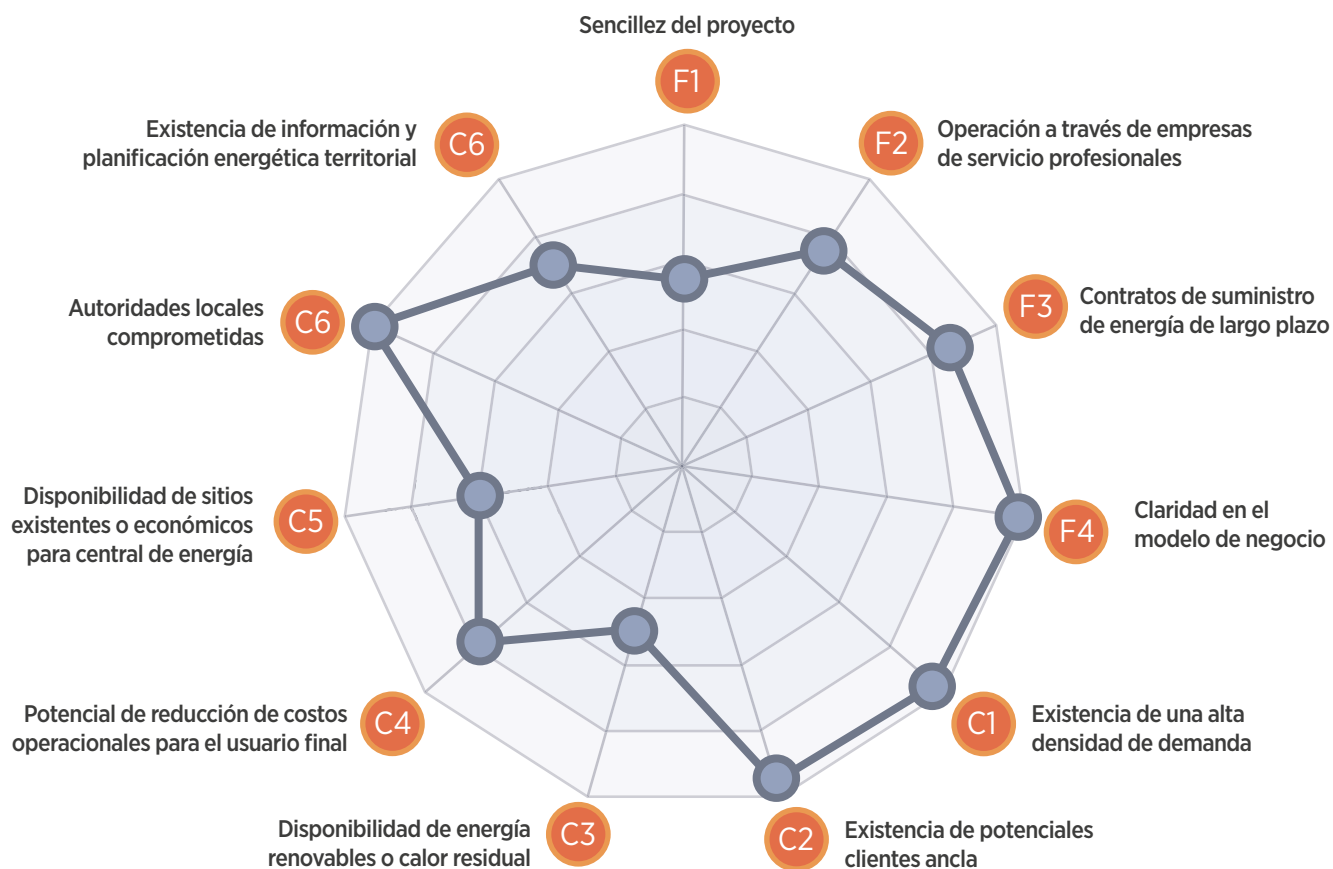


Figura 3-3: Ponderación de la relevancia de los distintos factores de éxito para un proyecto de Energía Distrital. Fuente: Elaboración propia, en base a información de Dr. Eicher + Pauli AG.

Además de las condiciones y factores evaluados, existen otros aspectos que también se pueden considerar como favorables, por ejemplo:

- La existencia de redes de distribución de energía térmica en el interior de las edificaciones: Esta condición facilita la conexión a un sistema distrital, aunque también se pueden desarrollar proyectos que consideren la instalación de sistemas de distribución en las edificaciones.
- En el caso particular de un proyecto que considere cogeneración, resulta favorable la existencia de uno o más clientes ancla que presente altos consumos de electricidad, o bien que tenga altos costos de suministro eléctrico.
- Diversidad en los perfiles de uso de energía en los usuarios finales. Esta condición permite que exista un suministro continuo de energía por parte de la central distrital, evitando grandes diferencias entre horas “punta” y horarios “valle” de demanda. También se puede analizar la conveniencia de suministrar calefacción y refrigeración para los usuarios finales en distintas épocas del año.

# Desarrollo de un proyecto calefacción distrital

En vista del impulso de proyectos de Energía Distrital en Chile, enfocados principalmente en calefacción distrital, se hace una revisión de las distintas fases y actividades para el desarrollo del proyecto. Algunos de los puntos indicados a continuación también podrían ser aplicables a redes de frío, lo que se detalla dentro del texto de cada actividad.

## 4.1 Actividades y resultados esperados para cada fase

A continuación se muestran de manera resumida las actividades mínimas requeridas para la implementación de un proyecto de calefacción distrital, incluyendo los procesos de planificación, operación y ciertos aspectos transversales para el proyecto.

		FASE	ACTIVIDADES	RESULTADOS PRINCIPALES
Planificación y construcción	PERFIL Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD		<ul style="list-style-type: none"><li>Definición de objetivos, alcance, barreras y liderazgo del proyecto.</li><li>Definición de potenciales zonas para suministro de calor.</li><li>Caracterización de clientes clave.</li><li>Primer layout: planta energética y distribución.</li><li>Análisis económico preliminar.</li><li>Consulta participativa (opcional)</li></ul>	Identificación de clientes clave. Zonas de suministro de calor. Layout con opciones del recorrido de la red. Pre factibilidad económica y técnica. Decisión de continuar.
	CONCEPTO E INGENIERÍA BÁSICA		<ul style="list-style-type: none"><li>Definición conceptual de la planta térmica y la red de distribución.</li><li>Obtención detalles de condiciones de conexión para clientes clave.</li><li>Evaluación de pequeños consumidores de calor y primeros contratos con clientes de calor.</li><li>Actualización del área de suministro de calor.</li><li>Segundo análisis económico, detallando las tarifas de conexión.</li><li>Decisión de continuar con la ingeniería de detalle.</li></ul>	Contratos preliminares clientes clave. Zonas de suministro de calor definidas. Costos de generación de calor. Tarifas de conexión. Ingeniería básica.
	PLANIFICACIÓN, INGENIERÍA DE DETALLE Y CONTRATACIÓN		<ul style="list-style-type: none"><li>Diseño de la red térmica.</li><li>Diseño de la central térmica, incluyendo sus accesorios y el almacenamiento de combustible.</li><li>Especificación técnica de las estaciones de transferencia.</li><li>Planos detallados para las distintas especialidades.</li><li>Obtención de los permisos de construcción.</li><li>Tercer análisis económico, actualizando las tarifas de conexión.</li><li>Elaboración de los términos de referencia (licitación, cuando corresponda).</li><li>Inicio del proceso licitatorio, si corresponde.</li><li>Adjudicación del contratista para la construcción.</li></ul>	Ingeniería de detalle. Permisos de construcción y otros permisos. Términos de referencia. Contratista adjudicada. Determinación final de los costos.
	CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN		<ul style="list-style-type: none"><li>Coordinación del calendario para la implementación.</li><li>Informes de avance del estado de obra.</li><li>Informes de calidad de ejecución de la obra.</li><li>Aprobación o recepción de la obra.</li></ul>	Aprobación de la obra. Adjudicación de clientes de calor.



Operación	PUESTA EN MARCHA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de datos e información.</li> <li>• Análisis y sistematización de los datos e información y protocolo de procedimiento y resultados.</li> <li>• Optimización e reparación de defectos previo a entrega final.</li> <li>• Entrega de documentación que respalde el funcionamiento de la planta.</li> </ul>	Optimización de la planta.
	OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales de operación de la planta.</li> <li>• Capacitación y formación del equipo técnico para el mantenimiento y operación.</li> </ul>	Planta en operación.
Transversal	VENTAS / MARKETING	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartas de interés de conexión de los potenciales clientes clave.</li> <li>• Contratos de suministro firmados con los clientes clave.</li> <li>• Cartas de interés / contratos para clientes menores.</li> <li>• Compromisos / contratos para potenciales edificios públicos que pudieran integrarse como clientes clave.</li> </ul>	Sustentabilidad del proyecto y plan de expansión.

Tabla 4-1: Actividades y resultados para la implementación de un proyecto de calefacción distrital

Este manual coloca un énfasis en la etapa de pre-inversión (fases 1 y 2), mientras que los detalles técnicos asociados a la ingeniería de detalles, ejecución y operación se referencian a través de la bibliografía o anexos técnicos.

## 4.2 Perfil y estudio de factibilidad

Antes de comenzar con los detalles técnicos, la negociación de los clientes o las consideraciones legales del proyecto, es importante contar con una idea bien definida de los alcances del proyecto: un “bosquejo” de lo que sería el resultado final. Esta etapa corresponde al perfil del proyecto, en donde se deben definir al menos los objetivos que se persiguen, el alcance de este, oportunidades, amenazas y el liderazgo del proyecto.

Aunque parezca un ejercicio académico, para un proyecto de tipo distrital es fundamental contar con una claridad absoluta en estos puntos, de manera de tener una línea de trabajo bien definida y optimizar los recursos que pudieran invertirse en las etapas posteriores de desarrollo del proyecto.

### Paso 1 Definición de objetivos, alcance, barreras y liderazgo del proyecto

En el primer paso de una planificación de una calefacción distrital, se tiene que tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Para los primeros desarrollos de calefacción distrital a en Chile, los objetivos no deberían ser muy ambiciosos, asegurando una excelencia en la operación y en el modelo económico. La experiencia internacional demuestra que los sistemas distritales comienzan con desarrollos simples y luego se van extendiendo a medida que las condiciones van justificando mayores inversiones.
- El liderazgo de un proyecto de calefacción distrital es una figura muy importante, debido a la incorporación de diversos actores, con diversos intereses y con distintos grados de compromiso. El liderazgo debe estar a cargo de una institución o persona con experiencia en el desarrollo de proyectos.

- Es fundamental identificar en conjunto con actores locales cuáles son las principales barreras locales que se podrían presentar a la hora de desarrollar un proyecto de estas características. El estar preparados para estas barreras puede significar importantes ahorros de recursos en etapas posteriores del proyecto.

- Se debe establecer el alcance del proyecto, definiendo los límites físicos y temporales del sistema. Este alcance puede variar en etapas posteriores, una vez que se tenga mayor información sobre las demandas, los clientes clave, etc.

#### Ejemplos de alcances:

- El proyecto buscará aprovechar el calor residual en una industria para utilizarlos en la generación de agua caliente, **por lo que el alcance territorial está acotado** a un radio de 9[km] de la industria.
- El proyecto considera abastecer a una zona urbana densamente poblada, por lo que se considera un **sistema de tri-generación** que permite **abastecer de** agua caliente sanitaria, **climatización y electricidad** a los usuarios conectados.

#### Ejemplos de barreras locales:

- El municipio no cuenta con experiencia en la concesión de bienes de uso público.
- El municipio no cuenta con la experiencia técnica para establecer condiciones técnicas en los términos de referencia para una licitación del sistema distrital.
- El Servicio de Vivienda y Urbanismo estima que la central de generación debe ser emplazada en un

sector de uso “industrial”, mientras que el Municipio estima que la central puede estar ubicada en un sector de “equipamiento”, o bien dentro de una edificación ubicada en un sector comercial.

- No existe ni la voluntad ni la coordinación entre los distintos organismos públicos locales para que pudieran integrarse a modo de clientes ancla y facilitar la rentabilidad del sistema.

El gobierno local debería ser capaz de identificar barreras locales que sean abordables internamente, y elaborar un plan para eliminar o disminuir estas barreras.

## Paso 2

### Definición de potenciales zonas para suministro de energía

Una zona potencial de suministro de energía es, por ejemplo, una localidad, un barrio, un sector con varios grandes clientes, o un único gran cliente sumado a zonas residenciales aledañas. La clasificación de una zona como potencial zona de suministro de energía se basa en los siguientes dos parámetros:

**Densidad de demanda térmica de referencia:** La densidad esperada de demanda de energía térmica (frío o calor) para los distintos tipos de edificaciones consideradas (urbanizaciones grandes, edificios públicos, industria, etc.).

**Condiciones geográficas:** Las condiciones geográficas habilitantes o inhabilitantes para la red de transmisión, como por ejemplo carreteras, vías férreas o cursos de agua.

El **mapa de calor o “heat map”** de la localidad o un catastro de la demanda energética, pueden servir como insumo para clasificar e identificar las zonas potenciales para el suministro de calor, en el caso de una red para calefacción distrital.

Es importante **identificar a los clientes clave** en una zona y atraerlos a la red de Energía Distrital. Los clientes clave se caracterizan por una demanda de potencia y energía relativamente alta. Por ejemplo, un cliente clave podría ser un consumidor que requiera una potencia térmica mayor a 50[kW], durante más de 2.000 horas al año. Algunos ejemplos de clientes claves podrían ser:

- Áreas de edificios y condominios de alta densidad.
- Edificios públicos, barrios cívicos.
- Industrias con requerimientos de calor de proceso.
- Áreas comerciales o de servicios.
- Barrios industriales.
- Hospitales o clínicas.
- Campus universitarios o grandes escuelas.

Cuando se tiene una zona potencial para el suministro de energía con muchos potenciales usuarios finales, estos pueden agruparse y tratarse como un único usuario final.

Es importante hacer notar a los clientes clave los distintos beneficios económicos y administrativos que conlleva la Energía Distrital. Además del principal argumento de venta, que podría ser un precio igual o menor de la energía utilizada en el caso base, también se deben resaltar la disponibilidad de espacios, la disminución de los costos de operación y mantención, la disminución de riesgos de accidentes por explosión e incendios, la liberación de recursos humanos utilizados para la compra de combustibles y contratación de empresas especializadas para mantenciones, entre otros.

La **densidad de demanda térmica** de referencia es una medida de la idoneidad de una zona para la conexión a una red de calefacción distrital. Establece el consumo de calor anual de todos los edificios en relación con la superficie de la zona:

$$\text{Densidad térmica de referencia} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ año}} \right] = \frac{\text{Suministro de energía térmica a clientes} \left[ \text{kWh} / \text{año} \right]}{\text{Área de la zona} [\text{m}^2]}$$

Con respecto a la **densidad térmica de referencia**, se puede mencionar lo siguiente:

- Por regla general, las zonas de viviendas unifamiliares no son económicamente interesantes.
- Las zonas de interés son las áreas de viviendas multifamiliares, los centros urbanos, zonas industriales o las zonas de construcción densa (grandes urbanizaciones).
- Una red de calefacción distrital para un único cliente clave es interesante sólo si las áreas circundantes tienen una alta densidad de demanda de calor.

De acuerdo a la literatura internacional<sup>15</sup> Una densidad térmica de referencia sobre los 70[kWh/m<sup>2</sup> · año] presenta condiciones favorables y atractivas para una red distrital. Dependiendo de la situación, las zonas con una densidad térmica de referencia inferior a 70[kWh/m<sup>2</sup> ] también podrían llegar a suministrarse con calefacción distrital a bajo costo de inversión y combustible, como se muestra en la Tabla 4-2.

15. Planungshandbuch Fernwärme – Energie Schweiz (2017)

Adecuación para la conexión térmica	Densidad térmica de referencia [kWh/m <sup>2</sup> año]
No adecuado	<50
Apto bajo ciertas condiciones	50 – 70
Adecuado	>70

Tabla 4-2: Requerimiento de densidad térmica para una zona como criterio de idoneidad. Fuente: Planungshandbuch Fernwärme – Energie Schweiz (2017)

Se debe tener especial cuidado con los valores de densidad térmica de referencia cuando se está analizando sectores residenciales, ya que la demanda de viviendas de muy mala calidad térmica podría distorsionar el resultado obtenido.



Las densidades térmicas de que se muestran son únicamente de referencia y no han sido validadas para el caso chileno. La conveniencia económica del proyecto deberá justificarse en etapas posteriores mediante un análisis de presupuesto y de flujos de caja.

En Chile existe el programa de “Comuna Energética”, impulsado por el Ministerio de Energía en el cual las comunas participantes han levantado información energética local sobre la oferta y demanda de calor. Esta podría ser una fuente útil de información para esta primera aproximación. Más información se puede encontrar en [www.minenergia.cl/comunaenergetica](http://www.minenergia.cl/comunaenergetica).



## Paso 3

### Caracterización de clientes clave

El objetivo de la **caracterización de clientes clave** es aclarar qué tan conveniente o no es para el proyecto la conexión o no de determinados clientes.

Sólo con clientes clave es factible conectar de forma económica una zona o área a una red de Energía Distrital, por lo que se recomienda el siguiente procedimiento:

- Motivar a los clientes clave a través de una

propuesta clara y atractiva en relación a la situación actual.

- Conseguir de los clientes clave una declaración de intención de conexión, con la finalidad de proporcionar seguridad en la planificación posterior.
- Definir el enrutamiento potencial para la red de distribución.
- Adquirir nuevos clientes potenciales a lo largo de la ruta.

La necesidad anual de calor para calefacción y agua caliente para cada edificio de forma individual se puede realizar utilizando uno de los siguientes métodos:

### 1. Estimación a través de superficie climatizada y demanda específica

Para este método, se suma la demanda específica de calefacción y la demanda específica de ACS<sup>16</sup> y se multiplican por el área útil de las edificaciones. En el Anexo A1.9 se incluye la fórmula general para la estimación de la necesidad térmica anual mediante este método y, además, se incluye una tabla con las demandas específicas por calefacción y ACS para cada zona térmica.

Las demandas específicas de calefacción están fuertemente influenciadas por los estándares de construcción de las edificaciones residenciales, las cuales aplican en Chile desde el año 2007 y difieren dependiendo de las zonas térmicas. Se deben considerar excepciones para edificaciones con requerimientos adicionales para la calidad de su envolvente térmica, como algunas de las ciudades en la zona centro sur, que poseen estándares propios de aislación térmica establecidos en los Planes de Descontaminación Atmosférica.

### 2. Estimación a través de inspección visual

Actualmente, Chile no posee estándares de construcción para edificaciones fuera del sector residencial, por lo que no resulta factible aplicar factores de demanda de energía para calefacción y/o refrigeración. En estos casos, se recomienda realizar una rápida evaluación de la envolvente de las edificaciones, para determinar una primera aproximación de las superficies de techo, muros y ventanas, que, en conjunto con las propiedades de las materialidades de los elementos, pueden proporcionar una primera estimación de las demandas de calefacción y/o refrigeración. La demanda de ACS se puede estimar dependiendo de la tipología del recinto, de acuerdo con lo indicado en el Anexo A1.9.

16. Se entiende como demanda específica a los requerimientos de energía anual por unidad de superficie



### 3. Solicitud de información de consumos

Cuando para el sistema distrital se considera un número reducido de edificaciones o cuando se requiere una evaluación específica de ciertos clientes, el análisis de las demandas de energía puede realizarse directamente a través de la solicitud de las facturas de combustibles y/o facturas eléctricas.

Para el caso de Chile, fuera del sector residencial no existen indicadores o bases de datos que permitan determinar las demandas específicas de energía térmica (calefacción, refrigeración, ACS). En estos casos, se recomienda apoyarse en estudios específicos del sector, como las curvas de conservación de los sectores asistencial y educacional elaboradas por el Ministerio de Energía, o los antecedentes técnicos del sistema de Certificación Edificio Sustentable del Instituto de la Construcción.



## Paso 4 Primer layout: Planta energética y distribución

Antes de definir los detalles técnicos y económicos del proyecto, se recomienda realizar un primer boceto del proyecto, incluyendo los sectores que presentan una concentración de demanda de calor, así como de potenciales industrias con residuos de calor y potenciales fuentes económicas para el abastecimiento de energía (geotermia, biomasa, solar, por ejemplo).

Otra alternativa rápida para elaborar un primer boceto del proyecto corresponde a las herramientas de visualización de demanda y oferta de energía, conocidas como heatmaps<sup>17</sup>, que están siendo desarrollados para su aplicación en distintas ciudades de Chile.

### Planta Energética

Se debe proponer al menos una tecnología para ser utilizada en la planta energética, en base a los recursos energéticos disponibles, y al alcance del proyecto. En la Tabla 4.3 se muestra una descripción cualitativa de distintas tecnologías para generación de energía para calefacción y refrigeración distrital.



17. Los heat maps corresponden a herramientas de información geográfica que permiten identificar zonas con alta demanda de energía térmica, a la vez que muestran información sobre la oferta de energéticos en el sector. Más información sobre la ubicación de los heatmaps y la metodología utilizada se puede encontrar en el portal [www.cogeneracioneficiente.cl](http://www.cogeneracioneficiente.cl), o bien en las páginas web de Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía o Ministerio de Medio Ambiente.

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	COMBUSTIBLE Y TECNOLOGÍA DE CONVERSIÓN	CONDICIONES Y CONSIDERACIONES DE APLICABILIDAD	BENEFICIOS
<b>GEOTÉRMICO</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Calor a partir de agua marina o napas subterráneas.</p> <p><b>Conversión:</b> Intercambiadores de calor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorable para el abastecimiento de la demanda base de calor.</li> <li>• Ubicación, profundidad y proximidad de pozos de recarga.</li> <li>• Potencial incertidumbre de la disponibilidad del recurso hasta el desabastecimiento del pozo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos operacionales bajos debido a que el “energético” es gratuito.</li> <li>• Fuente a partir de energías renovables y tecnología ambientalmente amigable con el medio ambiente con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Alta estabilidad operacional y con larga vida útil.</li> <li>• Proporciona la demanda base a partir de energías renovables.</li> </ul>
<b>WASTE TO ENERGY</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Residuos sólidos municipales (RSM) u otros residuos.</p> <p><b>Conversión:</b> Incineración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede requerir ser localizado alejado de la ciudad en virtud del potencial de contaminación atmosférica, sin embargo, las tecnologías modernas de incineración carecen de dicho requisito y son compatibles con emplazamientos dentro de las ciudades.</li> <li>• Algunos incineradores de residuos pueden producir electricidad para ser inyectada a la red, como calor para la red de calefacción distrital.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza la energía contenida en residuos no reciclables.</li> <li>• Los residuos sobrantes post proceso de incineración (cenizas, escoria) pueden ser utilizados para la industria de la construcción. Además, no producirán más metano.</li> <li>• Producen calor de muy bajo costo y frecuentemente fomentan el desarrollo de redes de calefacción distrital en las ciudades.</li> </ul>
<b>CALDERA INDUSTRIAL</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Gas natural, biogás, derivados del petróleo, electricidad, carbón, biomasa (astillas, pellets, etc.).</p> <p><b>Conversión:</b> Caldera de generación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependiendo del combustible, puede ser utilizado para cubrir las demandas peak (gas, carbón, electricidad) o para cubrir la demanda base (biomasa).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce los costos globales del sistema al suministrar cargas peak (gas, petróleo, carbón), la cual no es posible mediante fuentes de calor residuales como la cogeneración, incineradores de residuos o residuos industriales.</li> <li>• Si utilizan biomasa o biogás, proveen de energía renovable carbono neutral (biomasa a partir de manejo sustentable o mediante la utilización de fuentes locales tales como captura de biogás de vertederos).</li> </ul>
<b>RECUPERACIÓN DE CALOR RESIDUAL</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Calor residual de procesos industriales o calor de bajo grado de aguas residuales.</p> <p><b>Conversión:</b> Intercambiadores de calor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe considerar un bajo precio del calor residual.</li> <li>• Puede que el calor residual no pueda garantizar un abastecimiento continuo, requiriendo sistemas de respaldo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El reciclaje de la energía residual incrementa la eficiencia de las ciudades (como parte de una economía circular).</li> <li>• Para muchas ciudades, la calefacción distrital es la única tecnología que posibilita la utilización de calor residual de baja exergía.</li> </ul>
<b>COGENERACIÓN (CHP)</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Gas, biogás, biomasa, carbón, entre otros.</p> <p><b>Conversión:</b> Captura de calor de la segunda o tercera posterior a una turbina de vapor (o turbina a gas).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los contratos de compra de electricidad (PPA) puede que no reflejen los beneficios de la producción local.</li> <li>• Utilizado idealmente para cubrir la demanda base pudiendo además operar de acuerdo a la demanda instantánea o el precio de la electricidad. Su uso es más favorable en combinación con calderas y sistemas de almacenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fomenta la calefacción distrital debido a que produce electricidad de alta exergía a nivel local en combinación con calor residual. Incrementa considerablemente la eficiencia energética primaria de los sistemas de generación térmica y eléctrica.</li> <li>• Proporcionan a las redes de distrito una producción de calor centralizada y de gran tamaño que puede, en caso de ser necesario, permitir un cambio de combustible rentable en el futuro.</li> </ul>

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA	COMBUSTIBLE Y TECNOLOGÍA DE CONVERSIÓN	CONDICIONES Y CONSIDERACIONES DE APLICABILIDAD	BENEFICIOS
<b>CHILLERS ELÉCTRICOS</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Electricidad.</p> <p><b>Conversión:</b> Chillers eléctricos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere, aunque menos, electricidad para refrigerar.</li> <li>• Se deben considerar cualquier tipo de subsidios por consumo eléctrico con el fin de asegurar su competitividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poseen típicamente COPs mayores que los sistemas residenciales y comerciales de aire acondicionado, inclusive llegando a 7 en comparación con los COPs los residenciales y comerciales que se encuentran en el rango entre 2 y 4.</li> <li>• Utilizan refrigerantes con un potencial menor de calentamiento global (GWP) en comparación con los sistemas descentralizados de aire acondicionado.</li> </ul>
<b>REFRIGERACIÓN GRATUITA (FREE COOLING)</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Agua a baja temperatura proveniente del océano, lagos, ríos o acuíferos; Residuos refrigerados de fuentes tales como terminales de gas natural licuado (GNL); Bombeo probablemente a partir de electricidad.</p> <p><b>Conversión:</b> Intercambiador de calor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la demanda energética es alta, puede requerir sistemas de respaldo.</li> <li>• La planta se encuentra cercana a las edificaciones donde se transporta el agua.</li> <li>• Requiere fuentes apropiadas de refrigeración.</li> <li>• Conlleva a costos por permisos ambientales.</li> <li>• El suministro de refrigeración puede ser estacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza energías renovables con bajas emisiones de carbono.</li> <li>• Hace uso eléctrico altamente eficiente, reduciendo el consumo del sistema de refrigeración, particularmente en momentos de demanda peak, el cual puede reducir la necesidad de mejoras en la infraestructura eléctrica.</li> <li>• No utiliza refrigerantes perjudiciales para el medio ambiente, exceptuando cuando el suministro de agua no es lo suficientemente fría.</li> </ul>
<b>CHILLER DE ABSORCIÓN A PARTIR DE SUPERÁVIT DE ENERGÍA TÉRMICA O FUENTES RENOVABLES</b>	<p><b>Fuente de combustible:</b> Superávit de energía térmica por incineración de residuos, procesos industriales o producción eléctrica.</p> <p><b>Conversión:</b> Chillers por absorción integrada con fuentes de calor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los procesos de absorción utilizan frecuentemente calor residual, posibilitando altos niveles de eficiencia energética primaria.</li> <li>• Puede ser combinado con cogeneración para producir frío, calor, y electricidad (trigeneración).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debido a que la demanda de calor es estacional y baja durante el verano, la producción de frío mediante chillers de absorción posibilita mayores rentabilidades mediante una planta de trigeneración.</li> <li>• Particularmente relevante en países cálidos donde en combinación con centrales de generación eléctrica permite la producción de frío exactamente cuando existe una mayor demanda de energía.</li> <li>• No utilizan refrigerantes perjudiciales para el medio ambiente.</li> </ul>

Tabla 4-3: Descripción cualitativa de las tecnologías de generación para una central de refrigeración. Fuente: Adaptado de District Energy in Cities, PNUMA

Los sistemas de calefacción distrital que abastecen a los usuarios con fluidos de baja temperatura poseen principalmente dos beneficios: alta eficiencia y alta compatibilidad con energías renovables y calor residual. El uso de menores temperaturas reduce en hasta un 75% las pérdidas de energía en la distribución<sup>18</sup>, mientras que el uso de temperaturas de abastecimiento menores a 60°C posibilitan el uso de recursos renovables o no convencionales, tales como bombas de calor, calor residual, condensación a partir de gases de combustión, colectores solares térmicos, etc. **Sin embargo, estos sistemas son adecuados solo para edificaciones de bajo consumo energético: 40 – 70 kWh/(m<sup>2</sup>-a)<sup>19</sup>.**



Se deben considerar los niveles de emisión de cada tecnología, de manera que estas cumplan con los requerimientos de los Planes de Descontaminación Atmosférica. Cuando sea necesario, se pueden aplicar mecanismos adicionales de reducción de emisiones.



18. Li, H., & Wang, S. J. (2014). Challenges in smart low-temperature district heating development. Energy Procedia, 61, 1472-1475.

19. Low energy building, passive building a.s.o. - Planet GDZ AG (2010)



Para dimensionar el tamaño de la planta, en esta etapa se pueden utilizar dos métodos:

**1. Factor de simultaneidad o de diversidad de la demanda:** Independiente del método utilizado para establecer las demandas térmicas de los distintos edificios, al momento de dimensionar la potencia de la central térmica se debería considerar la diversidad de los consumos (es decir, que las demandas máximas de los distintos usuarios no ocurren al mismo tiempo). De esta manera, la central y la distribución estarán dimensionadas para una carga máxima que es menor a la suma de las demandas individuales de todos los usuarios.

El factor de diversidad de la demanda dependerá de las características de los consumidores del sistema distrital, y del número de edificaciones conectadas. De acuerdo a ASHRAE<sup>20</sup>, la determinación de este valor es “más arte que una ciencia” y se debería estar consciente de lo que se asume al establecer este valor. Este mismo documento indica valores que aparecen en la literatura internacional: un factor de 0,8 para calefacción de espacios y un factor de 0,65 para la generación de ACS, los que pueden ser reducidos en un 10% para sistemas de agua de alta temperatura, y en el caso de los sistemas de calefacción a baja temperatura, se indica que el factor podría estar entre 0,57 y 0,79, con un promedio de 0,685.

**2. Elaboración de curvas características de duración de la demanda:** Para elaborar esta curva, es necesario contar con los perfiles de demanda de energía térmica de los distintos usuarios del sistema. La curva de duración de la demanda es el resultado del apilamiento de los perfiles de demanda de calefacción, ACS, calor de procesos y pérdidas en la distribución del calor. Se puede utilizar para determinar la potencia calorífica necesaria para todo el sistema a una temperatura de diseño.

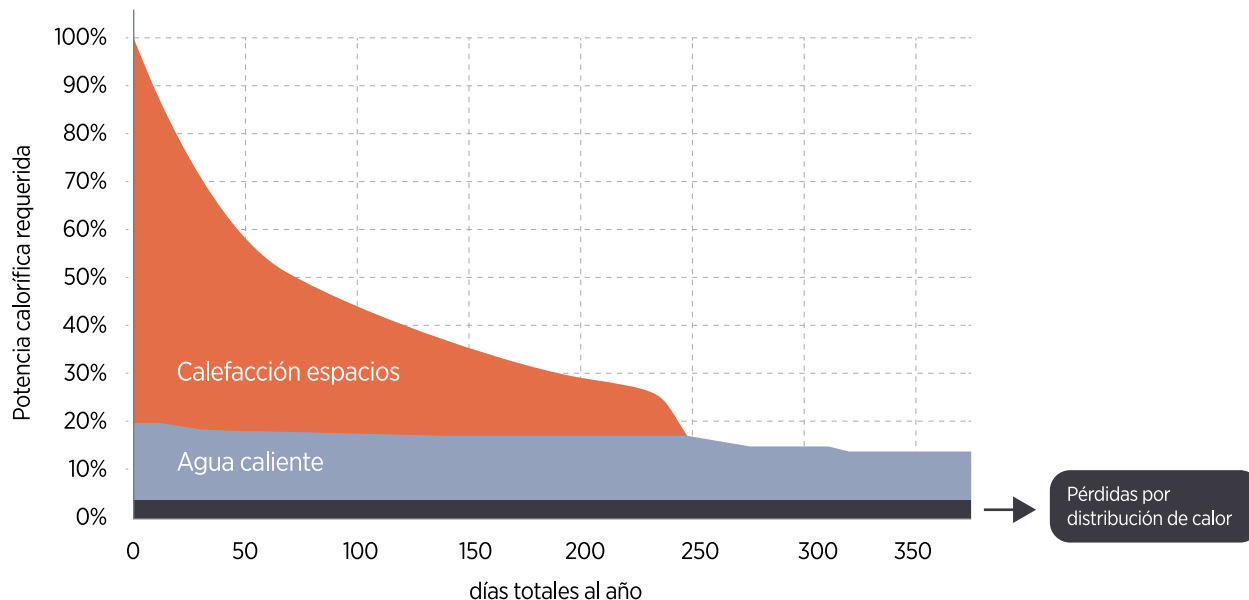


Figura 4-1: Curva característica de carga térmica anual

A nivel nacional existe poca información sobre los perfiles de demanda típicos para las distintas tipologías de edificios, por lo que se debe recurrir a encuestas o bien a la literatura internacional.

Se debe tener en cuenta durante la etapa de prefactibilidad las potenciales ampliaciones de la red de distribución, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

En esta etapa también se pueden evaluar a nivel de idea potenciales incentivos a la eficiencia energética en las viviendas, que permitan por ejemplo, ampliar la cobertura de un sistema distrital utilizando la misma potencia de generación térmica



## Distribución

En una primera instancia, es recomendable poder identificar al menos 2 o 3 alternativas distintas de recorridos o sectores de alta densidad, para evaluar en las siguientes fases cuál es la que podría tener un mejor desempeño técnico – económico. El layout debería responder a las siguientes preguntas:

### 1. ¿Dónde están ubicadas las mayores demandas de energía térmica?

Ejemplo: Hospitales, edificios públicos, sector residencial de construcción en altura, barrios industriales, etc.

### 2. ¿Existen industrias que tengan residuos de calor?

Ejemplo: Dentro de un territorio se podrían identificar centrales termoeléctricas, industrias manufactureras, o centros comerciales que tienen excedentes térmicos que no son aprovechados.

### 3. ¿Cuáles son los posibles caminos que podría seguir la red de distribución? ¿Es posible evitar caminos construidos recientemente? ¿Existen obras viales programadas que puedan “aprovecharse” para reducir los costos de la red de distribución?

Ejemplo: Se tiene programada la renovación/repación de un tramo de alcantarillado, instancia que podría aprovecharse para el tendido de las redes de distribución, con la consiguiente reducción de costos.

Las pérdidas de energía por distribución son también un parámetro importante, que influirá posteriormente en el análisis económico del sistema. Estas pérdidas dependen de los siguientes factores:

- Dimensiones de y espesor del aislamiento de las tuberías.
- Características del suelo.
- Temperatura de los caudales de suministro y de retorno.
- Densidad o número de conexiones totales.
- Tiempo de funcionamiento (operación estacional o durante todo el año).

En funcionamiento, las pérdidas de energía por distribución se determinan como la diferencia entre la cantidad de energía suministrada por la central de generación a la red de distribución y la cantidad de calor contabilizada por todos los consumidores de calor.

Se recomienda que las pérdidas totales por distribución no superen un 10 % del calor generado. Para alcanzar este objetivo, la literatura internacional recomienda las densidades de conexión indicadas en la Tabla 4-4, para distintos modos de funcionamiento, para temperaturas de flujo típicas en calefacción.

Temperatura de flujo	Modo de funcionamiento	Densidad de conexión [MWh/(año•m)]
70-90°C	Funcionamiento anual incluye agua caliente.	> 1.8
	Funcionamiento sólo durante periodo de calefacción, incluyendo agua caliente.	> 1.3
	Sólo periodo de calefacción, sin incluir agua caliente.	> 0.8

Tabla 4-4: Densidad de conexión recomendada para la distribución de calor considerando pérdidas de energía menores al 10% en la distribución de calor. Fuente: Planungshandbuch Fernwärme – Energie Schweiz (2017)

Si las pérdidas anuales de distribución de calor en la construcción final son superiores al 10%, la primera prioridad debe ser aumentar la densidad de conexión. Esto genera una mayor eficiencia térmica en el sentido de que para cada metro de tubería se aumenta la relación entre el calor útil entregado y las pérdidas por transmisión. Esto a su vez genera una mejora en la eficiencia económica global. Es necesario examinar cómo las mayores pérdidas de calor tendrán un efecto a largo plazo en la eficiencia económica, especialmente con respecto a los posibles aumentos de los precios del combustible.

## Paso 5

### Análisis económico preliminar

Resulta evidente que para las redes de calefacción distrital, se tendrá un beneficio económico si los ingresos procedentes de la venta de calor superan los costos de producción de calor, de capital y de operación (más detalles en el capítulo 6.7).

Un indicador importante para estimar si una red de calefacción distrital puede ser económicamente rentable, es la densidad de conexión, equivalente al concepto de “Demanda de Energía por Metro Lineal” mencionado en la sección 3.1, pero ahora calculado sobre los edificios en particular que podrían conectarse.

La densidad de conexión se define como la relación entre la cantidad de calor anual vendido o entregado, en unidades de [MWh/año], y la longitud total de las líneas de conexión principal, secundaria y domiciliaria, en metros:

$$\text{Densidad de conexión} \left[ \frac{\text{MWh}}{\text{año} \cdot \text{m}} \right] = \frac{\text{Suministro de calor a clientes de calefacción} \left[ \text{MWh/año} \right]}{\text{Longitud de la ruta} [\text{m}]}$$

La experiencia internacional<sup>21</sup> indica que las zonas de suministro de calor con una densidad de conexión < 2 [MWh/(año•m)] se consideran generalmente poco atractivas en la fase final de construcción.

En la Tabla 4-5 se muestra a modo de referencia las **densidades de conexión mínimas** recomendadas para hacer una primera evaluación económica del sistema distrital, en el cual se distinguen dos escenarios:

- Escenario de “Condiciones Favorables”, en donde se tienen fuentes de energía a muy buen precio (como la biomasa en algunas ciudades, geotermia, o energía solar), o bien condiciones constructivas que permiten la disminución de costos de inversión (aprovechamiento de trabajos de intervención existentes, infraestructura existente) o bien condiciones financieras favorables. En este caso, se pueden considerar densidades de conexión menores como indica la Tabla 4-5.
- Escenario de “Condiciones desfavorables”, que no cuenta con ninguna de las condiciones mencionadas para el escenario favorable.

Estados de expansión	Densidad de conexión de distribución de calor	
	Condiciones favorables [MWh/(año•m)]	Condiciones desfavorables [MWh/(año•m)]
Primera etapa	> 0.7	> 1.4
Etapas de expansión	> 1.2	> 2.0

Tabla 4-5: Densidad de conexión recomendada de la distribución del calor utilizados en Suiza.  
Fuente: Planungshandbuch Fernwärme – Energie Schweiz (2017)

Se debe recalcar que los indicadores mencionados son únicamente a modo de referencia y que la viabilidad económica del proyecto debe comprobarse mediante las herramientas técnicas y financieras disponibles.

La conexión de **pequeños consumidores** en las inmediaciones o a lo largo de una ruta normalmente es poco crítica en términos de eficiencia económica. Sin embargo, si un pequeño consumidor se encuentra lejos de la próxima línea principal o secundaria, se reduce la densidad de conexión, haciéndola poco atractiva, por lo que debe ser específicamente evaluada. La conexión sólo se puede atribuir a una participación en costos de conexión adicionales o aumento del precio del calor.

21. Planungshandbuch Fernwärme – Energie Schweiz (2017)



Con respecto a los **costos de inversión**, en la Figura 4-2 se muestran costos de referencia para la inversión en el sistema en función de la densidad de conexión, y del tipo de escenario, favorable o desfavorable. Los costos mostrados en la figura incluyen los costos de los equipos de la central térmica, la red de transmisión y la estación de transferencia.

En la figura también se muestra una estimación de los costos usuales o esperados para la primera etapa y la etapa de expansión. Estos costos se deben tomar únicamente como referencia, ya que los costos reales deben ser analizados para el caso nacional.

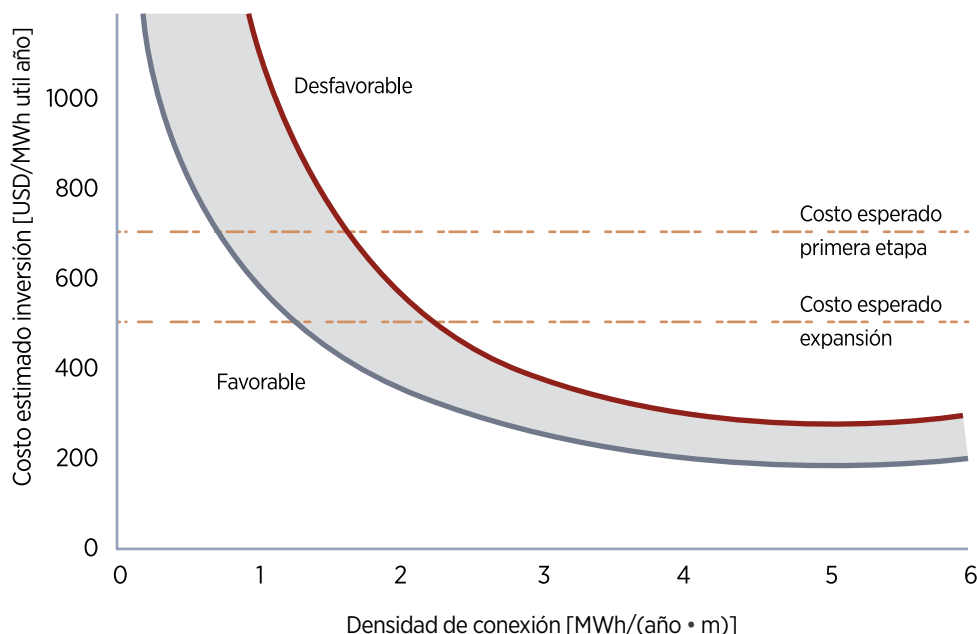


Figura 4-2: Costos de inversión específicos de la distribución del calor en función de la densidad de conexión, en un sistema de calefacción distrital. Fuente: *Plnungshandbuch Fernwärme - Energie Schweiz* (2017)

En el caso de nuevos desarrollos urbanos o inmobiliarios, los costos de inversión pueden ser significativamente menores con respecto al caso de un desarrollo en urbanizaciones existentes.

Con respecto a los costos de operación que se deben considerar dentro de este primer análisis económico, una vez calculada la necesidad anual de energía por los usuarios finales, es posible estimar los costos anuales del energético, que debe incluir las pérdidas en la generación y en la distribución.

Es importante evaluar las características de los potenciales suministros de energía, incluyendo su precio, disponibilidad en la zona de evaluación, calidad, contenido energético, etc. Algunos tipos de energéticos que se pueden considerar en la evaluación son, por ejemplo:

- Calor residual
- Biomasa
- Energía geotérmica (bombas de calor)
- Gas licuado / Gas natural
- Energía Solar
- Combustibles líquidos

Para evaluar de manera precisa la eficiencia económica de un sistema de calefacción distrital, es necesario realizar un **análisis de la demanda anual de calor y de las necesidades de producción de calor**, junto con una **evaluación económica a través de flujos de caja**. A partir de este análisis, de los costos de producción de calor y de los costos anuales para una vida útil de, por ejemplo, 20 años, se obtiene la proyección financiera del proyecto.

Sin perjuicio de lo anterior, los proyectos de calefacción distrital tienen vidas útiles que van entre 40 y 50 años<sup>22</sup>.

**En el Anexo A1.5, se incluye un Checklist para la etapa de Perfil y Estudio de Factibilidad.**

## 4.3 Concepto e Ingeniería básica

Tiene como objetivo identificar una o más opciones para el desarrollo del proyecto de Energía Distrital, cuya implementación sea factible económicamente. Para la evaluación del proyecto en la etapa de ingeniería básica, se compila una base de datos de potenciales consumidores de calor para el cálculo de la red de calefacción y su optimización. Sobre esta base de datos, se concretará el área que el sistema distrital deberá abastecer, identificando además posibles ubicaciones para la central de energía térmica y potenciales recorridos para la red de tuberías de distribución.

Para una mayor seguridad en la planificación del sistema, debe garantizarse el mayor grado posible de cobertura de las ventas de energía al inicio de la operación del sistema, mediante garantías escritas. Estas garantías pueden ser mediante declaraciones de intenciones de parte de los usuarios finales, o bien mediante acuerdos que establezcan que el contrato es válido si se logra un cierto precio de la energía.

### Paso 1

#### Definición conceptual de la planta energética y la red de distribución

Para poder definir la planta térmica y la red de distribución, se deben tomar en consideración los siguientes aspectos:



En la tabla 4-3 se muestra un análisis cualitativo para las distintas tecnologías que pueden considerarse en la central de generación.

## **¡Calefacción distrital a partir de cogeneración es sinónimo de alta eficiencia!**

Al utilizar una central de Cogeneración como parte de un sistema de Energía Distrital, se genera de forma simultánea energía eléctrica y térmica, logrando así un incremento en la eficiencia global del sistema, en comparación a tecnologías convencionales. Esto permite reducir el consumo de combustible primario y las emisiones gases de efecto invernadero a nivel país.

La cogeneración es una excelente opción en regiones donde los precios de la energía eléctrica son elevados en comparación al precio de los combustibles, dado que la energía eléctrica cogenerada se obtiene a un menor costo en comparación a la abastecida por la red de distribución, generando así mayores ahorros monetarios y una amortización del proyecto en un menor plazo.

Existe en Chile un alto potencial en cuanto al desarrollo de la Cogeneración Eficiente, sin embargo, esta tecnología aún es en gran parte desconocida. Diferentes estudios demuestran la existencia de un potencial significativo, y es por esto que el Ministerio de Energía, la Agencia de Sostenibilidad Energética y la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), en el marco de la iniciativa internacional de protección del clima (ICI) financiado por el Ministerio de Medio Ambiente de Alemania (BMUB), trabajan en un proyecto conjunto que tiene por objetivo apoyar el desarrollo del mercado e impulsar la instalación de cogeneración eficiente en la industria y el comercio.

Entre las más importantes líneas de acción en este proyecto, se encuentran el apoyar el marco regulatorio y normativo, la elaboración de estudios de mercado y evaluaciones técnico-económicas, la creación de capacidades técnicas locales, la realización de proyectos pilotos, conducción de seminarios y diseminación de experiencias, promoviendo así la tecnología de la cogeneración y contribuyendo además a la reducción de emisiones.

Para mayor información sobre los Programas de Cogeneración en Chile, visite la página [www.cogeneracioneficiente.cl](http://www.cogeneracioneficiente.cl)





## Paso 2

### Obtención detalles de condiciones de conexión para clientes clave

Para poder caracterizar en esta etapa a los potenciales usuarios del sistema distrital, se deben tener en consideración al menos los siguientes parámetros:

Interés de conexión.	Inmediatamente, en los próximos 5 años, más tarde, sin conexión.
Información sobre la potencia calorífica requerida y la demanda anual de calefacción.	Tanto para calefacción, agua caliente y calor para procesos, mediante información primaria.
Información sobre la central de generación de calor.	Combustible, año de construcción, eficiencia, consumo.
Información sobre el sistema de tratamiento de agua caliente sanitaria.	Equipo eléctrico descentralizado, central mediante caldera, funcionamiento estacional, continuo, etc.
Información sobre el sistema de la edificación.	Número de circuitos de calefacción, radiadores, suelo radiante, temperaturas de operación.
Nivel de temperatura requerido.	En relación a la temperatura de confort para calefacción, temperatura requerida para los procesos y agua caliente.
Información sobre planes de reestructuración.	Identificación de posibles cambios futuros en la demanda (por ejemplo, ampliaciones, iniciativas de eficiencia energética, etc.)
Área de referencia energética.	En base a la información levantada, actualizar la demanda anual de energía.

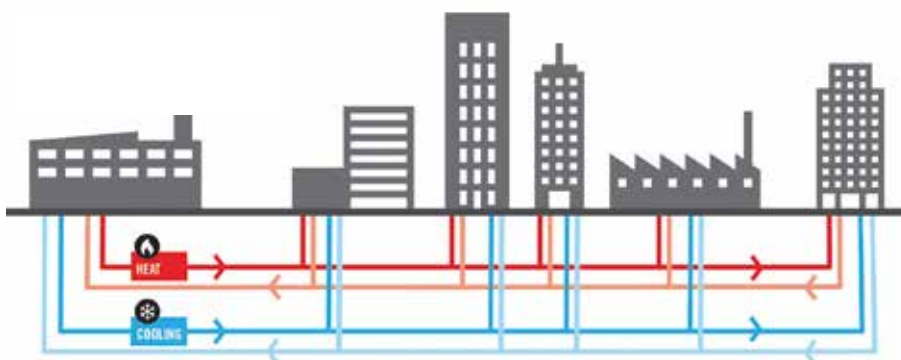
A medida que avance el proyecto, se debe garantizar un alto porcentaje de las ventas de calor mediante declaraciones de intenciones o contratos de suministro de calor firmados. **Como recomendación, el 70% de las ventas anuales de calor debería ser asegurado contractualmente al inicio de las obras de construcción<sup>23</sup>.**



## Paso 3:

### Evaluación de pequeños consumidores de calor

Los pequeños consumidores de calor se deben considerar inicialmente como clientes complementarios del sistema, los cuales se anclan de las redes planificadas para los clientes clave mediante ramales adicionales. De esta manera, el sistema aumentará la demanda anual de energía, pero disminuirá la densidad energética por metro lineal de red (o superficie). Sin perjuicio de lo anterior, resulta importante mencionar que en general los pequeños consumidores presentan distintos perfiles de consumo que los clientes clave, por lo que su incorporación podría aportar a la estabilización de la demanda, aumentando la eficiencia del sistema. En etapas iniciales se recomienda estimar sus demandas y, una vez firmado los contratos de suministro de calor con los clientes clave, hacer un levantamiento de información en mayor detalle mediante, por ejemplo, una encuesta a una muestra representativa.



23. Planungshandbuch Fernwärme – Energie Schweiz (2017)



## Paso 4: Actualización del área de suministro de calor

Basándose en la evaluación de clientes claves y pequeños consumidores de calor, se puede actualizar el área de suministro de calor definida previamente.

Para el área de suministro de calor, es necesario encontrar una localización adecuada para la central térmica y definir la ruta de las tuberías de la calefacción distrital. Por regla general, es ventajoso desde el punto de vista económico disponer de una ubicación central de la planta en el área de suministro de calor, reduciendo la longitud de las redes de distribución, pero teniendo en cuenta los cambios de dirección, desvíos y obstáculos existentes.

## Paso 5: Segundo análisis económico, detallando las tarifas de conexión

En esta etapa, la evaluación económica será en mayor profundidad que la realizada en la etapa de factibilidad, utilizando información más detallada sobre la demanda de energía para los usuarios finales, incluyendo las posibles variantes que aún pudiera haber en el diseño y los costos promedio de generación de energía térmica.

Se deberá nuevamente hacer una evaluación económica del proyecto, utilizando flujos de caja que consideren las tarifas a cobrar a los usuarios finales. Con esto se obtendrá una estimación de los ingresos planificados para cada año del periodo de evaluación y se evita tener pérdidas inesperadas al inicio del proyecto que puedan provocar, por ejemplo, problemas de liquidez.

El control de rentabilidad será luego supervisado durante la vida útil de la instalación con el objetivo de identificar posibles optimizaciones de costos.

Hay que tener en cuenta además que el marketing y la adquisición de clientes pueden llevar mucho tiempo hasta la conclusión del contrato, por lo que debe ser considerada en las etapas iniciales de los proyectos.

## Paso 6: Decisión de continuar con la ingeniería de detalle

Se espera que con la información y las conclusiones elaboradas durante esta etapa, el mandante o inversionista pueda tomar la decisión si continuar con las fases siguientes, correspondientes a la etapa de inversión.

En este punto, el mandante o inversionista deberá decidir en cuál de las etapas posteriores se le entrega el control a la empresa de servicios (ESCO), o al operador del sistema. Una opción frecuentemente utilizada es que la ESCO está a cargo de las etapas de ingeniería de detalle hasta la operación, y será la responsable de asegurar la conexión de los clientes y negociar los términos del contrato. Una segunda alternativa es que la ESCO es responsable únicamente de la operación del sistema, mientras que el aseguramiento de los clientes y la ingeniería de detalles es aún responsabilidad del impulsor de la iniciativa.

Una vez definido el trazado de las redes de distribución, se deben definir las instancias que se utilizarán para obtener la concesión del uso del subsuelo (ver capítulo 5).

Por otro lado, una vez definida la tecnología y los equipos a ser utilizados, se debe evaluar el permiso para su operación en el territorio nacional, a través de la SEC, y la autorización sanitaria a través del Ministerio de Salud.

Además, se deberá evaluar y certificar que la iniciativa se encuentra en condiciones de cumplir con los requisitos ambientales aplicables a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Para ello, se deberá realizar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Estudio de Impacto Ambiental (EIA) dependiendo de la pertinencia del proyecto. En general, los proyectos de Energía Distrital que deben someterse a un EIA, serán aquellos que contemplen centrales generadoras de energía mayores a 3 MW, líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje, proyectos que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas y obras que se concionen para construir y explotar el subsuelo de Bienes Nacionales de Uso Público. En el artículo 3° del Reglamento del SEIA se listan estos proyectos, estableciéndose criterios que determinan su naturaleza y alcance.

Por último, una vez definida la ubicación de la central térmica, se deben realizar los trámites respectivos frente a la municipalidad para la obtención del permiso de construcción.



En el Anexo A1.6, se incluye un Checklist para la etapa de Concepto e Ingeniería Básica.



## 4.4 Planificación, Ingeniería de detalle y contratación

El objetivo de esta fase es planificar y preparar el proyecto de calefacción distrital con el objetivo de evitar tener mayores problemas durante la construcción.

Esta fase puede ser llevada a cabo por una empresa de ingeniería especialista, o bien por la misma ESCO que pudiera haber sido seleccionada para llevar a cabo el proyecto.

Las tareas se resumen en los siguientes puntos:

- Diseñar la red de calefacción (sistema de tuberías, dimensionamiento, etc).
- Especificar estaciones de transferencia de acuerdo con las demandas térmicas.
- Elaborar los planos detallados para las distintas especialidades.
- Elaborar los términos de referencia y publicar la licitación, cuando sea necesario.
- Elaborar el contrato y adjudicar propuesta.
- Asistencia en la evaluación económica.
- Determinar las especificaciones técnicas de las distintas especialidades (calefacción, red de distribución, obras civiles, eléctrica, agua potable, entre otras).

Un prerequisite para un proyecto exitoso es contar con una estrategia clara de información y comunicación, definiendo reglas claras para esto.

### Paso 1 Diseño de la red térmica

En este paso se planifica, diseña, especifica y calcula la red térmica de calefacción distrital, teniendo en cuenta lo siguiente:

#### Determinación del estándar de diseño de la red de calefacción:

- Determinación del estándar de diseño de la red de calefacción.
- Elegir el sistema de tuberías y del estándar de aislamiento de las tuberías.
- Aclarar situaciones de instalación y determinar procedimientos de instalación.
- Determinar los accesorios necesarios.
- Determinar los sistemas de control, comunicación de datos y el control de fugas.
- Dimensionamiento de las redes de distribución.
- Diseño de bombas de distribución de acuerdo a la presión disponible del consumidor crítico.
- Especificación técnica detallada de válvulas y otros equipos de seguridad.

- Actualización de la información utilizada para la solicitud de permisos (en caso de ser necesario).

#### Desarrollo de planos:

- Planos de la situación de la red térmica (1:200/1:500).
- Perfiles de longitud.
- Perfiles de las zanjas.



Existen diversos proveedores de tuberías especializadas para Energía Distrital. Estos cuentan con recomendaciones propias para los tipos de tubería que deben ser consideradas. El nivel de aislamiento, la configuración de las tuberías (simples o dobles) y su materialidad, dependerán de los caudales y las temperaturas consideradas para el sistema distrital.

Los proveedores de tuberías también cuentan con recomendaciones especializadas sobre la profundidad a la que deben ser enterradas las tuberías, los procedimientos de soldadura, los radios de curvatura máximos, etc.

### Paso 2 Diseño de la central térmica, incluyendo sus accesorios y el almacenamiento de combustible

- Diseño y dimensionamiento de la central térmica y sistemas de almacenamiento de acuerdo a la demanda energética esperada y los perfiles de consumo.
- Diseño y dimensionamiento de los sistemas de control de emisiones.
- Diseño y dimensionamiento de los sistemas de alimentación de combustible.
- Diseño y dimensionamiento de los sistemas de almacenamiento de combustible (silo, tanques, etc.), incluyendo los aspectos de seguridad.
- Determinación de las características mínimas que debe cumplir el combustible.
- Establecer la logística para la entrega de combustibles en la central.
- Establecer compatibilidad de las características de la generación térmica con el diseño de las redes de distribución (caudal, temperatura y presión).

### Paso 3

#### Especificación técnica de las estaciones de transferencia

El dimensionamiento y especificaciones de las estaciones de transferencia dependerán de la demanda esperada en cada una de las edificaciones, siendo estas capaces de suministrar los caudales necesarios para cumplir con la demanda máxima anual, incluyendo un sobredimensionamiento de seguridad.

Se deberán establecer todos los aspectos técnicamente relevantes tales como el tipo de conexión, eficiencia del intercambiador de calor, resistencia a la presión y a la temperatura, dispositivos de seguridad, materiales, aislamiento térmico, transmisión de datos, etc. Finalmente, se debe calendarizar la implementación de los sistemas con el cliente.

### Paso 4

#### Obtención de los permisos de construcción

Esta etapa es clave para la implementación del proyecto, ya que la falta de permisos o la tardanza en su obtención conllevan a mayores costos o inclusive la suspensión de las obras. Para ello, se deben compilar todos los documentos necesarios para la entrega, de los cuales es necesario contar con planos, formularios y memorias de cálculo, entre otros. El procedimiento de obtención del permiso de construcción debe ser aclarado de antemano por el Municipio correspondiente. Más detalles sobre los organismos encargados de los permisos se pueden encontrar en la sección 5.3.

### Paso 5

#### Tercer análisis económico, actualizando las tarifas de conexión

Corresponde a una evaluación económica en profundidad en la cual no solo se considerarán las variantes en la planificación del diseño y los costos medios de generación, sino que también se incluirá un balance presupuestario y una declaración de ingresos planificados para cada año del periodo de observación. El control de rentabilidad será luego supervisado durante la vida útil de la instalación con el objetivo de identificar posibles optimizaciones de costos.

### Paso 6

#### Licitación para la construcción

Para la licitación de la construcción de la central térmica y las redes de distribución, se deben elaborar sus términos de referencia, los cuales deberán contener al menos los componentes que se enumeran a continuación:

- Elaboración de planos de licitación para la construcción de obras públicas y tuberías
  - o Gradiente.
  - o Materiales.
  - o Recubrimiento.
  - o Estructuras especiales (por ejemplo, ejes).
  - o Medición de flujo.
  - o Descarga y ventilación.
  - o Seccionamiento (válvulas de cierre).
  - o Medidas compensatorias o de mitigación por las obras.
  - o Dimensiones para ingeniería civil y construcción de tuberías.
- Instrucciones para soldar las tuberías de servicio, si se dispone de la calificación de procedimiento.
- Calificación y certificación del personal en general, para personal calificado y empresas contratadas.
- Certificados de los soldadores de acero y plástico, así como muestras de su trabajo. Lo mismo para los instaladores de válvulas y fittings que se instalan después de la aislación térmica.

Por regla general, las estaciones de transferencia no forman parte de la licitación de la red de calefacción distrital. Dependiendo del alcance del pedido, puede ser necesaria una licitación independiente. La fase de licitación finaliza con el control y comparación de las ofertas y recomendación al cliente.

### Paso 7

#### Inicio del proceso licitatorio

En el caso de los clientes públicos, se debe hacer una licitación pública. En el caso de los clientes privados, se elabora una lista con posibles contratistas los cuales serán invitados a participar en el proceso de la licitación. Cuando se proyecta que la ejecución del sistema de Energía Distrital sea de manera simultánea a la construcción de las edificaciones, se debe evaluar la conveniencia de realizar una licitación conjunta, considerando plazos y costos.

La fase de licitación finaliza con la evaluación y la comparación de las propuestas para hacer una recomendación al cliente.

### Paso 8

#### Adjudicación del contratista para la construcción

Basándose en las propuestas presentadas, se pueden asignar los paquetes de trabajo para la construcción de la calefacción distrital.

En el Anexo A 1.7, se incluye un Checklist para la etapa de Ingeniería de Detalle y Proceso Licitatorio.

## 4.5 Construcción

La tarea principal durante la ejecución es supervisar la construcción. Esto sirve para una ejecución oportuna y profesional, así como para la coordinación superior de la construcción. Eso incluye:

- Organización de la obra:
  - Organizar la reunión o inspección inicial con las autoridades y empresarios en el sitio y mantener registros.
  - Concertar citas y coordinar las actividades.
- Coordinar y gestionar las reuniones para la construcción (estado del proyecto, interfaces entre proveedores individuales, calendario, etc).
- Informar al cliente sobre el progreso del proyecto.
- Comprobación de las ejecuciones, eventualmente aprobación de subsistemas individuales.

El proceso de supervisión de la obra se recomienda que sea llevado a cabo por un profesional o una empresa con experiencia en proyectos de centrales térmicas, y un profesional con experiencia en redes de distribución. La etapa de construcción finaliza con la recepción y aprobación de la planta.

## 4.6 Puesta en marcha

Para la puesta en servicio se recomienda el siguiente procedimiento:



En la puesta en marcha, la responsabilidad se transfiere al operador de la central, generalmente la ESCO. Sin embargo, a menudo se pone en funcionamiento una red de Energía Distrital antes de que se hayan completado todas las obras (por ejemplo, la restauración de pavimentos), en cuyo caso la empresa constructora continúa siendo responsable ante la Dirección de Obra del municipio correspondiente hasta que se haya completado el trabajo o hasta que se entregue oficialmente al operador.

Finalmente, se deberá incluir toda la documentación correspondiente que respalde un apropiado funcionamiento de la planta. Esto es:





## 4.6.1 Optimización de la operación

La puesta en marcha no garantiza necesariamente un funcionamiento eficiente de la planta, por lo que es necesario realizar una optimización de la operación. En ella, se comprobarán cada una de las funciones y se compararán con las especificaciones funcionales, corrigiendo las deficiencias en los componentes del sistema y mejorando los ajustes de los parámetros de control y regulación. La optimización se lleva a cabo generalmente durante el primer o segundo año luego de entregada la planta. Para ello, se necesita recopilar datos de al menos el primer año, estableciendo claramente cuándo, por quién y cómo se recogen y evalúan los datos operativos. La información obtenida se deberá comparar con los parámetros proyectados de operación de la planta a través de los siguientes medios de verificación:

Descripción funcional.	Con diagrama esquemático que describe detalladamente el funcionamiento del sistema en diferentes estados.
Lista de valores de referencia acordados y garantizados.	Con dicha lista se debe probar el funcionamiento óptimo.
Listado de puntos de medición.	Donde se especifican el lugar de medición, el rango de medición, la resolución y la precisión de medición para cada punto de medición.
Descripción de procedimiento para registro automático de datos.	Especificaciones y planificación del registro de datos. Lectura de los datos. Evaluación de los datos.
Tecnología de control.	El sistema debe estar equipado con la tecnología de control adecuada y ser capaz de registrar y archivar los datos requeridos.

Los estados de funcionamiento mínimos que deben examinarse son el funcionamiento en baja carga (transición) y el estado de funcionamiento en plena carga (temporada de mayor demanda). Las optimizaciones realizadas deben comprobarse siempre y, en caso necesario, reajustarse. Los ajustes y medidas de optimización más frecuentes son los siguientes:

- Equilibrado hidráulico.
- Ajuste de los puntos de calibración y parámetros del regulador (temperatura, presión, etc).
- Ajuste de los horarios de programación.

Probablemente el ajuste más importante sea asegurar el equilibrio hidráulico en el sistema, lo que permite asegurar que cada usuario tendrá disponible un caudal suficiente para satisfacer sus necesidades. El balanceo hidráulico existe en tres niveles: en la red de distribución al interior de las viviendas, en la subestación de transferencia y en la red de distribución del sistema distrital.

## 4.7 Operación

Antes de la expiración del periodo de garantía de los sistemas, en donde el proveedor de éstos se hace responsable frente al operador, se deberá realizar una inspección final en el cual el planificador deberá preparar un concepto de operación, formación y mantenimiento además de actualizar la documentación y entregarla al cliente. Este concepto debe contener los siguientes elementos:

1	2	3	4	5	6
Hojas de datos revisadas para la recopilación manual de datos de funcionamiento.	Información sobre la capacitación y perfeccionamiento del personal de servicio para el desempeño de sus funciones.	Planes de mantenimiento revisados.	Organización de alertas y emergencias.	Plan de emergencia.	Seguimiento del desempeño.

El seguimiento del desempeño garantiza que el sistema cumple los requisitos necesarios para un funcionamiento óptimo incluso después de la expiración del período de garantía. Por lo tanto, es fundamental definir conceptualmente la gestión para el seguimiento del desempeño, indicando al menos:

- Qué datos se recopilan y cómo (manual, automáticamente).
- Cómo se evalúan estos datos (por ejemplo, qué rangos).
- Quién es responsable de evaluar e interpretar los resultados.
- Quién debe ser contactado en caso de averías o eventos.
- Los intervalos a los que deban efectuarse las inspecciones periódicas.
- Qué recursos deben analizarse a qué intervalos.

El operador deberá dar cumplimiento a todos los requerimientos que hayan sido indicados en su contrato, como por ejemplo:

- Temperaturas del agua para el servicio.
- Tiempos de disponibilidad del servicio.
- Presión de servicio.
- Facturación y tarificación de acuerdo a contrato.
- Pago de multas por incumplimiento de condiciones.

#### 4.7.1 Mantenimiento, control y garantías

Corresponde a la evaluación y seguimiento del estado real de los componentes del sistema, con el objetivo de evitar fallos en la

operación y asegurar un correcto desempeño. Para ello, se deben definir estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo basadas en el análisis de la operación de los componentes del sistema.

Para instalaciones de medio o gran tamaño, se recomienda establecer contratos de mantenimiento con empresas especializadas, reduciendo los fallos al mínimo y aumentando así la seguridad del funcionamiento. Los posibles socios contractuales son:

- Proveedor de caldera y su sistema de control.
- Proveedor de combustible.
- Proveedor de tratamiento de gases de escape.
- Proveedor hidráulico (tuberías).
- Proveedor del sistema de control o de regulación.
- Proveedor del sistema de control de fugas.
- Proveedor de las estaciones de transferencia.

Adicionalmente, es necesario considerar la posibilidad de contratar pólizas de seguros que permitan hacer frente a posibles fallas (por ejemplo, rotura de maquinaria, cortes de suministro eléctrico) o emergencias (por ejemplo, incendios, inundaciones), que implicarían el pago de multas debido a las condiciones contractuales. De esta manera, se evita poner en riesgo la rentabilidad del sistema. Para determinar los seguros necesarios, se debe realizar una rigurosa evaluación del riesgo y consecuencias.

En el Anexo A1.8, se incluye un Checklist para la etapa de Operación, Mantenimiento, Control y Garantías.



## 4.8 Diagrama de flujo de actividades y responsabilidades

A continuación se muestra un diagrama indicando las actividades y responsabilidades de los distintos actores involucrados, para las distintas etapas de desarrollo del proyecto

Etapas y responsabilidades	ACTORES RELEVANTES						
	PROVEEDOR DE ENERGÍA	CONTRATISTA (ESCO)	PROYEC-TISTA	SECTOR PÚBLICO	CONSUMI-DORES	TIEMPO ESTIMADO	
	IDEA INICIAL - CONCEPTO		<ul style="list-style-type: none"><li>• Precursor iniciativa.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Precursor iniciativa.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• 3 a 6 meses para el desarrollo de la estrategia inicial. Se debe evaluar la necesidad de un consultor especializado para hacer el proceso más expedito.</li></ul>
	ANTECEDENTES INICIALES				<ul style="list-style-type: none"><li>• Planificación territorial.</li><li>• Heat maps.</li></ul>		
	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"><li>• Provee precio sugerido para energía.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mandato a proyectista.</li><li>• Coordinación con el sector público.</li><li>• Decisión de continuar con siguiente fase.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudio con estimación de costos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Decisión de continuar con siguiente fase.</li><li>• Mandato a proyectista.</li><li>• Información a consumidores.</li><li>• Licitación ESCO.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• El estudio de prefactibilidad debería durar entre 2 y 3 meses, dependiendo del alcance del estudio, el tamaño del proyecto y la cantidad de opciones técnicas que se consideren.</li></ul>
	CONCEPTO E INGENIERÍA BÁSICA	<ul style="list-style-type: none"><li>• Oferta inicial.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mandato a proyectista.</li><li>• Servidumbres.</li><li>• Decisión de continuar con siguiente fase.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Planificación con costos <math>\pm</math> 10%</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Información.</li><li>• Autorizaciones.</li><li>• Coordinación de obras y consumidores.</li><li>• Estímulos para operador y/o consumidores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Provee información sobre sus consumos.</li><li>• Cartas de intención de conexión.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La ingeniería básica para el proyecto puede durar entre 3 y 6 meses, dependiendo de la complejidad del proyecto.</li></ul>
	INGENIERÍA DE DETALLE Y CONTRATACIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>• Oferta firme.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mandato a proyectista.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Proyecto a detalle.</li><li>• Licitación de la construcción.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Permisos.</li><li>• Coordina y otorga concesiones para el uso de bienes de uso público.</li><li>• Coordinación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contratos de suministro de calor.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El proceso de licitación podría tomar entre 6 y 9 meses.</li><li>• Deben considerarse al menos 9 meses para lograr el acuerdo de concesión en bienes nacionales de uso público.</li><li>• El período de tiempo requerido para la ingeniería de detalle será específico para cada proyecto, y dependerá de su complejidad.</li></ul>
	CONSTRUCCIÓN Y APROBACIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>• Contratos de provisionamiento de enegía.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construcción o mandato a constructora.</li><li>• Puesta en servicio.</li><li>• Organización operativa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dirección de obras.</li><li>• Mediciones en obra.</li><li>• Inspección y aprobación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección y aprobación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instalación de la estación de transferencia de energía.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Específico para cada proyecto.</li></ul>
	OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>• Abastecimiento de energía.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Operación CD.</li><li>• Facturación.</li><li>• Mantenión.</li></ul>			<ul style="list-style-type: none"><li>• Compra de energía.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Específico para cada proyecto. La autoridad debería planificar para fases futuras, vida útil para el reemplazo de equipos clave, tiempo para volver a licitar la operación.</li></ul>

## 4.9 Riesgos del proyecto

Al igual que cualquier proyecto, el desarrollo de un sistema de energía distrital tiene riesgos implícitos que deben ser considerados durante el desarrollo del proyecto. Para efectos de este manual, los riesgos se dividen en los siguientes grupos, que pueden trasladarse:

1. Riesgos de planificación
2. Riesgos legales
3. Riesgos comerciales (proveedores)
4. Riesgos comerciales (usuarios)
5. Riesgos en la construcción
6. Riesgos operacionales
7. Riesgos naturales, fuerza mayor
8. Riesgos políticos
9. Riesgos financieros
10. Riesgos reputacionales

En general, los riesgos del proyecto pueden tener dos tipos de consecuencias distintas:

- Diferencias en la calidad del producto (P)
- Diferencias en el costo del proyecto (C)

A continuación se muestra un diagrama simplificado indicando los distintos tipos de riesgo para los distintos actores y etapas del proyecto.

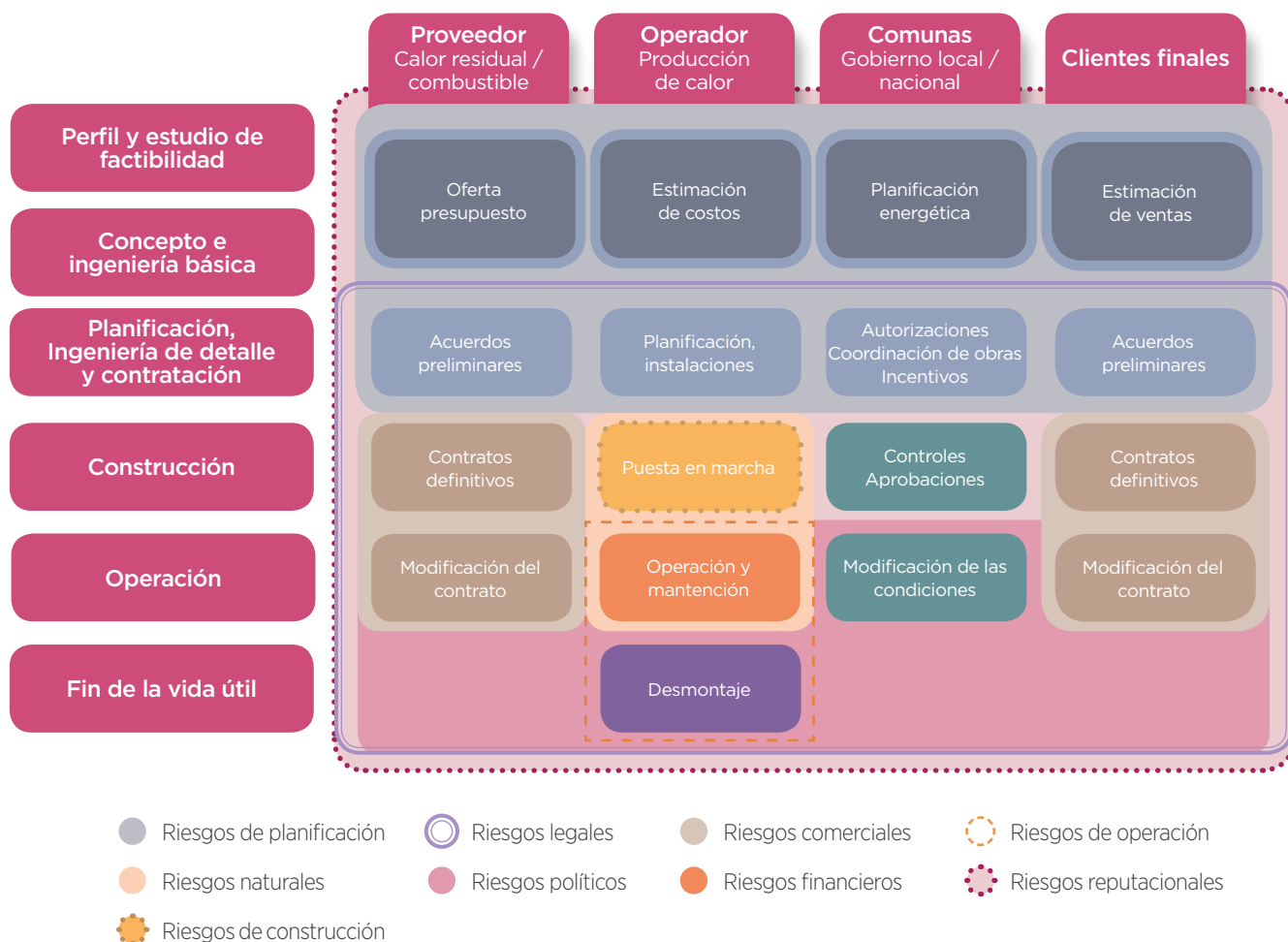


Figura 4.3 Esquema de riesgos para los distintos actores y las etapas del proyecto.  
Fuente: Adaptado de Programm Thermische Netze – Arbeitspaket "Risiken bei thermischen Netzen"



A continuación se muestra un listado de posibles riesgos que se deben tener en consideración a la hora de desarrollar un proyecto de energía distrital, y en que afectarían al proyecto:

CATEGORÍA RIESGO	DESCRIPCIÓN Y EJEMPLOS
<b>PLANIFICACIÓN</b>	<p>Se pueden experimentar diferencias entre la planificación y la realidad, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventas menores a las previstas. (C)</li> <li>• Uso de energía renovable menor a lo previsto. (C, P)</li> <li>• Mayores costos de construcción. (C)</li> <li>• Subvenciones o beneficios menores a lo previsto. (P)</li> <li>• Retrasos en la entrega, construcción o venta. (C, P)</li> <li>• Potencial de conexión sobreestimado. (C)</li> <li>• Sobreestimación de las sinergias en la construcción de la red de distribución. (C)</li> <li>• Retraso en la construcción de edificios de clientes. (C)</li> </ul>
<b>LEGALES</b>	<p>Son particularmente relevantes durante la fase de construcción y la obtención de permisos, y en algunos casos dependen de instituciones de fiscalización y control que dictan cuerpos normativos y regulatorios, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demandas en la fase de construcción. (C)</li> <li>• Extensa evaluación ambiental en SEA. (C)</li> <li>• Rechazo o dificultades para la obtención de permisos. (C)</li> <li>• Garantías / reclamaciones de garantía. (C)</li> <li>• Contratos de servidumbre / derechos de uso. (C)</li> <li>• Violaciones del contrato por parte de proveedor o cliente. (C, P)</li> <li>• Daños por parte de terceros y a terceros. (C)</li> </ul>
<b>COMERCIALES - PROVEEDOR</b>	<p>Relacionados con quien provee de energéticos para la operación del sistema, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proveedor de calefacción rescinde el contrato de suministro, se reubica o quiebra. (C,P)</li> <li>• El proveedor de calor residual reduce el contrato de suministro, debido a optimización de procesos que le permiten contar con menos calor residual. (C,P)</li> <li>• El proveedor de biomasa cuenta con menos disponibilidad. (C)</li> <li>• Alta fluctuación de precios en combustibles. (C)</li> </ul>
<b>COMERCIALES -USUARIOS</b>	<p>Relacionados con los usuarios o potenciales usuarios del sistema, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cliente ancla cancela el contrato de suministro por quiebra o reubicación. (C)</li> <li>• Disminución en el consumo por aumento del desempeño energético del edificio. (C)</li> <li>• Desfase entre la entrada en operación de la central y la ocupación de las edificaciones. (C,P)</li> </ul>

<b>EN LA CONSTRUCCIÓN</b>	<p>Existen riesgos durante la fase de construcción, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paradas en la construcción debido a condiciones meteorológicas. (C)</li> <li>• Paradas en la construcción por accidente o daño en otra infraestructura. (C)</li> <li>• Cimientos, edificios abandonados o arqueología existente en el subsuelo, no contempladas en la planificación. (C)</li> <li>• Desviación de la red de distribución con respecto a lo planificado. (C, P)</li> <li>• Coordinación con otros proyectos de infraestructura o reprogramación de obras de terceros. (C)</li> <li>• Sobrecostos debidos a la falta de control de obras. (C)</li> </ul>
<b>OPERACIONALES</b>	<p>Algunos riesgos durante la fase operativa del proyecto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor potencia de punta, menor potencia media. (C,P)</li> <li>• Debilidad en el liderazgo operativo, empleados mal formados. (P)</li> <li>• Riesgos técnicos, como calidad de la tubería y el aislamiento, posibles fugas, etc. (C, P)</li> </ul>
<b>NATURALES, FUERZA MAYOR</b>	<p>Riesgos naturales o de fuerza mayor, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveedor de calor sin servicio por desastre natural. (P)</li> <li>• Interrupción en el servicio por vandalismo. (C, P)</li> <li>• Terremotos, incendios, fugas, o accidentes laborales en la planta. (C)</li> </ul>
<b>POLÍTICOS</b>	<p>Riesgos que se podrían producir por decisiones políticas que afecten indirectamente los costos o la calidad del producto / servicio, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas públicas que pudieran afectar el desempeño del proyecto. (C,P)</li> <li>• Falta de coordinación entre instituciones públicas involucradas. (C,P)</li> <li>• Protección más estricta contra el agua, por ejemplo, tuberías de doble pared en las zonas de protección. (C)</li> <li>• Protección más estricta del suelo o subsuelo. (C)</li> <li>• Normas de construcción que obliguen a los edificios a disminuir su demanda de calor en un corto plazo. (C)</li> </ul>
<b>FINANCIEROS</b>	<p>Riesgos para el desempeño financiero del proyecto, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor CAPEX debido a aumentos en la tasa de interés. (C)</li> <li>• Precios de alternativas de suministro de calor a la baja. (C)</li> <li>• Mayores costos de adquisición de fuentes de calor renovables. (C)</li> </ul>
<b>REPUTACIONALES</b>	<p>Los riesgos de reputación ocurren en todas las fases del proyecto. Algunos de los efectos no pueden calificarse como de calidad o de precio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe una expectativa por un suministro de calor 100% libre de CO<sub>2</sub>, que no considere utilidades para los operadores (P).</li> <li>• Problemas de construcción, retrasos (C).</li> <li>• Largos tiempos de inactividad por imprevistos, los clientes no reciben calor (C,P).</li> <li>• El sistema no es lo suficientemente sustentable de acuerdo a las expectativas, por ejemplo, por el uso de calderas convencionales en horas punta (P).</li> <li>• Percepción de baja calidad del servicio (P).</li> </ul>

# Marco legal y el rol del sector público

## 5.1 Contexto general

En Chile no existe una regulación jurídica expresa y específica en materia de Energía Distrital y, por lo tanto, el ordenamiento jurídico nacional no tiene una definición de qué se entiende por estos sistemas ni regula la realización de las actividades propias de su operación o prestación de servicios. Sin embargo, aquello **no limita ni prohíbe su existencia en nuestro país**.

La Constitución Política *“Asegura a todas las personas el derecho a desarrollar cualquier actividad económica que no sea contraria a la moral, al orden público o a la seguridad nacional, respetando las normas legales que la regulen”*, por lo que no existe prohibición alguna al desarrollo de la actividad mientras se acojan a las normas aplicables, por ejemplo, al medioambiente, edificación, planificación territorial, entre otros.



## 5.2 Marco legal existente

El concepto de calefacción distrital ha ido incorporándose durante los últimos años de manera muy tímida en distintos instrumentos regulatorios y de planificación, dentro de los cuáles, el más importante de todos, debido a su carácter vinculante, corresponde a su mención en 5 Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) para ciudades con uso intensivo de leña para calefacción<sup>25</sup>.

A continuación se muestra un listado de los distintos instrumentos legales y normativos en donde se mencionan acciones para el desarrollo de la calefacción distrital, o bien que resultan ser fundamentales para el desarrollo de proyectos distritales.

25. Chillán y Chillán Viejo; Coyhaique y su zona circundante; Osorno; Talca y Maule; Temuco y Padre Las Casas.





### 5.2.1 Políticas asociadas (no vinculantes)

#### Política Energética 2050 para Chile Hoja de Ruta 2050

Ámbito de aplicación: Nacional

En la Hoja de Ruta 2050, dentro de los principales mensajes<sup>26</sup> se establece:

*“... el desarrollo de pilotos de calefacción distrital, donde sean económicamente viables”.*

Además, establece dentro del pilar 3 (Energía compatible con el medio ambiente) la siguiente acción al año 2020:

*“Iniciar pilotos de calefacción colectiva en zonas que poseen Planes de Descontaminación y definir modelos de negocio que viabilicen su factibilidad económica a fin de transitar desde la calefacción individual hacia lo colectivo en zonas urbanas, donde sea costo-efectivo.”*

Establece que el desarrollo de sistemas de Energía Distrital es prioritario para el desarrollo de energía compatible con el medio ambiente, y se propone como meta la implementación de un piloto al año 2020. Estas políticas sirven como referente del potencial de uso de Energía Distrital para la descontaminación de las ciudades del sur de Chile.

#### Política de Uso de la Leña y sus Derivados para Calefacción

Ámbito de aplicación: Zona centro sur (regiones de O'Higgins hasta Aysén)

Dentro del Eje estratégico IV (Tecnologías más eficientes para calefacción), el Lineamiento 3 establece las siguientes acciones:

1. *“Desarrollo de un estudio para planificar el desarrollo de sistemas de calefacción distrital de forma masiva, definiendo acciones de corto, mediano y largo plazo en la zona centro sur de Chile”.*
2. *“Desarrollo de una regulación que fomente el desarrollo de soluciones de calefacción distribuida en nuevos desarrollos urbanos, con énfasis en zonas saturadas”.*
3. *“Promover en el sector público y municipal el desarrollo y apoyo de iniciativas de sistemas de calefacción distribuidas”.*

Establece de manera directa propuestas de acciones para el fomento de tecnologías más eficientes de calefacción, incluyendo la calefacción distrital.

Establece la importancia de los sistemas de calefacción distrital, desde una perspectiva de la mejora en la eficiencia energética de los sistemas de calefacción desde lo individual a lo colectivo, con el consiguiente mejoramiento en la calidad y las cadenas de distribución de los productos dendroenergéticos que abastezcan estos sistemas.

### 5.2.2 Normativa a cumplir

#### Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente – Aprueba Ley sobre bases generales del Medio Ambiente

Ámbito de aplicación: Nacional

La ley 19.300 establece los proyectos que deben ser sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, mientras que el Decreto 40 del Ministerio del Medio Ambiente aprueba el Reglamento del sistema de Evaluación de Impacto Ambiental que lo rige.

A través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se deberá evaluar y certificar que la iniciativa se encuentra en condiciones de cumplir con los requisitos ambientales aplicables. Para ello, se deberá realizar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o Estudio de Impacto Ambiental (EIA) dependiendo de la pertinencia del proyecto.

Para ambos casos se deberá acreditar el cumplimiento de la normativa y, para el caso del EIA, hacerse cargo de los efectos, características o circunstancias establecidas en el Título II del RSEIA, mientras que en el DIA se debe acreditar que no ocurren dichos efectos, características o circunstancias.

En general, los proyectos de Energía Distrital que deben someterse a un EIA, serán aquellos que contemplen centrales generadoras de energía mayores a 3 MW, líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje, proyectos que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas y obras que se concesionen para construir y explotar el subsuelo de Bienes Nacionales de Uso Público. En el artículo 3° del Reglamento del SEIA se listan estos proyectos, estableciéndose criterios que determinan su naturaleza y alcance.

26. Resumen Ejecutivo. Sección II : “Hacia dónde vamos: Principales Mensajes”



## Planes de Descontaminación Atmosférica – Regulación sobre límites de emisiones al aire

Ámbito de aplicación: Local

Además de las normativas de alcance nacional con respecto a las normas de emisión de fuentes fijas y/o calderas, en los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) se establecen condiciones especiales, exigiendo menores niveles de emisiones para las fuentes.

### A la fecha, los PDA existentes corresponden a:

- Andacollo y sectores aledaños.
- Chillán y Chillán Viejo.
- Coyhaique.
- María Elena y Pedro de Valdivia.
- Osorno.
- Región Metropolitana.
- Talca y Maule.
- Temuco y Padre Las Casas.
- Tocopilla y su zona circundante.
- Valdivia.
- Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

### A estos, se suman planes especiales para complejos industriales:

- División Chuquicamata de Codelco.
- Complejo Industrial Ventana.
- Fundición de Caletones.
- Fundición Chuquicamata.
- Fundición Hernán Videla Lira de Enami.
- Fundición Potrerillo.

En éstos, se establecen condiciones especiales, incluyendo estándares mínimos de eficiencia de los equipos de generación, tanto para nuevos como existentes. Adicionalmente, en ciertos casos se establecen planes de compensación. La aplicación de cada plan en particular otorga plazos de cumplimiento, requerimientos de medición, verificación y medidas en caso de incumplimiento, incluyendo el recambio de los equipos existentes. Por ejemplo, para el caso de las ciudades sur del país, se hace énfasis en las emisiones de material particulado, el cual es atribuido principalmente a la combustión de leña residencial, estableciendo metas de calidad de aire y medidas específicas. Vincula el programa de recambio de calefactores.

## Planes de Descontaminación Atmosférica – Sobre la calefacción distrital

Dentro de algunos PDA, se hace mención literal a la calefacción distrital, definiéndola como:

“Sistema de generación y distribución centralizada de calor, mediante el cual se proporciona un servicio de calefacción y agua caliente sanitaria a un conjunto de edificaciones conectadas en red”.

Además, establecen que se deberán realizar pilotos de calefacción distrital, o bien evaluarlos, con algunas diferencias.

PRINCIPALES ELEMENTOS	ÁMBITO DE APLICACIÓN
Fijan un plazo de 3 años a partir de la publicación del PDA para desarrollar un piloto de calefacción distrital en un conjunto habitacional nuevo, utilizando fondos FNDR.	Chillán y Chillán Viejo, Temuco, Osorno.
Fija un plazo de 4 años para el mismo objetivo que Temuco, pero no indica el requerimiento de que el conjunto habitacional sea nuevo.	Valdivia.
Indica que durante la vigencia del Plan, la Seremi de Medio Ambiente diseñará y ejecutará un proyecto piloto de calefacción distrital dentro del radio urbano.	Coyhaique.
Establece que durante la vigencia del PDA, se deben establecer instancias de cooperación con entidades internacionales de referencia en diversos ámbitos, incluyendo calefacción distrital.	Osorno.
Los proyectos inmobiliarios nuevos sobre 100 m <sup>2</sup> deben contar con un sistema de calefacción integrado a la vivienda que no sea en base a leña o un sistema de calefacción distrital.	Chillán y Chillán Viejo.



PRINCIPALES ELEMENTOS	ÁMBITO DE APLICACIÓN
Transcurridos 12 meses desde la publicación del PDA, CORFO en conjunto con el MMA diseñarán un instrumento de fomento para proyectos inmobiliarios nuevos que consideren calefacción distrital, que considere incentivos para financiar estudios de preinversión para la evaluación de prefactibilidad de calefacción distrital en proyectos inmobiliarios nuevos e incentivos para cofinanciar la inversión de sistemas de calefacción distrital considerados en proyectos nuevos.	Chillán y Chillán Viejo.
Transcurridos 18 meses desde la publicación del PDA, MMA y CORFO abrirán un concurso o programa con financiamiento sectorial u otro para apoyar el desarrollo de proyectos de calefacción distrital.	Chillán y Chillán Viejo.

### Pequeños Medios de Generación Distribuida

En caso de que considerar sistemas de cogeneración y, cuyos excedentes de potencia suministrable al sistema sean igual o menores a 9.000 [kW], se deberán acoger a la normativa aplicable para Pequeños Medios de Generación Distribuida y serán regulados por la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE) – DFL N°4 y, por lo tanto, deberá contemplar los siguientes reglamentos:

- Decreto Supremo N°327: Comprende los aspectos de concesiones, permisos y servidumbres, relaciones entre propietarios de instalaciones eléctricas, clientes y autoridad, así como interconexión de instalaciones e instalaciones y equipo eléctrico. También incluye aspectos de calidad de servicio, precios, multas y sanciones.
- Decreto Supremo N°244: Establece procedimientos y condiciones para la conexión, mantenimiento e intervención de las instalaciones, determinación de los costos de las obras adicionales para la conexión, régimen de operación, remuneración y pagos, medición y facturación.
- Decreto Supremo N°62: Regula las transferencias de potencia entre empresas que poseen medios de generación operados en sincronismo con un sistema eléctrico, y que resulten de la coordinación de la operación que establece la LGSE.

Además, deberá contemplar la Norma Técnica de Conexión y Operación (NTCO), que presenta la figura para el ingreso al sistema de PMGD INS (Pequeño Medio de Generación de Impacto No Significativo), facilitando la conexión de proyectos en este rango de generación y disminuir los costos en estudios e inversión inicial para la conexión a la red.

### 5.2.3 Instrumentos normativos para la ejecución de proyectos

#### Ley orgánica constitucional de municipalidades Ley 18.965

**Ámbito de aplicación:** Nacional (Presenta particularidades para cada comuna, a través de las ordenanzas municipales)

Su relación con los proyectos de Energía Distrital viene dada por que establece las atribuciones que poseen los municipios sobre la administración de los bienes nacionales o municipales de uso público, los cuáles potencialmente podrían ser utilizados para la instalación de los sistemas de distribución.

La ley establece que a cada municipio le corresponde administrar los bienes municipales y nacionales de uso público, incluido el subsuelo en el territorio de su comuna.

Establece también que la administración de los bienes

públicos les otorga la facultad de otorgar permisos y concesiones para su utilización, cada uno de los cuales presenta diversas características y procedimientos. En el capítulo 5.3 se detalla en mayor profundidad las características de estas concesiones.

#### Ley de concesiones y su reglamento Reglamento DFL MOP N° 164 de 1991

**Ámbito de aplicación:** Nacional

Se relaciona con los proyectos de Energía Distrital, ya que bajo un modelo de concesión o de colaboración público-privada, la Ley de Concesiones establece las condiciones y los mecanismos para poder proponer y/o participar de un proyecto concesionado. Establece que otros servicios de gobierno que no tengan la capacidad de desarrollar un proyecto en particular, pueden transferir la responsabilidad al sistema de concesiones del Ministerio de Obras Públicas.

Se establecen dos mecanismos para postular a la ejecución, reparación o conservación de obras públicas, a cambio de su explotación:

- Proyectos de iniciativa privada, los cuales deberán ser presentados de acuerdo a los detalles indicados en la ley.
- El MOP pondrá a disposición de los interesados, en los meses de enero y julio de cada año, un registro de los proyectos seleccionados para su explotación por el sistema de concesión. Serán eliminados de dicho registro los proyectos que no hayan sido licitados dentro del plazo de 5 años contados desde su incorporación, salvo que el MOP fundamente su mantenimiento.

En el capítulo 5.3 se detallan procedimientos y consideraciones de esta ley.

### **Decreto 244 – Aprueba reglamento para medios de generación no convencionales y pequeños medios de generación establecidos en la ley general de servicios eléctricos.**

**Ámbito de aplicación:** Nacional

Esta ley es relevante para los proyectos de Energía Distrital que incorporen la generación de energía eléctrica dentro de sus servicios o productos (a través de cogeneración o trigeneración, por ejemplo). La ley establece que los excedentes eléctricos pueden ser inyectados a la red de distribución y establece las condiciones técnicas bajo las cuales esta inyección debe ser realizada.

Establece que las empresas distribuidoras deberán permitir la conexión a sus instalaciones de los Pequeños Medios de Generación Distribuida (PMGD) y que las fuentes de Energía Renovable No Convencional están exceptuadas del pago total o parcial de los peajes por el uso de los sistemas de transmisión troncal.

Las normativas técnicas que son aplicables a los proyectos de Energía Distrital, se listan en los Anexos A1.1 al A1.4

Al momento de desarrollo de este manual, no existen reglamentos o normativas que sean específicas para sistemas de Energía Distrital. Sin embargo, como sucede con el desarrollo de nuevas tecnologías, es de esperar que se establezcan los reglamentos técnicos apropiados en la medida que se desarrolle este mercado en Chile.





### 5.3 Explotación de bienes públicos de uso nacional

Como se mencionó en el capítulo 1.4, se consideran dos tipologías de proyectos de Energía Distrital:



En el caso de los proyectos que utilizan bienes de uso público, para un correcto desarrollo, se requiere conocer bien cuáles son los requerimientos y procedimientos para poder intervenir las calles por las cuales el sistema de distribución hará su recorrido.

Para definir bien el procedimiento, en primer lugar se debe haber definido en la fase de factibilidad (capítulo 4.2) cuál es el trazado por el cual se ejecutará la red de distribución. Con esta información, se debe identificar quién es el responsable de la administración de las vías para dar comienzo a la gestión del uso del bien público.

La administración de las vías de uso público o calles, está repartida en 3 organismos distintos, con las características que se mencionan a continuación.

#### Municipalidades:

La Ley Orgánica Constitucional de las Municipalidades (LOCM), en su artículo 5º otorga a las municipalidades la atribución de *“Administrar los bienes municipales y nacionales de uso público, incluido su subsuelo, existentes en la comuna, salvo que, en atención a su naturaleza o fines y de conformidad a la ley, la administración de estos últimos corresponda a otros órganos de la Administración del Estado.”*

Además, en el Artículo 36 de la LOCM se establece que *“los bienes municipales o nacionales de uso público, incluido su subsuelo, que administre la municipalidad, podrán ser objeto de concesiones y permisos.”*

La modalidad de concesiones representa claras ventajas para la explotación de un bien de uso público en un proyecto de Energía Distrital, ya que entrega mayores garantías para el potencial desarrollador de proyecto y el inversionista, mientras que exige al Municipio la realización de una licitación pública, la cual a su vez puede verse como una garantía para el Municipio en cuanto al cumplimiento de requerimientos técnicos y de seguridad para las instalaciones.

Las concesiones de uso de Bienes Nacionales de Uso Público tienen las siguientes características principales:

- Para poder otorgar una concesión para construir y explotar el subsuelo, las municipalidades deben recurrir a un mecanismo de licitación pública.
- El alcalde requiere del acuerdo del concejo municipal para otorgar concesiones municipales, renovarlas y ponerles término.
- A diferencia de los permisos municipales, que pueden ser revocados por decisión del Municipio sin derecho a indemnización, la concesión da el derecho a indemnización al concesionario en caso de término anticipado de la concesión, excepto cuando corresponda a un incumplimiento de las obligaciones del concesionario.
- Las concesiones son transferibles, siempre y cuando el que adquiere la concesión asuma todos los derechos y obligaciones indicadas en el contrato de concesión.
- La concesión se extinguirá únicamente si existe uno de los siguientes motivos:
  - o Cumplimiento del plazo por el que se otorgó la concesión.
  - o Incumplimiento grave de las obligaciones impuestas al concesionario.
  - o Mutuo acuerdo entre la Municipalidad y el Concesionario.



#### Ministerio de Obras Públicas - Dirección de Vialidad:

La Dirección de Vialidad está a cargo de la administración de los denominados “Camino Públicos”, que se definen de acuerdo al artículo 24 del DFL N°850 de 1997 como *“las vías de comunicación terrestres destinadas al libre tránsito, situadas fuera de los límites urbanos de*



una población y cuyas fajas son Bienes Nacionales de Uso Público. Se considerarán también caminos públicos, para los efectos de esta ley, las calles o avenidas que unan caminos públicos, declaradas como tales por decreto supremo<sup>27</sup>. Las vías que son administradas por la Dirección de Vialidad corresponden únicamente al 1% del total de la longitud de la vialidad nacional.

Adicionalmente, cada región cuenta con uno o más decretos supremos que declaran camino público a determinadas vías urbanas. El listado de estos decretos supremos para cada una de las regiones puede ser encontrado en la página web del Área de Vialidad Urbana de la Dirección de Vialidad<sup>27</sup>.

- A diferencia de los bienes públicos administrados por las municipalidades, que deben otorgarse a través de concesiones, en el caso de aquellos administrados por la Dirección de Vialidad, la Ley de Caminos, en su artículo 41<sup>º</sup> establece que:
- “la Dirección de Vialidad podrá autorizar, en la forma y condiciones que ella determine, con cargo a sus respectivos propietarios, y previo pago de los derechos correspondientes, la colocación de [...] **las tuberías o ductos para la conducción de líquidos, [...]** y, en general, **cualquier instalación que ocupe los caminos públicos y sus respectivas fajas de dominio público u otras obras viales regidas por esta ley.**”
- Además, indica que **se deben otorgar las autorizaciones salvo que:**

“...se opongan al uso de los caminos públicos, sus fajas adyacentes, pasos a nivel y obras de arte, o al uso de túneles o puentes; no afecten la estabilidad de las obras, la seguridad del tránsito o el desarrollo futuro de las vías; no obstruyan o alteren el paso de las aguas; no produzcan contaminación ni alteración significativa, en cuanto a magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona; y sea posible su otorgamiento, teniendo en cuenta las instalaciones anexas ya autorizadas.”



## Ministerio de Obras Públicas - Dirección General de Concesiones:

Además de la tutela que el MOP tiene sobre los caminos públicos a través de la Dirección de Vialidad, también existe el mecanismo de concesiones, regulada por la Ley de Concesiones.

También establece que en el caso el proyecto a concesionar sea competencia de otro organismo del Estado, esta entidad podrá delegar en el Ministerio de Obras Públicas, mediante convenio mandato, la facultad de concesionar la obra en cuestión<sup>28</sup>. El procedimiento se muestra de manera resumida en la Figura 5-1.

La Ley de Concesiones establece que la adjudicación de las concesiones se efectúe vía licitación pública, nacional o internacional, mientras que los contratos se rigen por las normas del Reglamento de Concesiones (D.S MOP N° 956 de 1997), que garantiza un adecuado equilibrio entre el sector público y privado en cuanto a los derechos y obligaciones de las partes, incorporando mecanismos de resolución de controversias, de mediación, arbitraje y herramientas que facilitan el financiamiento de los proyectos.

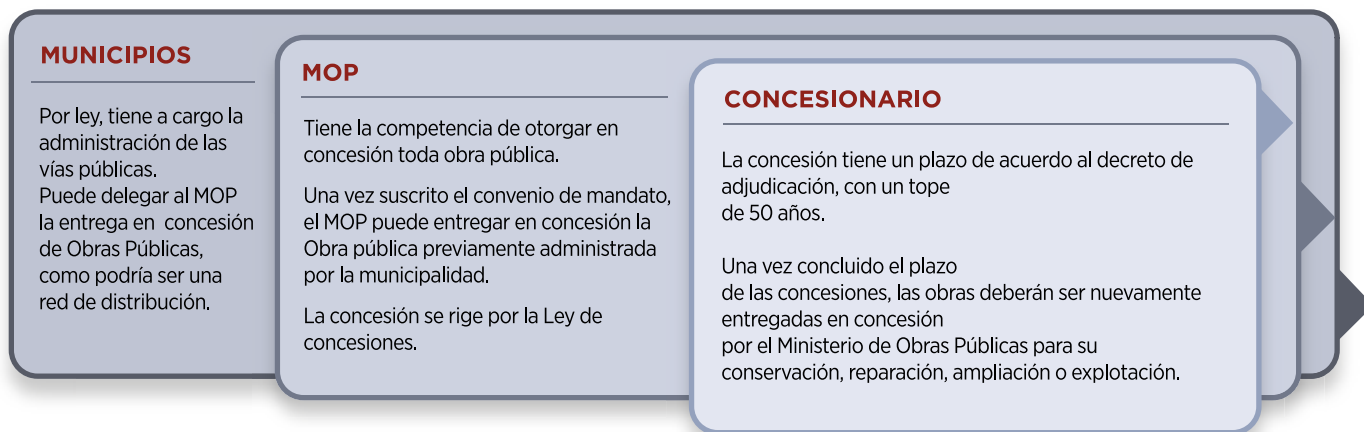


Figura 5-1: Diagrama simplificado del procedimiento para la realización de obras bajo el modelo de concesión del MOP.

27. Al momento de publicación de este manual, la dirección de la página es <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/vialidadurbana/Paginas/Decretos.aspx>

28. Algunos ejemplos que se pueden mencionar son: El Convenio de Mandato entre la Dirección General de Aeronáutica Civil y el MOP para la nueva concesión del Aeropuerto Diego de Aracena de Iquique, el año 2011; o el Convenio de Mandato entre la Municipalidad de Santiago y el MOP para la construcción y operación del “Centro Metropolitano de Vehículos Retirados de Circulación.



Si bien el sistema de concesiones de obras públicas tiene una fuerte inclinación hacia la construcción de infraestructura vial, como carreteras, aeropuertos, túneles, etc., también deja un espacio para proyectos de otras tipologías, ya que la Dirección General de Concesiones tiene como función “generar obras de infraestructura pública para el desarrollo nacional, en el marco de la modalidad de asociación público-privada, que **preserve y mejore la calidad de vida de los chilenos y su entorno.**”

Algunos ejemplos de iniciativas privadas no viales que se han presentado por este sistema son los siguientes:

- Hospital Clínico de Universidad de Santiago.
- Planta desaladora para la Cuarta Región de Coquimbo.
- Vía hídrica del Norte de Chile: Proyecto alternativo sin energía solar.

La guía metodológica para la evaluación de iniciativas privadas, así como el formulario de postulación, se pueden encontrar en [www.concesiones.cl](http://www.concesiones.cl).

### Servicio de Vivienda y Urbanismo:

El SERVIU, dependiente del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, tiene como función con respecto a la utilización de calles como Bienes Nacionales de Uso Público, la fiscalización de los aspectos técnicos de los pavimentos. El SERVIU tiene además la responsabilidad de fiscalizar las obras de pavimentación o repavimentación, lo que incluiría todas aquellas obras necesarias para establecer el sistema de distribución del sistema distrital. El Ministerio de Vivienda y Urbanismo cuenta con la publicación del “Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación”, el cual es una guía técnica para actividades de reparación de pavimentos, que pudieran ser necesarias durante el desarrollo del proyecto.



Si bien la identificación del recorrido del sistema de distribución presenta una mayor certeza en la etapa de factibilidad o ingeniería básica, es importante buscar desde las fases de perfil del proyecto el apoyo del sector público para los procesos de concesión que fuesen necesarios para la ejecución del proyecto.



Los proyectos de la calefacción distrital deben ser trabajados en conjuntamente con los organismos públicos, particularmente con los municipios, que en primera instancia tienen el poder de decisión sobre la concesión de Bienes Nacionales de Uso Público.

#### Ejemplos de concesiones que han sido llevadas a cabo por las Municipalidades son:

Los estacionamientos pagados, tanto sobre como bajo el suelo. (Ejemplo: Santiago, Providencia).

Concesión para la explotación de balnearios. (Ejemplo: Yumbel).

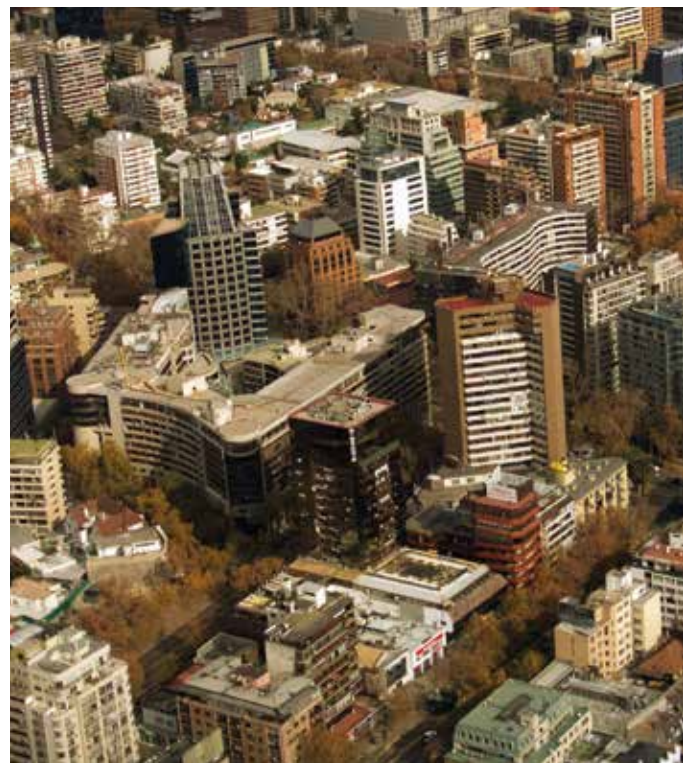
Diseño, fabricación, instalación y mantención de mobiliario urbano y su explotación de publicidad (Santiago).

#### Ejemplos de concesiones que han sido llevadas a cabo por el sistema de concesiones del MOP son:

Aeropuertos y aeródromos.

Concesión para Embalses.

Mejoras de autopistas, caminos y túneles.



## 5.4 El rol del sector público

El rol del sector público se manifestará a través de las instituciones locales (Municipios, SEREMIS, Gobiernos Regionales) y través del gobierno central (Ministerio de Energía, Ministerio de Medio Ambiente, etc.). En un proyecto distrital, ambas instancias juegan roles fundamentales, que se pueden resumir en la siguiente tabla.

ROL DEL SECTOR PÚBLICO	ACTORES INVOLUCRADOS	EJEMPLOS
<b>Definir metas y objetivos de eficiencia energética o reducción de emisiones.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Energía.</li> <li>Ministerio de Medio Ambiente.</li> <li>Ministerio de Vivienda y Urbanismo.</li> <li>Municipios.</li> <li>Agencia de Sostenibilidad Energética.</li> </ul>	<p><b>Comuna Energética</b></p> <p>El programa de comuna energética, a través de un proceso participativo, establece metas energéticas para la comuna (<a href="http://www.minenergia.cl/comunanenergetica">www.minenergia.cl/comunanenergetica</a>). Algunas de las comunas han establecido el desarrollo de pilotos de calefacción distrital dentro de sus planes de acción.</p> <p><i>También son ejemplos: la Hoja de Ruta 2050 y los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDAs), ambos detallados en el capítulo 5.2.</i></p>
<b>Facilitar el marco normativo local, derribando barreras.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipalidades.</li> <li>SERVIU.</li> <li>Ministerio de Vivienda y Urbanismo.</li> <li>Ministerio de Energía.</li> <li>Ministerio del Medio Ambiente.</li> <li>Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).</li> </ul>	<p><b>Uso de suelo</b></p> <p>No existe una definición clara dentro de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción o las Ordenanzas Municipales, sobre cuál es el uso de suelo requerido para una central de tipo distrital, ya que podría considerarse como “equipamiento”, “industrial” o “Infraestructura”. Una función que podría tener el rol público es determinar, ya sea a nivel local o nacional, la idoneidad de cada tipo de terreno.</p> <p><i>Otro ejemplo, es agilizar los procesos de certificación de equipos de combustión u otros que se deban llevar a cabo.</i></p>
<b>Efectuar una adecuada planificación energética - Plan regulador.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Energía.</li> <li>Municipalidad.</li> <li>SERVIU.</li> <li>Municipalidades.</li> <li>MINVU.</li> </ul>	<p><b>Fomentar la conexión de nuevos desarrollos urbanos</b></p> <p>Si bien la componente energética no está considerada dentro de las herramientas actuales de planificación a nivel local, podrían generarse las instancias para que el desarrollo urbano considerara la utilización sustentable de los recursos energéticos locales. Así, por ejemplo, en un sector con abundancia de biomasa, podría plantearse la incorporación de sistemas distritales que utilicen este energético, para darle valor agregado y fomentar la economía local.</p> <p><i>Una práctica de planificación energética local en algunas ciudades es analizar previamente las alternativas de calefacción para nuevos desarrollos urbanos. En base a este análisis, cuando la calefacción distrital es conveniente (ya sea por fomento de la economía local, mejores precios para el usuario final, disminución de emisiones, etc.), se obliga o se incentiva a las nuevas edificaciones a contar con la infraestructura requerida para poder conectarse a la red distrital.</i></p>
<b>El sector público como usuario.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Salud.</li> <li>Servicios de Salud.</li> <li>Otros servicios públicos.</li> <li>Municipalidades.</li> </ul>	<p><b>Hospitales, grandes consumidores</b></p> <p>Una gran oportunidad para dar inicio a un proyecto de Energía Distrital podría ser, por ejemplo, la construcción de un nuevo hospital o la conexión de varios servicios públicos.</p>
<b>Ayudar al sector privado a identificar las demandas de calor locales.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Medio Ambiente.</li> <li>Ministerio de Energía.</li> <li>Municipalidades.</li> </ul>	<p><b>Mapas de oferta y demanda de energía</b></p> <p>El sector público, ya sea a nivel local o a nivel central, puede tener el rol de generar información que sirva de apoyo para la toma de decisiones, a través del desarrollo de heatmaps, definidos en el capítulo 4.2.</p>
<b>Fomento, sensibilización, difusión.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipalidades.</li> <li>Gobierno Regional.</li> <li>SEREMI Medio Ambiente.</li> <li>SEREMI Energía.</li> <li>Ministerios.</li> </ul>	<p><b>Implementación de un piloto de Energía Distrital</b></p> <p>En general, la herramienta de sensibilización más potente es la ejecución de pilotos que cuenten con un alto impacto, que considere una etapa de difusión importante, mostrando a la comunidad y a los actores relevantes el funcionamiento del piloto. El sector público podría tener la función de desarrollar en una alianza público privada un proyecto demostrativo.</p>
<b>Financiamiento o apoyo en el acceso a financiamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gobiernos regionales</li> <li>CORFO</li> <li>Ministerios</li> </ul>	<p><b>Evaluación social de un proyecto de calefacción distrital</b></p> <p>El Ministerio de Desarrollo Social cuenta con una metodología para la evaluación social de proyectos, la que permite determinar la rentabilidad social de un proyecto para poder asignarles recursos para su ejecución.</p> <p>Así, por ejemplo, se ha estimado que el costo en salud para la emisión de una tonelada de MP10 es de 15.500[USD]<sup>29</sup>.</p>

Tabla 5-1: Rol del sector público en el desarrollo de proyectos de Energía Distrital.

29. “Chile Ambiente, Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena”, 2008.

# Modelos de negocio

El grado de participación de un inversionista privado en un proyecto, puede mirarse como un continuo<sup>29</sup>, en donde en un extremo están los proyectos provistos por el Estado en su totalidad, y en el otro extremo se encuentran los proyectos 100% privatizados. Los esquemas de negocio con la participación del sector público y privado, tienen ventajas para ambos:

- El sector público distribuye los riesgos con el sector privado, minimizando el costo total de la infraestructura y sus servicios. Como resultado, disminuye las brechas de infraestructura existentes y atrae la inversión privada. La asociación entre el sector público y el privado permite considerar dentro de la evaluación de proyectos, el costo de las externalidades o los beneficios no monetarios que van asociados al desarrollo de estos.
- El sector privado se beneficia por el negocio de la explotación de la concesión, además de tener la opción de contar con mecanismos que facilitan el financiamiento a través de la disminución de sus riesgos, como ingresos mínimos garantizados, subsidios, prendas, etc.

Desde el punto de vista del sector público, se pueden tener distintos niveles de involucramiento del sector privado. En el presente manual se rescatan 6 principales tipologías de modelos de negocios para proyectos de Energía Distrital. La Figura 6-1 muestra de manera simplificada, los roles tanto del sector público como de potenciales inversionistas privados. Para todos los modelos de negocio, el usuario final del sistema distrital puede ser el sector privado, el sector público, o una mezcla de ambos.

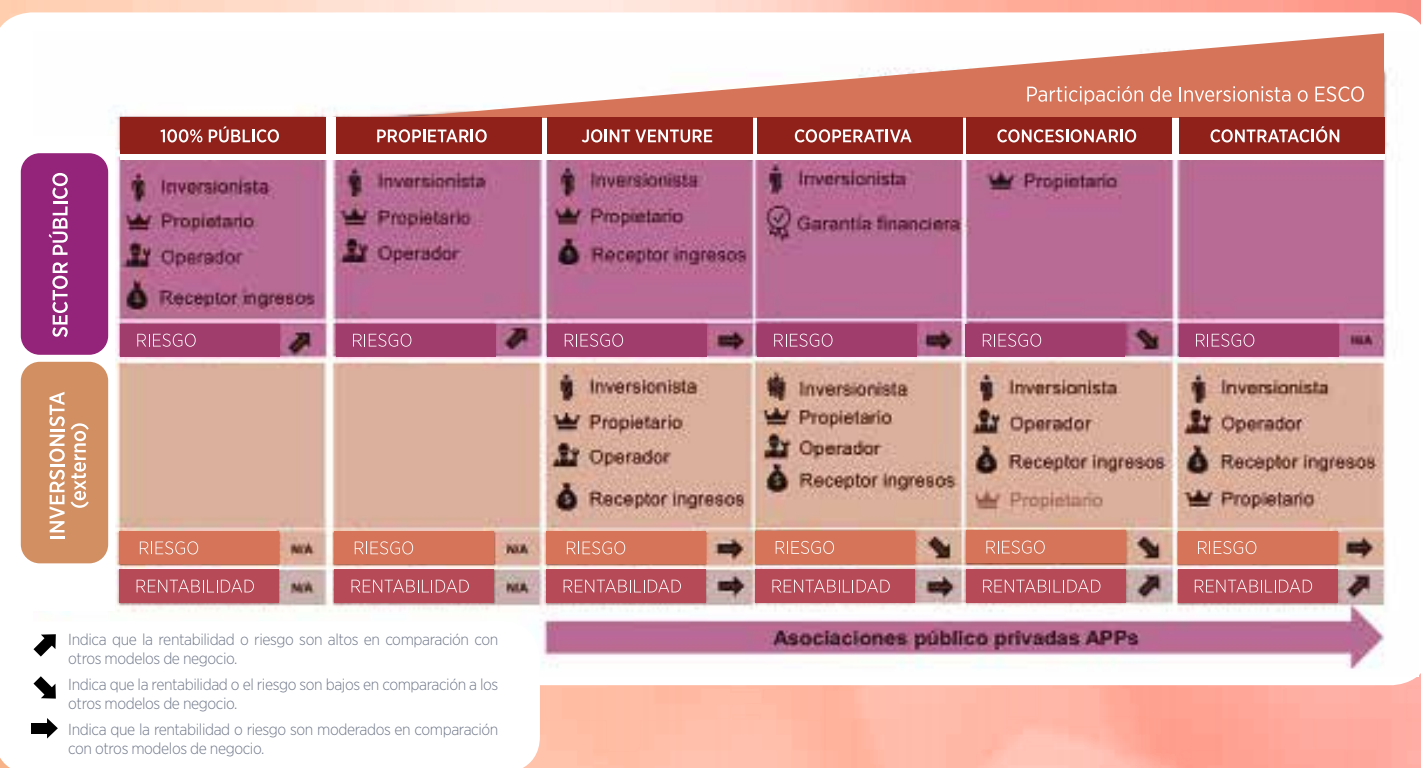


Figura 6-1: Principales modelos de negocios con diferentes grados de involucramiento de actores del sector público y privado, el riesgo asociado y la rentabilidad del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Cuando el o los inversionistas privados tienen un grado de participación como propietario, inversionista o receptor de ingresos del proyecto, se denomina como una “Asociación Público Privada” o APP.

29. “Sistema de Concesiones en Chile”, Ministerio de Obras Públicas, Diciembre 2015



## 6.1 Modelo 100% público

En este modelo de negocio, uno o más organismos del sector público financia y se encarga del desarrollo y la operación del sistema de Energía Distrital, sin perjuicio de que los aspectos técnicos del proyecto y la operación sean realizados por terceros. La propiedad del sistema está en manos del sector público.

Los clientes para este tipo de modelo pueden pertenecer a cualquier edificación pública o privada que esté dentro de los límites de la red de distribución del sistema.

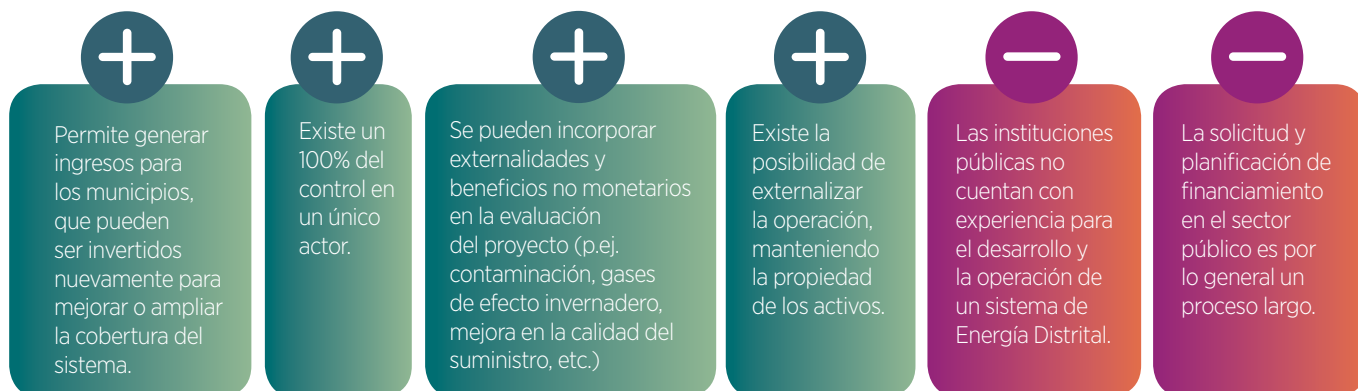
Actualmente, la posibilidad de desarrollar este modelo de negocios en Chile como iniciativa de un único Municipio es compleja puesto que, de acuerdo a la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, para que estas puedan desarrollar o participar en actividades empresariales, se debe obtener una autorización a través de leyes especiales que tengan un alto quórum para su aprobación.

A pesar de lo anterior, una modificación del año 2011 a dicha Ley indica la posibilidad de crear “asociaciones municipales”, conformadas por dos o más municipalidades, que sí pueden constituirse en empresas de derecho privado, sin fines de lucro, y que pueden funcionar mediante los ingresos que obtengan mediante la venta de bienes o servicios. Al año 2017, existen 54 de estas asociaciones, de las cuales 20 están consideradas como empresas.

Las asociaciones municipales tienen como finalidad “facilitar la solución de problemas comunes” y “el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles”, y dentro de sus objetos está, entre otros, la “ejecución de obras de desarrollo local”, la “atención de servicios municipales comunes” y la “realización de programas vinculados a protección del medio ambiente”.

En <http://asociativismo.subdere.gov.cl/registro-unico-asociaciones-municipales> se puede obtener un listado de las asociaciones municipales existentes.

### Principales ventajas y desventajas del modelo de operación



## EJEMPLO CASO DE ÉXITO

**Markham District Energy en Ontario, Canadá,** corresponde al único sistema 100% municipal que opera dos sistemas dentro de la misma frontera del municipio. Se ha convertido en un ejemplo para el desarrollo de sistemas de energía, siendo esta la de más rápido crecimiento de Canadá. La planificación de la ciudad se realiza tomando en cuenta este sistema, por lo que todas las nuevas edificaciones son conectadas a la red de energía. Abastece de calefacción, refrigeración y electricidad de forma simultánea.

<http://www.markhamdistrictenergy.com/>

## 6.2 Modelo propietario

Desde el punto de vista del sector público, este tipo de modelo es impulsado por alguna institución pública, como un hospital, un campus universitario o una municipalidad, quien estará a cargo del financiamiento, desarrollo y operación del sistema de Energía Distrital. A diferencia con otros modelos, en este caso no se perciben ingresos directos, sino que se generan ahorros comparativos con otras alternativas o en relación al sistema de abastecimiento previo, siendo la operación de responsabilidad del "propietario".

En este modelo de negocio, los usuarios finales del servicio de Energía Distrital corresponden a las edificaciones que pertenecen al mismo propietario del sistema distrital, y que por lo general están ubicadas dentro de un mismo territorio.

En este modelo no se esperan ingresos por parte del propietario del sistema, ya que la función del sistema es abastecer de energía térmica para la operación de las instalaciones.

Para la evaluación económica de este tipo de sistemas, los flujos de caja vienen dados por los ahorros generados al comparar los costos de abastecimiento de energía térmica del sistema distrital con otra posible alternativa actual o futura.

Este modelo también es posible cuando el impulsor de la iniciativa corresponde el sector privado. Algunos ejemplos en Chile son el condominio Frankfurt en Temuco y el condominio Cumbres del Cóndor en Vitacura.

En ambos casos, el sistema de generación y distribución es parte de los bienes comunes o propiedad de los mismos usuarios. En ambos proyectos la red de distribución de calor está comprendida en un 100% dentro de la copropiedad del condominio.

### Principales ventajas y desventajas del modelo de operación



Cuando los edificios usuarios del sistema estén dentro de un territorio que no cruce Bienes Nacionales de Uso Público (condominios, o universidades, por ejemplo), se eliminan los procedimientos requeridos para el uso de éstos.



Existe un 100% del control en un único actor.



Posibilita enfocar en objetivos no monetarios (p.ej. contaminación, gases de efecto invernadero, mejora en la calidad del suministro, etc.)



Existe la posibilidad de externalizar la operación, manteniendo la propiedad de los activos.



Cuando las instituciones se hacen cargo de las tareas de operación y mantenimiento, existe una tendencia a generar ineficiencias en los costos, ya que no cuentan con la expertise necesaria.

## EJEMPLO CASO DE ÉXITO

La **Universidad de Austin Texas** cuenta con un sistema de cogeneración de 137 [MW] que provee de energía para calefacción, agua caliente, refrigeración y electricidad para un campus que atiende a 50.000 estudiantes y a 20.000 funcionarios.

A pesar de que la universidad durante los últimos 15 años ha aumentado la superficie edificada en más de 450.000 metros cuadrados, el consumo de energía es el mismo que presentaba en el año 1977.

<https://www.districtenergy.org>

## 6.3 Modelo Joint Venture público - privado

El modelo de Joint Venture público - privado corresponde al acuerdo entre uno o más actores del sector público y uno o más actores del sector privado, con la finalidad de poner en común sus recursos y colaborar para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de calefacción distrital, permitiéndoles obtener un beneficio mutuo y compartiendo el riesgo que conlleva toda operación empresarial.

En un Joint Venture, las partes mantienen su individualidad, pero actúan bajo una misma dirección y normas. Las partes del Joint Venture no necesariamente deben realizar aportes monetarios para lograr los objetivos, si no que sus integrantes pueden aportar con bienes, tecnología, servicios, etc.

Un modelo de Joint Venture también puede darse sólo entre actores privados. Las condiciones y los aportes de las partes tienen las mismas condiciones y restricciones que en un Joint Venture público privado.

Un ejemplo de Joint Venture podría ser uno en el que el sector público financia la red de distribución del sistema distrital para un conjunto de edificios públicos, mientras que un inversionista financia la central de generación y la opera.

### Principales ventajas y desventajas del modelo Joint Venture



## EJEMPLO CASO DE ÉXITO

**District Energy St. Paul, Minnesota, EE.UU.** corresponde a un sistema desarrollado mediante una asociación público privada que abastece a cerca de 200 edificaciones en el barrio comercial central y secundario, además de un área industrial y residencial, incluyendo departamentos residenciales, condominios y casas, hoteles, lugares de entretenimiento y deportivos.

El desarrollo de este proyecto fue realizado como un Joint Venture entre la ciudad de St. Paul, el estado de Minnesota, el Departamento de Energía de Estados Unidos y la comunidad empresarial de la ciudad.

<http://www.districtenergy.com>

## 6.4 Modelo cooperativa

Es un modelo de negocio en el cual una asociación municipal, un grupo de privados, o una mezcla de ambos, establecen una cooperativa para el financiamiento, desarrollo y operación de un sistema de Energía Distrital.

En la cooperativa, los usuarios conectados a la calefacción distrital son a la vez propietarios de la cooperativa, y son además quienes la controlan la empresa, teniendo cada usuario igual derecho a voto.

Un modelo utilizado en sistemas existentes es que las ganancias o excedentes de dinero de la operación del sistema de Energía Distrital son compartidos entre los miembros de la cooperativa de manera proporcional al grado de utilización de energía del sistema. Así, si hubo un excedente de \$100, y el miembro A de la cooperativa consumió 6[MWh] de energía térmica del sistema distrital y el miembro B consumió 4[MWh], entonces a "A" le corresponden \$60 y a B le corresponden \$40.



## EJEMPLO CASO DE ÉXITO

**Høje Taastrup Fjernvarme** es una cooperativa en Dinamarca, que compra calor de la compañía de transmisión municipal y lo distribuye a sus 5.260 clientes, incluyendo edificios residenciales, comerciales e industriales. Los clientes se conectan a través de un acuerdo con el cual se convierten en dueños de la cooperativa, de la cual además poseen un consejo de administración integrado por siete miembros nombrados por la autoridad local. El municipio proporciona garantías que aseguran el riesgo, reducir las tasas del 2,5% al 1,5%.

<http://www.htf.dk>

**En Chile, las Cooperativas están regidas por el DFL N°5 del año 2004. Acá se indica, entre otras cosas lo siguiente:**

- Las cooperativas pueden tener por objeto cualquier actividad y estarán sujetas a las disposiciones de la presente ley y sus reglamentos.
- Podrán ser socios de una cooperativa las personas naturales y las personas jurídicas de derecho público o privado.
- Salvo los casos especialmente previstos en esta ley, el número de socios de una cooperativa será ilimitado, a partir de un mínimo de cinco.
- Los excedentes provenientes de operaciones de la cooperativa con los socios, se distribuirán a prorrata de éstas.
- Establece privilegios exenciones para las cooperativas (Título VII de la ley)



Las Entidades de Gestión Inmobiliaria (EGIS), cuyo rol principal es realizar labores de asistencia técnica y social de programas habitacionales de sectores vulnerables podrían, dentro de sus facultades, plantear un sistema de Energía Distrital dentro de una copropiedad para proyectos sociales colectivos, el cual deberá ser aprobado por las familias para contratar su construcción.



Para este caso en particular, podría resultar interesante evaluar la posibilidad de una cooperativa de los mismos propietarios, o en conjunto con una empresa externa, que esté a cargo de la operación del sistema.

## 6.5 Modelo concesión

Bajo este modelo, el sector público concesiona el servicio de Energía Distrital y el sector privado es quien se hace cargo de la construcción y operación de las obras. De esta manera, se aumenta la eficiencia con respecto a los organismos públicos considerando que estos no tienen la función de ser especialistas, por ejemplo, en el desarrollo y operación de proyectos de calefacción distrital.

En el modelo chileno, el proyecto a ser concesionado puede provenir de una iniciativa pública o privada, y es el MOP, en consulta con otros organismos, el que determina la idoneidad del proyecto y la posibilidad de subsidiar ciertas inversiones en pos del bien público, como se indica en el capítulo 5.3. Lo que se concesiona en un proyecto de Energía Distrital, es el uso o explotación del subsuelo, para la venta de energía térmica a los usuarios finales.

El contrato de concesión se ejecuta por un período de tiempo acotado y los contratos pueden incorporar estrictas cláusulas de cumplimiento de condiciones de calidad y continuidad del servicio, actividades de monitoreo, etc. Una vez finalizado el contrato de concesión, la infraestructura instalada vuelve a ser propiedad del sector público, que en el caso de Chile está obligado a volver a concesionar su operación a menos que exista algún motivo de fuerza mayor que lo justifique.



Adecuado para la implementación de un sistema de Energía Distrital en edificaciones existentes, debido a su mayor costo de inversión inicial.



Para el sector privado puede ser más atractivo que otros modelos, ya que existen herramientas para facilitar el financiamiento: ingresos mínimos garantizados, subsidios, etc.



Es posible que desde el sector público no existan las capacidades para poder establecer claramente las condiciones técnicas y la fijación de tarifas en el proceso de concesión, que permitan un servicio confiable y seguro.



Sector privado toma alto riesgo, lo que podría traducirse en precios más altos hacia el sector público.

## EJEMPLO CASO DE ÉXITO

**Olympic Park District Energy Scheme**, Londres, Inglaterra comprende una red de 16 km para abastecer de calefacción y refrigeración a los Juegos Olímpicos y Paralímpicos de Londres del 2012. Opera bajo un modelo de concesión de 40 años de duración, con el que se ha logrado mejorar la eficiencia global en cerca de un 30% en comparación con sistemas individuales y reducir a su vez significativamente las emisiones de carbono. Posterior a los juegos, ha pasado a servir al nuevo desarrollo metropolitano del este de Londres, del cual se espera además la construcción de 5 barrios adicionales.

<http://www.queenelizabetholympicpark.co.uk>

## 6.6 Modelo contratación – 100% privado

Un inversionista o un grupo de inversionistas, se hace cargo del desarrollo, financiamiento y operación de un sistema de Energía Distrital. La inversión genera utilidades para el o los inversionistas a través de la venta de calor a terceros, que pueden ser personas individuales, empresas o el sector público.

Es importante destacar, que en este modelo, el sector público también puede llegar a tener un rol importante, sin que implique su participación como propietario en el proyecto, como se detalló en el capítulo 5.



### EJEMPLO CASO DE ÉXITO

**En la República Checa**, numerosas empresas locales y extranjeras compraron y actualmente operan los sistemas de calefacción distrital de varios municipios. En Louny por ejemplo, Lounské tepelné hospodárství spol. s r.o. es 100% privada y repartida mediante acciones. Entre otros ejemplos se encuentran las empresas Komterm y Tedom, MVV Energie y Dalkia

<http://www.districtheatingscotland.com>

Más allá de las tipologías de modelos de negocio implementadas, siempre es posible adaptar el grado y la forma de participación de los distintos actores para lograr un esquema atractivo para las inversiones. Un ejemplo de esto son los **modelos “PipeCo”**.

Este modelo divide la inversión de un sistema distrital en dos componentes: el sistema de distribución, que tiene una vida útil mayor a 50 años y el sistema de generación, que tiene una vida útil de entre 15 a 20 años. De manera simplificada, el modelo funciona de la siguiente manera:

1. Una compañía “A” consigue financiamiento y ejecuta el proyecto de Energía Distrital.
2. Una vez ejecutado el proyecto, los costos totales son conocidos y el ingreso operacional está asegurado por los contratos con los usuarios finales.
3. La compañía “A” vende a una compañía “B” las redes de distribución, pero se mantiene con la propiedad de la central de generación. La compañía “B” es una compañía que busca inversiones de bajo riesgo, a largo plazo.
4. “B” cobra una tarifa a la compañía “A” por el uso de las redes. Este cobro es bajo, pero a largo plazo.
5. La empresa “A” ha conseguido en el corto plazo amortizar su mayor inversión: la red de distribución, y se queda con la parte del proyecto que tiene una mayor tasa de retorno.
6. Una vez consolidado el esquema, el desarrollador “A” está en condiciones de desarrollar nuevos proyectos, comenzando nuevamente con el ciclo.

Tanto el desarrollador inicial como el tercero dueño de las redes llevan una relación simbiótica, pero cada uno con distintas estructuras de financiamiento.

## 6.7 Contratos de suministro de energía

Uno de los aspectos fundamentales para rentabilizar un proyecto de Energía Distrital se basa en una apropiada gestión de contratos de suministro de calor, en los cuales se establece una relación de largo plazo entre el proveedor y el cliente. Se recomienda que la gestión de los contratos sea consultada por expertos, los cuales deberán establecer los modelos de contratos más adecuados dependiendo de las condiciones del sistema.

Un factor clave para poder obtener contratos con los clientes del sistema, es contar con un sistema de cobros claro, contratos justos y protección ante deficiencias del sistema, conquistando la confianza de los clientes.

Un contrato de suministro de energía debería considerar al menos los siguientes aspectos:

— Definición clara de la estructura de costos de la tarifa, identificando los costos fijos y los costos variables asociados al consumo de energía. Una estructuración posible para la identificación de estos costos es la siguiente:

- Costos fijos mensuales de amortización de la inversión, obras de renovación y reparación.
- Costos basados en el consumo de energía, variables cada mes en función de la energía consumida.
- Costos operativos, que consideren otros costos de operación como el servicio de cobranza.
- Otros gastos.

— Definición clara de los criterios de fijación de precios de la energía térmica entregada al usuario. Los precios pueden ser indexados, por ejemplo, a índices de precio de los combustibles, índices de precios al consumidor, etc.

- Reglas claras sobre la regularidad de los cobros, la exactitud en la facturación, indicando las características del medidor de energía, sus certificados de calibración y su vigencia.
- Condiciones técnicas de conexión y potencia conectada del consumidor de calor/frío.
- Definición clara de las temperaturas aseguradas de entrega del suministro de calor/frío, punto de medición de las temperaturas y caudales entregados.
- Se deben especificar las medidas de seguridad o de respaldo para el aseguramiento del suministro en caso de fallo de la fuente de calor principal. Se debe indicar el procedimiento y las condiciones en las cuales entra en operación el sistema de respaldo.
- Se deben indicar las posibles compensaciones económicas por interrupción del suministro.
- Se deben indicar las normativas técnicas utilizadas para la instalación de los componentes, las conexiones y los elementos de medición.
- Indicar la duración prevista del contrato, las condiciones de rescisión, y el procedimiento en caso de modificaciones.
- Marco legal para la generación y distribución de la energía.
- Oportunidades de financiamiento tales como modelos ESCOs o leasing.

Para los modelos ESCO, se recurre a una empresa de servicios energéticos, quienes son los encargados del financiamiento, implementación, operación y mantenimiento del sistema. El cobro se realizará a través de un Contrato de Desempeño Energético – CDE, generando ahorros en relación a la condición anterior. El contrato tendrá una vigencia que dependerá de las condiciones establecidas entre la empresa y el cliente, considerando los costos de operación, mantenimiento, amortización de la inversión, utilidades, ahorros y riesgos. Existe una serie de alternativas para estos modelos, entre los que se encuentran por ejemplo, los Fast-Out, Venta de Energía, entre otros.



# Parámetros económicos y financieros

## 7.1 Rentabilidad

Al igual que para cualquier proyecto de inversión privada, es fundamental que la operación del sistema genere la rentabilidad esperada, a la vez que permita ofrecer precios competitivos a los consumidores finales. Esto permitirá el desarrollo de proyectos que sean atractivos para futuros inversionistas, y que por lo tanto puedan ser replicados en otras localidades, o bien ampliados en su alcance inicial.

Es fundamental contar con un análisis económico claro que permita identificar una tarifa óptima para el usuario final, que considere tanto los costos fijos y los costos variables, que son los indicados en la Figura 7-1:



Figura 7-1: Distribución de los costos asociados a los cobros en el proyecto. Fuente: Adaptado de AEW Energie AG

La tarifa final debe ser capaz de amortizar el proyecto y generar rentabilidades, por lo que deben llegar al menos al mismo valor de los costos de inversión, operación y mantenimiento durante el período de evaluación del proyecto (llevados a valor presente utilizando la tasa de descuento utilizada por el inversionista).

Los costos mostrados en la figura anterior se detallan a continuación:

TIPO DE COSTOS	DESCRIPCIÓN
Costos Financieros	<p>La tarifa final para el usuario debe considerar la amortización de las inversiones realizadas, considerando todos los costos o gastos financieros asociados (intereses, seguros, etc.), llevados a valor presente anual.</p> <p>Se distinguen cuatro tipos de costos o gastos financieros:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Inversión</li><li>• Riesgo</li><li>• Ganancias</li><li>• Reserva</li></ul>



TIPO DE COSTOS	DESCRIPCIÓN
<b>Costos Energéticos</b>	<p>Se presentan dos tipos de costos energéticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Costos de mantención, que presentan poca variabilidad y son predecibles en un año: <ul style="list-style-type: none"> <li>Reemplazo preventivo de componentes.</li> <li>Mantenciones programadas.</li> <li>Costo de facturación a usuarios finales.</li> <li>Costos de operación no asociados a combustible.</li> </ul> </li> <li>Costos de abastecimiento de energía térmica, que pueden presentar variaciones importantes en un período de tiempo de un año.</li> </ol> <p>Estos costos de abastecimiento de energía son transferidos al usuario final de manera proporcional a la energía consumida por este (la cual es contabilizada a través de equipos específicos de medición), mientras que la variación en los costos de abastecimiento de combustible para el operador del sistema puede ser transferida al usuario final a través de una metodología de indexación de precios, que debe estar claramente indicada en el contrato entre el operador y el usuario final, y que permite a este contar con una mayor transparencia sobre la tarifa final.</p>

Tabla 7-1: Costos asociados a los cobros en un proyecto de Energía Distrital

Para Chile, no existe una base de datos amplia que permita decir con un cierto grado de certeza cuáles son los costos típicos para cada uno de los componentes de la tarifa, pero si se puede revisar la literatura internacional, que indica una distribución de los costos (o cobros), de acuerdo a lo mostrado en la Figura 7-2.

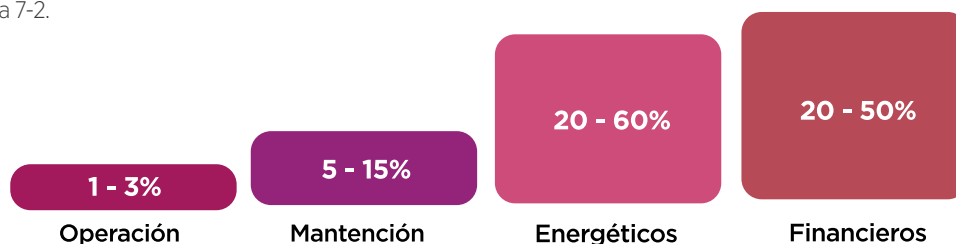


Figura 7-2: Distribución porcentual de los costos operacionales estimada para un proyecto.

Fuente: Elaboración propia en base a proyectos desarrollados por Dr. Eicher + Pauli AG adaptado a la realidad chilena.

Como se aprecia, la amortización de los costos de capital es uno de los que más peso lleva en la tarifa final por el usuario. En este sentido, es importante tratar de optimizar los costos financieros asociados, a través de buenas condiciones de financiamiento a largo plazo, el aprovechamiento de obras de infraestructura en construcción, la utilización de terrenos de bajo costo, etc. Para información adicional, puede revisar el Capítulo 3.2.

Con respecto al costo asociado al valor de los energéticos primarios, es importante optimizar la operación mediante la utilización de un energético o combustible que tenga precios estables, sea económico y con alta disponibilidad, asegurando su aprovisionamiento.

Nuevamente Chile no posee suficientes casos como para analizar detalladamente los costos de inversión, sin embargo, la experiencia internacional entrega una buena estimación (ver Figura 7-3):

#### Parámetros cruciales que influyen en los costos



Figura 7-3: Distribución porcentual de los costos de inversión en los distintos componentes y los parámetros más importantes que influyen los costos.

Fuente: Elaboración propia en base a proyectos desarrollados por Dr. Eicher + Pauli AG adaptado a la realidad chilena

## 7.2 Parámetros principales

A continuación se muestran algunos de los principales parámetros que permiten tener una primera aproximación de la rentabilidad de un proyecto.

### 7.2.1 Densidad de demanda de energía

Como se mencionó en el capítulo 4.2, un factor importante para poder determinar si un proyecto es factible desde el punto de vista económico, corresponde a la densidad de la demanda en una zona determinada. Esto es, debe existir una cierta demanda de energía térmica por cada metro de tubería de distribución instalada que permite tener un proyecto rentable.

De acuerdo al PNUMA, en su documento “District Energy in Cities”, la variación de los costos nivelados<sup>30</sup> baja considerablemente a medida que aumenta la densidad de demanda de energía, como se puede ver en la Figura 7-4. También se puede apreciar a modo de referencia, que para el caso residencial, los costos de conexión y la red aumentan a medida que se incorporan viviendas al sistema distrital. Este hecho se produce debido a que cada casa requiere de una acometida, mientras que para departamentos, se puede atender a una gran cantidad de consumidores finales utilizando una única acometida.

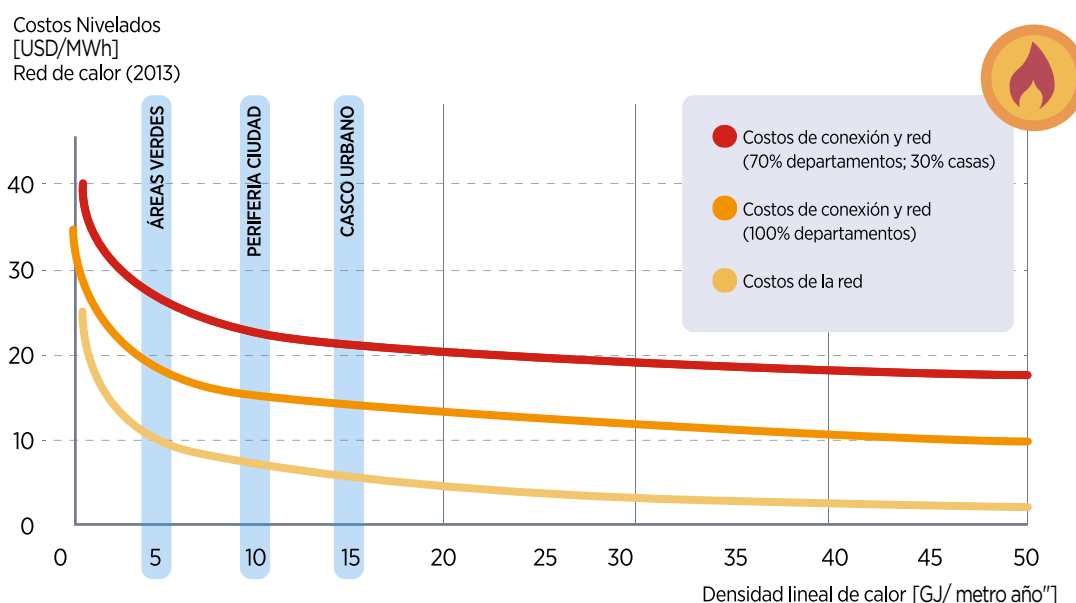


Figura 7-4: Variación de los costos nivelados para distintas densidades de demanda de energía. Fuente: Iniciativa District Energy in Cities de UNEP

### 7.2.2 Tipo de planta

En general las tecnologías que permiten costos operacionales más bajos, como bombas de calor, centrales de Waste to Energy, calderas de biomasa, tienen mayores costos iniciales que tecnologías convencionales. Aquí está entonces el desafío de evaluar adecuadamente en que punto la mayor inversión inicial se puede compensar con los menores costos operacionales.

### 7.2.3 Costos de capital

El tercer gran componente de los costos asociados a un proyecto de calefacción distrital, corresponde a los Costos de capital. La magnitud de los costos que deberán realizarse, asociados a los costos de capital puede ser modificada por dos principales factores:

- El tiempo considerado para la amortización del proyecto.
- La tasa de interés obtenida para el financiamiento, o bien la tasa de descuento

Como se vio en la Figura 7-2, los costos de capital significan hasta un 50% de los costos finales. Si se considera que el proyecto debe ser amortizado en un período de 20 años y no durante su vida útil de 50 años, se tiene que los costos de capital aumentan en un 5%.

<sup>30</sup> Los costos nivelados corresponden al cociente entre los costos de inversión y operación durante la vida útil del proyecto, llevados a valor presente con la tasa de descuento del inversionista, y la cantidad de energía total suministrada durante dicho período. Más detalles en el glosario.

Por otro lado, el impacto de la tasa de interés considerada para el financiamiento tiene un impacto mucho mayor. A modo de ejemplo, al cambiar el interés de un 4% a un 5% aumenta el costo de capital en un 25%.

Tiempo de amortización	50a	→	20a
Costos de capital	100%		105%
Interés de deuda	4%	→	5%
Costos de capital	100%		125%

## 7.2.4 Combustible

La componente variable del cobro corresponde al combustible. Como se dijo previamente, una de las ventajas de la Energía Distrital es una flexibilidad muy amplia a la hora de seleccionar el energético utilizado en su operación, permitiendo incluso poder cambiar la fuente energética después de haber entrado en operación, si las condiciones económicas lo ameritan o hacer una combinación de distintas fuentes.

Al igual que para la selección de tecnología, se debe hacer un análisis económico detallado que permita visualizar un balance adecuado entre los costos de inversión inicial y los costos de operación del sistema distrital.

Además del precio actual de cada energético o combustible, también es importante tener una noción de la volatilidad de sus precios. Como se ve en la Figura 7-5, distintos energéticos pueden presentar distinta variabilidad de sus precios a lo largo del tiempo.

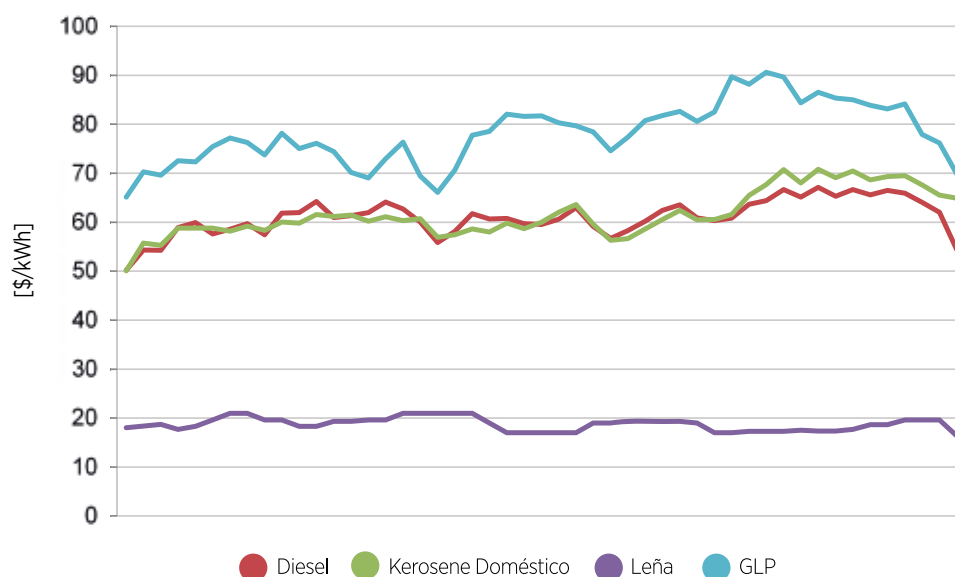


Figura 7-5: Evolución del precio de la energía contenida en distintos energéticos a nivel nacional. Los precios se muestran únicamente a modo de referencia.

Este factor de variabilidad en el tiempo debe ser considerado dentro de la planificación económica del proyecto, ya que podría representar una fuente de riesgo importante.

El precio de venta de energía térmica al consumidor estará influenciado por los costos de inversión, de capital y de operación. Por lo tanto, si en un proyecto se quiere influir sobre este precio de venta (para tener por ejemplo, una mayor cobertura), se debe actuar sobre cualquiera de estos parámetros.



Cuando se realice una evaluación social del proyecto, se debe considerar además el costo de las externalidades que se están evitando.

## 7.3 Financiamiento

Como se discutió en los capítulos precedentes, existen diversos modelos de negocio que pueden aplicarse para el desarrollo y la implementación de un sistema de energía distrital. Dependiendo del grado de participación del sector privado, se pueden plantear de distintos tipos de financiamiento:

DESARROLLADOR O INVERSIONISTA DEL PROYECTO	FUENTES DE FINANCIAMIENTO
Inversión 100% privado	<p><b>Financiamiento convencional.</b> Financiamiento convencional a través de la banca y recursos propios.</p> <p><b>Green Bonds:</b> Los “Green Bonds” son instrumentos financieros para financiar proyectos que tienen un beneficio para el medio ambiente o el clima. Para saber si un proyecto clasifica como verde o no, existen los “Green Bond Principles” del International Capital Market Association (<a href="https://www.icmagroup.org/green-social-and-sustainability-bonds/green-bond-principles-gbp/">https://www.icmagroup.org/green-social-and-sustainability-bonds/green-bond-principles-gbp/</a>) y los “Climate Bond Standards” del Climate Bond's Initiative (<a href="http://www.climatebonds.net/standards">http://www.climatebonds.net/standards</a>)</p>
Inversión público – privada Inversión 100% pública	<p><b>Ministerio de Energía / Medio Ambiente:</b> Los ministerios previamente han destinado recursos para el desarrollo de estudios de prefactibilidad de sistemas de calefacción distrital. Bajo esta misma lógica, podrían destinar recursos para la elaboración de estudios, ingeniería, etc.</p> <p><b>GEF (Global Environmental Facility):</b> Los fondos GEF están disponibles para países en desarrollo y países en economías de transición para el cumplimiento de acuerdos y convenciones en temas ambientales. El apoyo de GEF es otorgado, entre otros, a agencias de gobierno, organizaciones de la sociedad civil y compañías del sector privado para la implementación de programas y proyectos. Más información se puede encontrar en <a href="http://www.thegef.org">www.thegef.org</a></p> <p><b>GCF (Green Climate Fund):</b> El fondo verde para el Clima o GCF, tiene como objetivo el catalizar fondos, abriendo mercados a nuevas inversiones para financiamiento climático, y apunta a maximizar el impacto del financiamiento público de una manera creativa, atrayendo nuevas fuentes de financiamiento privado.</p> <p>El acceso a los recursos del GCF se realiza a través de entidades acreditadas (AE), que en una primera instancia deben enviar “Notas Conceptuales” al GCF para recibir un feedback y recomendaciones, que aclararán si el proyecto está apoyado, no apoyado pero con posibilidad de reenvío, o rechazado. Más detalle sobre esto y las etapas posteriores para la formulación de un proyecto, se puede encontrar en <a href="http://www.greenclimate.fund/gcf101">http://www.greenclimate.fund/gcf101</a></p> <p><b>FNDR (Fondo Nacional de Desarrollo Regional):</b> Es un instrumento financiero, a nivel regional, que permite la materialización de programas y proyectos de desarrollo regional. Este fondo está administrado por los Gobiernos Regionales y por la Subsecretaría de Desarrollo Regional. La aprobación y priorización de los recursos le corresponde al Consejo Regional, en base a la propuesta formulada por el Intendente Regional, previa consideración favorable de los proyectos presentados por las Municipalidades y otros Servicios Públicos. Más información en <a href="http://www.subdere.gov.cl/programas/divisi%C3%B3n-desarrollo-regional/fondo-nacional-de-desarrollo-regional-fndr">http://www.subdere.gov.cl/programas/divisi%C3%B3n-desarrollo-regional/fondo-nacional-de-desarrollo-regional-fndr</a></p> <p><b>PEDZE (Plan Especial de Desarrollo de Zonas Extremas):</b> Los Pedze ponen recursos a disposición para las zonas extremas. Estas son Arica y Parinacota, Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo; Palena y Cohamó en la Región de los Lagos; Magallanes y la Antártica Chilena.</p>





# Casos de éxito

## 8.1 Internacional

### 8.1.1 Calor residual de un laboratorio para una escuela



El laboratorio “ZLB Bioplasma” en Berna, Suiza, durante los años 90 se encontraba en una etapa de expansión y ampliación de sus operaciones. Durante el año 1993, se realizó una revisión del concepto de suministro de calor con el objetivo de facilitar la ampliación del laboratorio.

Se encontró que con las infraestructuras existentes era suficiente para cubrir la demanda y que no eran necesarias inversiones adicionales. Además, se identificó el potencial de calor residual no utilizado de alrededor de 1.000 kW.

Como consecuencia, la consultora consiguió un acuerdo con un complejo escolar vecinal como consumidor de calor y organizó contribuciones financieras del gobierno federal, el cantón y la ciudad. Por sugerencia del Ministerio de Energía de Suiza, se planificó e implementó una planta piloto y de demostración con una bomba de calor de absorción para el aprovechamiento del calor residual. Hoy en día, el laboratorio “ZLB Bioplasma” suministra calor al complejo escolar a través de una extensa red de distribución.

#### DATOS TÉCNICOS

Potencia de Calefacción	50 a 500 kW
Temperatura del agua de calentamiento	75°C

#### COSTOS E INVERSIONES

Aprovechamiento del calor residual	\$570 MMCLP
------------------------------------	-------------

#### CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN

Cliente	Laboratorio “ZLB Bioplasma”
Implementación	1993, Berna, Suiza

### 8.1.2 Bomba de calor geotérmica con aguas subterráneas

La calefacción distrital de **Marzili en Berna, Suiza** abastece, además de una propiedad privada, a numerosos edificios federales y cantonales, incluida la Administración Tributaria Federal. El ambicioso proyecto comenzó en 1996, cuando la ciudad de Berna y la cooperación energética “ADEV” se hicieron cargo del patrocinio.

La unidad central contempla una bomba de calor de dos etapas, la cual alcanza un coeficiente de rendimiento (COP) anual de 3,4 a pesar de las altas temperaturas de calentamiento requeridas (65°C). La alta eficiencia es atribuida al uso de energía geotérmica de las aguas subterráneas. Adicionalmente, la bomba de calor opera en complemento con una planta de cogeneración. A través de la calefacción distrital se redujo en un 33% el consumo de combustibles fósiles y las emisiones de CO en un 40%.



DATOS TÉCNICOS	
Potencia de Calefacción Total	3.300 kW
Demanda de calefacción	6,6 MWh
Potencia de Calefacción Bomba de Calor	500kW
Potencia eléctrica Cogeneración	266 kW
Sustitución energía fósil	165 M litros de petróleo

COSTOS E INVERSIONES	
Generación de calor, Tuberías distritales, Aprovechamiento fuente de calor	\$ 2.500 MM CLP

CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN	
Cliente	Empresa “Calefacción Distrital Marzili Berna AG”
Implementación	1999, Berna, Suiza

### 8.1.3 Calefacción residencial comunitaria a través de cogeneración

La municipalidad de Aberdeen, Escocia, que cuenta con cerca de 26.500 propiedades, en su mayoría residenciales, desarrolló una estrategia de calefacción comunitaria con el objetivo principal de brindar altos estándares de calefacción, con un sistema sostenible, que garantice la seguridad de los clientes, a precios asequibles y que además sea capaz de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para ello, la estrategia contaba con programas de mejoramiento de las edificaciones en cuanto materialidad y aislamiento además del establecimiento de un sistema de generación que fuera, en términos de capital, abordable por el municipio. Como consecuencia, se decidió por la implementación de un sistema de calefacción distrital mediante cogeneración emplazado inicialmente en un lugar con alta densidad, existencia de sistemas de calefacción en el fin de su vida útil y otras edificaciones cercanas que presentaran condiciones aptas para una expansión futura. Además, se consideró que cerca del 70% de los residentes presentaban condiciones de pobreza energética.

Comenzó como un proyecto para 288 departamentos de 4 edificios, pero que a la fecha abastece a cerca de 2.350 departamentos de 33 edificios residenciales y 15 edificios públicos a lo largo de la ciudad, alcanzando la condición de confort para sus clientes y con un pago cercano a la mitad del pagado anteriormente.

Su implementación se llevó a cabo mediante la creación de una organización sin fines de lucro la cual contempla un equipo de cogeneración y dos calderas para su utilización para horarios punta y respaldo, todas abastecidas por gas. El 47% de la energía generada es vendida a los mismos clientes de la red de calor y la tarificación es plana para toda la comunidad. Es interesante notar que, al no disponer de medidores individuales de energía e incluir este cobro como parte del costo total del arriendo, el cobro por calefacción queda exento de IVA.

DATOS TÉCNICOS	
Potencia Eléctrica Cogeneración	210 kW
Potencia Térmica	2 x 700 kW
Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub>	45%

COSTOS E INVERSIONES	
Costo total del proyecto	\$ 1.360 MMCLP
Costo planta de CHP	\$ 224 MMCLP

CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN	
Cliente	Aberdeen Heat and Power Company
Implementación	2003, Aberdeen, Escocia

### 8.1.4 Reducción de la contaminación mediante cogeneración

En el distrito Wyler de Berna, el antiguo sistema de calefacción central abastecía a los primeros rascacielos de la ciudad (1955). A lo largo de los años, el área de suministro de la red de calefacción distrital creció, llegando hoy a abastecer a 500 departamentos, un asilo de ancianos y varios negocios comerciales. Originalmente, el calor era generado utilizando carbón, el cual fue reemplazado por petróleo en los años 60. En 1992, la Ordenanza de Aire Limpio de Suiza restringió el uso de calderas debido a la alta contaminación, por lo que hubo que plantear nuevas tecnologías de generación que cumplieran con los estándares establecidos.

#### DATOS TÉCNICOS

Potencia de Calefacción	2.300 kW
Demanda de calefacción	4 GWh/año
Potencia eléctrica Cogeneración	550 kW
Reducción Contaminación	75%

#### CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN

Cliente	Empresa de Construcción Wyler, Berna Central Eléctrica de Berna
Implementación	1997-1999, Berna, Suiza

Los ingenieros presentaron diferentes opciones y recomendaciones, de las cuales finalmente se optó por una planta de cogeneración con dos calderas de gas y diesel, además de una renovación del antiguo sistema de calefacción. Como consecuencia, se logró una reducción del 75% de la contaminación y adicionalmente se produjo electricidad para 500 departamentos, un resultado digno de imitación.

Para asegurar un buen funcionamiento del sistema y compartir el riesgo, la empresa constructora y la central eléctrica de la ciudad de Berna formaron conjuntamente un Joint Venture con propiedad compartida.

### 8.1.5 Cogeneración a biomasa y biogás

La empresa "Oberland Energie AG" construyó un centro de biomasa en Spiez, Suiza. Este ingenioso sistema de reciclaje consiste en una planta de biogás y un sistema de calefacción de leña residual y madera de reciclaje.

La calefacción en base de leña residual y madera de reciclaje permite a la empresa cercana Nitrochemie AG prescindir casi por completo de los combustibles fósiles. Nitrochemie AG recibe el vapor generado por la calefacción a leña, a través de un suministro de vapor remoto de aproximadamente 450 m de longitud, donde se utiliza para los procesos de producción. El combustible utilizado es leña residual de fermentación, leña proveniente de poda y madera reciclada.

La planta de biogás utiliza el proceso biológico de formación de metano, donde la fermentación de la biomasa se realiza con exclusión del aire debido a la actividad de bacterias. Bajo condiciones controladas y optimizadas, el biogás se produce a partir de residuos orgánicos. El gas producido en los fermentadores se transporta a dos centrales de cogeneración de funcionamiento independiente, en las que se genera electricidad y calor residual, con el cual alimenta un gran centro de laboratorios. Con ello, se ha logrado un uso altamente eficiente de la energía del proceso de fermentación. Si el calor residual no es suficiente, se alimenta adicionalmente con calor proveniente de la combustión de leña.



#### DATOS TÉCNICOS

Calor producido para Nitrochemie AG	30 – 35 GWh/año
Calor producido para Laboratorio	4,5 GWh/año



Ahorro de Diesel	3,5 - 4,0 MM litros /año
Ahorro de CO <sub>2</sub>	10.000 ton/año
<b>COSTOS</b>	
Centro de biomasa total	19.180 MM CLP
Planta de leña	9.090 MM CLP
Planta de biogás (cogeneración)	9.090 MM CLP
<b>CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN</b>	
Cliente	Energie Oberland AG, Spiez, Suiza
Implementación	2010 - 2011, Thun, Suiza

### 8.1.6 Calefacción Distrital a biomasa para 800 hogares

El Municipio de Köniz, Suiza, persigue una política energética activa que contribuye al desarrollo sustentable de la comuna. Para alcanzar los ambiciosos objetivos de esta política, se debe reducir el consumo de energía y promover el uso de energías renovables. En este contexto, la empresa "BKW AG" y el municipio de Köniz establecieron una calefacción distrital sustentable y ecológica a la cual se pueden conectar y abastecer hasta 800 hogares.

La energía para calefacción y agua caliente sanitaria se produce hoy en día en un nuevo sistema de calefacción central con dos calderas a biomasa con una potencia total de 4,5 MW, capaces de combustionar virutas de madera. Para cubrir las demandas punta, se instaló adicionalmente una caldera de fueloil en una central de calefacción existente. De esta forma, la instalación es capaz de operar utilizando un 95% de virutas de madera y un 5 % de



<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Potencia de Calefacción	2.300 kW
Calor producido anualmente	8 GWh/año
Ahorro de fuelóleo	1,0 MM litros /año
Ahorro de CO <sub>2</sub>	2.700 ton/año
<b>COSTOS E INVERSIONES</b>	
Inversión total	5.300 MM CLP
<b>CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN</b>	
Cliente	BKW Energía AG, Suiza
Implementación	2015 - 2016

fueloil. Ambas calderas están equipadas con un moderno precipitador electrostático, que reduce la concentración de partículas finas provenientes de los gases de combustión antes de ser liberado al ambiente.

El sistema cubre el 100% de las necesidades térmicas de unos 800 hogares para su uso en calefacción y agua caliente sanitaria. El calor producido a partir de leña local puede ahorrar alrededor de 1.000.000 de litros de fueloil para calefacción y evitar la emisión de 2.700 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

## 8.2 Nacional

Los proyectos a nivel nacional son escasos y han sido desarrollados en su mayoría en Santiago, a excepción de uno en la ciudad de Temuco<sup>31</sup>. Los datos de estos se detallan a continuación:

PROYECTO	LOCALIDAD	POTENCIA TÉRMICA INSTALADA	ENERGÉTICO UTILIZADO	Nº VIVIENDAS CONECTADAS	SUPERFICIE AFECTA [m <sup>2</sup> ]	EXTENSIÓN RED DE DISTRIBUCIÓN [m]	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
Torres de San Borja	Santiago	3 [MW <sub>th</sub> ]	Biomasa	1.512	115.000	3.800	1969 <sup>32</sup>
Cumbres del Cóndor	Santiago	800 [kW <sub>th</sub> ]	Biomasa	58	14.500	500	2015
Departamentos de Hacienda	Santiago	N.I. <sup>33</sup>	Gas Ciudad	80	18.200	N.I.	2015
Frankfurt	Temuco	140 [kW <sub>th</sub> ]	Geotermia	34	5.650	300	2009

Tabla 9-1: Proyectos de Energía Distrital en Chile. Fuente: Estudio hoja de ruta de calefacción distrital - EBP / CDT 2016

A continuación, se describe en detalle dos de los proyectos antes expuestos, el primero como la primera iniciativa nacional en el año 1969, ubicada en Santiago, y la segunda siendo una iniciativa reciente en la ciudad de Temuco que utiliza tecnologías distintas a la biomasa.

### 8.2.1 Primera iniciativa nacional: Remodelación San Borja

Desarrollado por la Corporación de Mejoramiento Urbano - CORMU, las Torres de San Borja corresponden al primer sistema de calefacción distrital en Chile, el cual comenzó la construcción de sus primeras 12 torres en el año 1969, dando paso en los años siguientes a 9 torres adicionales.

Cuenta con su propia empresa sanitaria - COSSBO, la cual abastece de agua potable, calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) mediante una red de casi 4 km de largo que recorre, por túneles subterráneos, parte del centro de Santiago.

Originalmente el proyecto fue concebido para operar con calderas de petróleo pesado, y se dimensionó para abastecer a 45 torres que originalmente contemplaba el proyecto de Torres de San Borja. Finalmente se construyeron solo 21 torres y, con el paso de los años, el combustible utilizado migró a carbón, petróleo Nº5 aditivado, gas natural y finalmente biomasa, que desde el año 2012, opera mediante una caldera de 3 [MW] alimentada con chips de madera. Es capaz de abastecer a un total aproximado de 2.800 departamentos con Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Además, contempla un filtro multiciclón más un filtro electrostático para la mitigación de las emisiones de material particulado, con el cual cumple con las normativas de emisión vigentes de la Región Metropolitana.

#### DATOS TÉCNICOS

Potencia Térmica	3 MW
Calor producido anualmente	14 GWh/año
Ahorro de petróleo	1,2 MM litros/año
Ahorro estimado de CO <sub>2</sub>	3.640 ton/año <sup>34</sup>

31. Existe además en la Villa Parque San Sebastián, pero se encuentra en etapa de piloto

32. La central original terminó de ser construida el año 1972, pero la caldera que está operando actualmente entró en operación el año 2012

33. No Identificado

34. Estimación realizada en base al reemplazo de combustible fósil (petróleo Nº5) y demanda de energía térmica - EBP Chile

### COSTOS

Costo operacional	340 MM CLP/año
Tarifa de venta energía	42 CLP/kWh

### CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN

Cliente	Corporación de Mejoramiento Urbano - CORMU
Implementación	1969 , Santiago, Chile.

## 8.2.2 Primer proyecto geotérmico distrital en Chile: Condominio Frankfurt

El Condominio Frankfurt de Temuco, corresponde al primer proyecto geotérmico distrital en América Latina. Construido en el año 2009, contempla el consumo en calefacción y ACS para 34 viviendas unifamiliares en un total de 5.650 [m<sup>2</sup>]. Posee una red de distribución de 300 m de largo<sup>35</sup>.

El sistema de generación corresponde a dos bombas de calor para suplir la demanda térmica en calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) de sus 130 residentes. Cada una de las viviendas está diseñada para ser calefaccionada con apenas 27 kWh/m<sup>2</sup> • año, el cual equivale a una demanda 12 veces menor que el consumo promedio de las viviendas existentes en el parque inmobiliario de la ciudad de Temuco. El bajo consumo se debe a su diseño pasivo, con un alto grado de aislación térmica y acústica, además de un riguroso control de infiltraciones, ventilación controlada y uso óptimo de la energía luminica y térmica.

Su operación se base en aprovechar la temperatura de las aguas subterráneas, para calefaccionar, enfriar y generar ACS a través de una bomba de calor. Estos sistemas permiten trabajar a mayor eficiencia con bajas temperaturas, que pueden ser mejor aprovechadas por viviendas con baja demanda de energía térmica.

Finalmente, las bombas de calor, cada una con una potencia de 36 kWe, utilizan electricidad para su funcionamiento, facilitando las instalaciones y logística de transporte de energético. Este tipo de sistemas permite ahorrar hasta un 90% en costos operacionales del sistema de calefacción y ACS. Resulta importante destacar que el costo del proyecto fue de 0,85 UF/m<sup>2</sup>, muy por debajo de los costos de un sistema individual calefacción y ACS individual. (Aprox, 5 UF/m<sup>2</sup>).

### DATOS TÉCNICOS

Potencia Térmica	2 x 70 kW
Temperatura de operación	42°C
Calor producido anualmente	228 MWh/año
Ahorro comparado de diesel	25 M litros/año <sup>36</sup>
Ahorro de CO <sub>2</sub>	69 ton/año <sup>37</sup>

### COSTOS E INVERSIONES

Costo de inversión generación	3.160 UF
Costo de inversión distribución	1.580 UF
Costo por m <sup>2</sup>	0,85 UF/m <sup>2</sup>

### CLIENTE E IMPLEMENTACIÓN

Cliente	Inmobiliaria Frankfurt
Implementación	2009, Temuco, Chile

35. No considera la distribución interna de las viviendas

36. La estimación considera el reemplazo de diesel para calefacción y ACS - EBP Chile

37. Estimación realizada en base al reemplazo de combustible fósil y demanda de energía térmica - EBP Chile

## 8.3 Lecciones aprendidas caso nacional

### 8.3.1 Sistemas de control individual de temperatura

En el caso de las Torres de San Borja, no existe un sistema de control de temperatura para cada uno de los departamentos, provocando discomfort en los usuarios, ya sea por exceso o baja temperatura ambiente al interior de los departamentos. La implementación requiere intervenir muros estructurales, por lo que resulta una muy onerosa adaptación.

### 8.3.2 Sistemas de cobro individualizado

En el caso de las Torres de San Borja, los costos de la calefacción se dividen de manera equitativa entre todas las edificaciones conectadas, a un costo concertado con la comunidad en una Asamblea de representantes, estableciendo una cuota fija mensual igual para cada unidad. Se deben considerar equilibrios entre las componentes comunes e individuales de los cobros, de manera que se incentive al uso eficiente de los sistemas.

### 8.3.3 Considerar la extensión de los sistemas en las etapas iniciales del proyecto.

COSSBO, empresa sanitaria de las Torres de San Borja, está legalmente limitada a los usuarios del polígono de circunscripción inicial, por lo que no puede subsidiar ni vender sus servicios fuera, limitando su crecimiento e inserción en el mercado como empresa proveedora de energía térmica.

### 8.3.4 Energía Distrital en condominios de viviendas

La experiencia del condominio Frankfurt muestra que es factible implementar sistemas de Energía Distrital en condominios o barrios, especialmente si la implementación de este tipo de sistemas en proyectos inmobiliarios nuevos. No obstante, es importante considerar las medidas de eficiencia energética son medidas complementarias a los sistemas, ya que permiten operar a temperaturas menores, las cuales presentan un menor índice de pérdidas y por lo tanto son más eficientes.

### 8.3.5 Uso de Bienes Públicos de Uso Nacional

A pesar de que no existe una regulación jurídica expresa y específica para la Energía Distrital y el uso de bienes públicos de uso nacional, la red de distribución de las Torres de San Borja se muestra como un antecedente de que no es estrictamente necesaria una ley exclusiva para la regulación de los sistemas distritales.

### 8.3.6 Cambio combustible

Las Torres de San Borja inicialmente fueron diseñadas para operar con petróleo Nº6, pero actualmente, debido a la normativa ambiental vigente, no es posible utilizar este tipo de combustible con los sistemas de mitigación de la contaminación existentes. Adicionalmente, el precio actual de, por ejemplo, el gas natural o petróleo diésel, encarece demasiado el costo de producción de energía.

Por otro lado, el desarrollo de la industria de la biomasa ha permitido tener una mayor certeza sobre la seguridad de suministro, por lo que se optó por cambiar de diesel a astillas de madera. Esto demuestra la flexibilidad de los sistemas de Energía Distrital para adaptarse a distintos tipos de combustible.

### 8.3.7 Costos competitivos

Un ejemplo en donde se puede apreciar que el costo final para una vivienda que considera el uso de un calefón a gas y calefacción a leña, es similar al costo incurrido bajo un sistema de calefacción distrital, corresponde al caso de la Villa San Sebastián en Temuco, en donde se desarrolló un sistema distrital a modo de piloto para 5 viviendas. Los ahorros disminuyen los costos directos para los usuarios y deben amortizar la inversión inicial.



Torres de San Borja. Autor: Riissu, bajo licencia CC BY-SA4.0



# Anexos

## A1.1 Normativa nacional aplicable

### • Ley y Reglamento de Concesiones de Obras Públicas (decreto 900 de 1996):

Para la ejecución, reparación, conservación o explotación de obras públicas fiscales, ya se trate de la explotación de las obras y servicios; del uso y goce sobre Bienes Nacionales de Uso Público o fiscales, destinados a desarrollar las áreas de servicios que se convengan; de la provisión de equipamiento o la prestación de servicios asociados.

### • Ley orgánica constitucional de municipalidades (Ley 18.695):

Define las atribuciones y las responsabilidades de las municipalidades, así como los instrumentos que tendrá a disposición para el cumplimiento de estas.

### • Instructivo sobre paralelismos en caminos públicos:

Indica las condiciones para la utilización de las fajas de caminos públicos, estos últimos entendidos como aquellos destinados al libre tránsito situados fuera de los límites urbanos de una población y cuyas fajas son Bienes Nacionales de Uso Público.

### • Normativa técnica de conexión y operación de PMGD en media tensión:

Establece los procedimientos, metodologías y demás exigencias para la conexión y operación de los Pequeños Medios de Generación Distribuidos (en adelante, "PMGD"), en redes de media tensión de concesionarios de servicio público de distribución de electricidad o de aquellas empresas que posean instalaciones de distribución de energía eléctrica que utilicen Bienes Nacionales de Uso Público.

### • Reglamento de seguridad para almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo:

Fija los requerimientos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones de combustibles líquidos derivados del petróleo, como también los requisitos mínimos de seguridad que se deben observar en las operaciones que se realicen con dichos combustibles, con el fin de resguardar a las personas y los bienes, y preservar el medio ambiente.

### • DS 48 - Reglamento de Calderas y Generadores de vapor:

Establece las condiciones generales de construcción, instalación, mantenimiento, operación y seguridad que deberán reunir todas las

calderas en que se generen fluidos a temperaturas y presiones superiores a la atmosférica, ya sean móviles o estacionarias.

### • Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile:

Establece las condiciones mínimas, que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, enfriamiento, ventilación y producción de agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que consumen, por consideraciones tanto económicas como de protección al medio ambiente y teniendo en cuenta a la vez los demás requisitos esenciales que deben cumplirse en los edificios, y todo ello durante un período de vida económicamente razonable.

### • D.S. 66 - Reglamento de Instalaciones Interiores y Medidores de Gas:

Establece los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las instalaciones interiores de gas, sean individuales o colectivas, abastecidas a través de una red -gas de red- o de envases a presión -cilindros- como asimismo sus medidores de gas, ya sean parte integrante de edificios colectivos o casas, de uso residencial, comercial, industrial o público.

### • D.S. 47 - Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones:

Reglamenta la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, el proceso de urbanización, el proceso de construcción, y los estándares técnicos de diseño de construcción exigibles en los dos últimos.

### • D.S. 146 - Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas:

Establece los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas hacia la comunidad, tales como las actividades industriales, comerciales, recreacionales, artísticas u otras. La presente norma establece los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas hacia la comunidad, tales como las actividades industriales, comerciales, recreacionales, artísticas u otras.

### • D.S. 594 - Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de Trabajo:

Establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberá cumplir todo lugar de trabajo, sin perjuicio de la reglamentación específica que se haya dictado o se dicte para aquellas faenas que requieren condiciones especiales. Establece, además, los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos y agentes físicos, y aquellos límites de tolerancia biológica para trabajadores expuestos a riesgo ocupacional.

• **D.S. 37 - Protocolo de Montreal relativo a la reducción y eliminación de los Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs):**

Establece las normas aplicables a las importaciones de sustancias agotadoras de la capa de ozono comprendida en los anexos del Protocolo de Montreal, los volúmenes máximos de importación en el tiempo y los criterios de distribución.

• **Ley 20.096:**

Mecanismos de Control Aplicables a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono: Establece y regula los mecanismos de control aplicables a las sustancias agotadoras de la capa de ozono estratosférico y a los productos cuyo funcionamiento requiera del uso de dichas sustancias, las medidas destinadas a la prevención, protección y evaluación de los efectos producidos por el deterioro de la capa de ozono, por la exposición a la radiación ultravioleta, y las sanciones aplicables a quienes infrinjan dichas normas.

• **Decreto 298 - Reglamento para la Certificación de Productos Eléctricos y Combustibles:**

Establece los procedimientos para la certificación de seguridad y calidad de los productos eléctricos y de combustibles, en adelante "productos", previo a su comercialización en el país, como asimismo normar la autorización de los organismos de certificación, organismos de inspección y laboratorios de ensayos.

• **Decreto 244 - Reglamento para Medios de Generación No Convencionales y Pequeños Medios de Generación establecidos en la Ley General de Servicios Eléctricos:**

Establece las disposiciones para empresas que posean medios de generación y sincronizados a un sistema eléctrico cuya capacidad instalada de generación sea superior a 200 megawatts y que se encuentren dentro de las categorías de PMG, PMGD o MGNC.

• **Decreto 6 - Reglamento Instalaciones Cogeneración Eficiente:**

Establece los requisitos que deberán cumplir las instalaciones de cogeneración eficiente, que corresponden a aquellas en que se genera energía eléctrica y calor en un solo proceso de elevado rendimiento energético, cuya potencia máxima suministrada a un sistema eléctrico sea inferior a 20.000 kilowatts.

• **DFL 4 - Ley General de Servicios Eléctricos:**

Rige las concesiones y permisos, el transporte de energía eléctrica, la explotación de los servicios eléctricos y el suministro y las tarifas

• **Decreto 327 - Reglamento Ley General de Servicios Eléctricos:**

Reglamenta la ejecución y aplicación de la Ley General de Servicios Eléctricos.

• **DFL 323 - Ley General de Gas:**

Regulaciones generales de transporte, distribución y régimen de concesiones de gas de red.

• **Decreto 280 - Reglamento de seguridad para el transporte y distribución de gas de red:**

Establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las redes de transporte y distribución de gas de red, nuevas y en uso, en adelante e indistintamente "las redes de gas", respecto de su diseño, construcción, operación, mantenimiento, reparación, modificación e inspección y término de operación. Además, se establecen las obligaciones de las personas naturales y jurídicas que intervienen en esas instalaciones, a objeto de desarrollar dichas actividades en forma segura, minimizando los riesgos de manera tal que no constituyan peligro para las personas y cosas.

**A1.2 Normativas internacionales para redes de distribución Calefacción Distrital:**

• **EN 489:2009:**

District heating pipes – Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks – Joint assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene

• **EN 288:1993:**

Specification and approval of welding procedures for metallic materials

• **EN 253:2009:**

District heating pipes – Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks – Pipe assembly of steel service pipe, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.

• **EN 448:2009:**

District heating pipes – Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks – Fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.

• **EN 448:2003:**

District heating pipes – Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks – Steel valve assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene.

• **EN 13941:**

2003 - Design and installation of preinsulated bounded pipe systems for district heating.

- **EN 14419:**

2009 - District heating pipes – Preinsulated bounded pipe systems for directly buried hot water networks – Surveillance systems

- **EN ISO 15607:**

2003 - Specification and qualification of welding procedures for metallic materials – General rules.

- **EN ISO 5817:**

2007 - Welding – Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections.

### **A1.3 Calidad y almacenamiento de combustibles sólidos:**

- **EN 15234:**

2009 – Solid biofuels – Fuel quality assurance.

- **NFPA 850:**

Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations.

- **Dangerous substances and explosive atmosphere regulations 2002:**

Approved code of practice and guidance.

- **Directiva para atmósferas explosivas 99/92/EC (ATEX 137)**

- **Directiva para atmósferas explosivas 94/9/EC (ATEX 100)**

### **A1.4 Normas internacionales para salas de calderas:**

- **UNE 60.601**

Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos: establece los requisitos exigibles a los locales o recintos que alberguen, bien generadores destinados a la producción de calor o frío mediante fluido caloportador, excluido el aire e incluido el vapor de agua a presión máxima de trabajo inferior o igual a 0,5 bar, cuya potencia útil nominal conjunta sea superior a 70 kW, o bien equipos de cogeneración cuyo consumo calorífico nominal conjunto sea superior a 70 kW, que utilicen combustibles gaseosos de las familias definidas en la Norma UNE-EN 437.



## A 1.5 Checklist etapa de Perfil y Estudio de Factibilidad

### Definición de objetivos y del liderazgo del proyecto

- ☐ Definir el público objetivo o sector
- ☐ Identificar la oportunidad de negocio que se quiere aprovechar
- ☐ Definir si se consideran redes de calor, frío, ambas.
- ☐ Definir el líder del proyecto

### Identificación de barreras

- ☐ Identificar en conjunto con las autoridades locales las barreras
- ☐ Identificar si existen procedimientos para la eliminación de las barreras
- ☐ Identificar servicios públicos con injerencia en la resolución del problema

### Definición de potenciales zonas de suministro de calor

- ☐ Identificar límites físicos y temporales en base a las oportunidades y posibles dificultades locales
- ☐ Determinar clientes clave > 50 kW (por ejemplo, industria con calor de proceso, grandes edificios públicos y condominios)
- ☐ Identificar las zonas de alto potencial mediante los mapas de calor “heat map” que se están desarrollando actualmente en las ciudades chilenas (Temuco, Renca, Coyhaique, etc.)
- ☐ Identificar zonas de suministro de calor con una densidad de referencia térmica suficientemente alta (> 70 kWh/m<sup>2</sup>)
- ☐ Determinar el suministro energético local y regional, incluyendo otras redes que pudiesen competir con el sistema.

### Identificación de clientes clave

- ☐ Interés de conexión: Si / No
- ☐ Definir un equipo de ventas para asegurar los clientes e identificar las relaciones claves que se deben establecer
- ☐ Establecer los plazos para una posible conexión
- ☐ Determinar la demanda anual de calor en kWh (para la calefacción, refrigeración y/o agua caliente sanitaria y el calor de proceso)
- ☐ Determinar la carga conectada en kW, densidad de suministro de energía en kWh/m<sup>2</sup> y el nivel de temperatura requerida en °C

### Primer layout del proyecto

- ☐ Layout que incluya las zonas con una alta concentración de demanda de calor y las fuentes de energía disponibles.
- ☐ Identificar al menos 2 alternativas de recorridos o sectores de alta densidad

### Primer análisis económico

- ☐ Determinación de la densidad de conexión
- ☐ Determinar los energéticos disponibles para la generación de energía y la volatilidad de los precios.
- ☐ Estimación de los costos de inversión y costes de operación
- ☐ Estimación de las pérdidas por distribución de calor
- ☐ Estimación de los costos de generación de calor, a base del suministro de energía
- ☐ Determinar las tarifas necesarias para conocer la situación financiera

## A 1.6 Checklist etapa Concepto e Ingeniería Básica

### Especificación de clientes clave

- ☐ Especificar las condiciones de conexión para clientes clave
- ☐ Verificar la verosimilitud de los datos
- ☐ Aclarar la ubicación, el tipo y el alcance de la estación de transferencia (por ejemplo, conversión de las centrales eléctricas existentes)
- ☐ Evolución futura de la demanda de calor (intenciones de reorganización, fechas, etc.)

### Evaluación de pequeños consumidores de calor (¿Se dispone de los siguientes datos?)

- ☐ Interés de conexión (si/no)
- ☐ Tiempo de conexión estimado
- ☐ Consumo de calor anual (kWh/año) dividido en calefacción de espacios, agua caliente y calor para procesos.
- ☐ Carga conectada en kW
- ☐ Área de referencia energética ARE en m<sup>2</sup>



- ☐ Nivel de temperatura requerido en °C
- ☐ Enviar cuestionario para determinar las características de consumo de los usuarios finales
- ☐ Estimación de la evolución futura de la demanda de calor (intenciones de reorganización, fechas, etc.)

### Actualización del área de suministro de calor

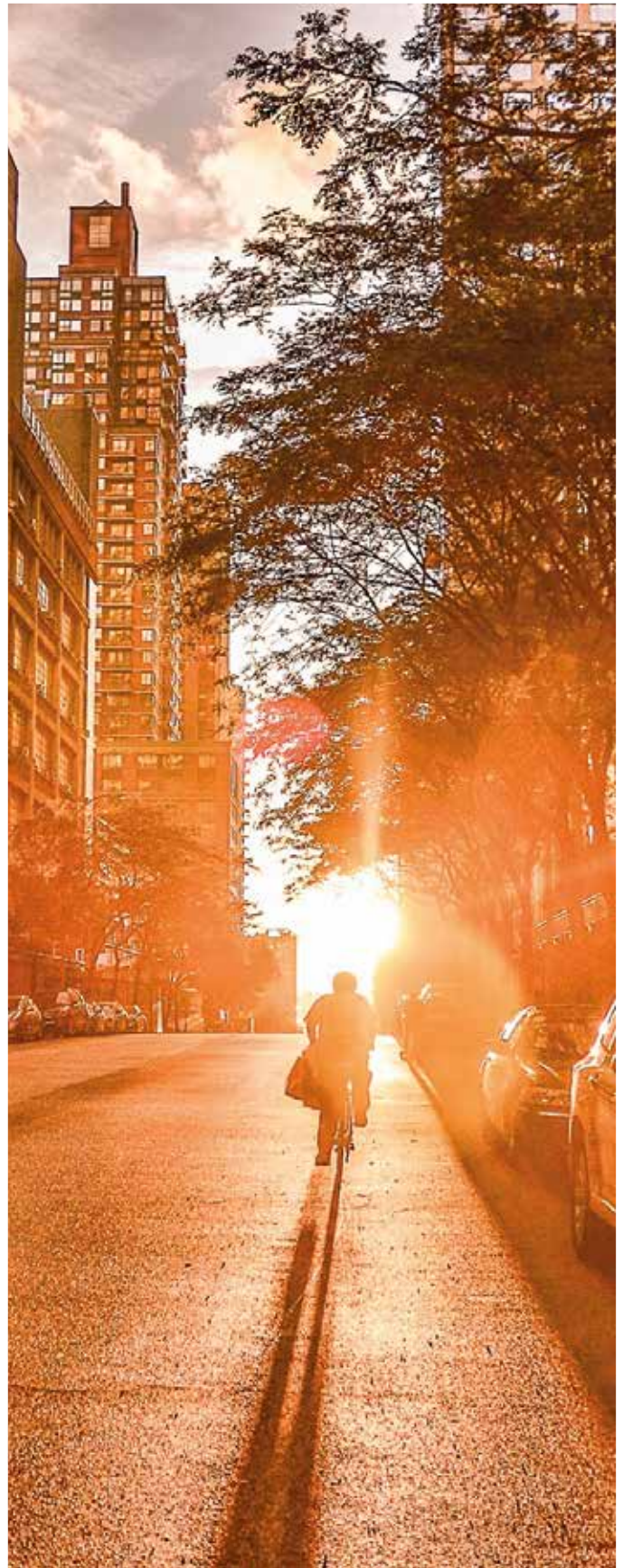
- ☐ Actualización de los consumidores de calor
- ☐ Determinación del área de suministro de calor
- ☐ Actualizar curva característica de carga y línea continua anual
- ☐ Determinar la ubicación de la instalación de calefacción central
- ☐ Definir el trazado de las tuberías de conexión principales, secundarias y domiciliarias (recolección de derechos de paso, registro de obstáculos como cruces de carreteras, vías férreas, aguas subterráneas, ríos y coordinación con permisos de obras)
- ☐ Evaluar el sistema (tipo) para las tuberías principales, de derivación y de conexión interna (posiblemente varias opciones)
- ☐ Dimensionamiento de las tuberías de calefacción urbana (máx. caída de presión en el subtramo, 250 a 300 [Pa/m])

### Segundo análisis económico

- ☐ Crear/actualizar plan de negocios, con balance de presupuesto y declaración de ingresos planificados (contabilidad de costos totales).
- ☐ Determinación de la densidad de conexión
- ☐ Pérdidas estimadas de distribución de calor
- ☐ Actualizar el suministro energético local y regional
- ☐ Estimación de la inversión y costos operativos
- ☐ Actualizar los costos de generación en función del suministro energético
- ☐ Ajustar las tarifas requeridas si es necesario
- ☐ Redacción del contrato de suministro de calor y de las normas técnicas de conexión

### Decisión de continuar con la Ingeniería de detalle

- ☐ Decisión sobre la ejecución del proyecto (proceso iterativo)
- ☐ Transición a la fase de licitación y adjudicación



## A 1.7 Checklist Etapa de Ingeniería de Detalle y Proceso Licitatorio

### Diseño de la red de térmica

- ☐ Determinar el estándar de diseño de la red de calefacción (sistema de tuberías, espesor del aislamiento, métodos y procedimientos de instalación, conexiones, transmisión de datos, control de fugas, etc.).
- ☐ Determinar el dimensionamiento de las tuberías de calefacción urbana (máx. caída de presión en el tramo subtramo, 250 a 300 [Pa/m]).
- ☐ Diseño de bombas de red, válvulas y dispositivos de seguridad
- ☐ Diseñar estática de tuberías (cálculo de soportes, solapamiento, compensación, puntos fijos, deformación, prueba de la capacidad de carga estática, etc.).

### Especificación de la estación de transferencia

- ☐ Tipo de intercambiador de calor
- ☐ Integración hidráulica, en el lado primario entre proveedor y cliente y en el lado secundario para la calefacción de espacios, agua caliente y el calor de procesos.
- ☐ Determinar los requisitos de control y regulación
- ☐ Contador de calor (transmisión y control de datos)

### Permiso de construcción

- ☐ Preparación de los documentos para la solicitud de construcción
- ☐ Clarificar la solicitud del permiso de construcción con las autoridades municipales y comunales locales
- ☐ Obtención de los permisos de construcción

### Preparación de la licitación

- ☐ Elaborar planes de licitación para la central y la red de distribución
- ☐ Definir las cualificaciones generales del personal y de la empresa
- ☐ Posible licitación separada para la estación de transferencia

### Entrega

- ☐ Aclaración del tipo de procedimiento (público, por invitación, etc.)
- ☐ Ingeniería civil y construcción de tuberías
- ☐ Estación de transferencia de calor e integración hidráulica
- ☐ Tecnología de medición y control, sistema de control, etc.
- ☐ Planta de calefacción central (generación, distribución, almacenamiento y disposición de combustibles, etc.)

### Tercer análisis económico

- ☐ Actualizar el plan de negocios, balance de presupuestario y declaración de ingresos planificados (contabilidad de costos totales).
- ☐ Determinar los costos de inversión y operación
- ☐ Determinar los costos de producción de calor
- ☐ Comprobar tarifas

### Adjudicación

Comparación de ofertas y asignación

## A 1.8 Checklist Operación, Mantenimiento, Control y Garantías

### Concepto operativo

- ☐ Creación de un concepto operativo
- ☐ Recolección de datos de operación
- ☐ Determinar medidas de formación y perfeccionamiento para los operadores
- ☐ Crear plan de mantenimiento preventivo
- ☐ Organización de alertas y emergencias
- ☐ Plan de emergencia
- ☐ Realizar un seguimiento del rendimiento

### Mantenimiento

- ☐ Definir la estrategia de mantenimiento (mantenimiento preventivo basado en los resultados de la operación y los trabajos de control e inspección)

### Contrato de mantenimiento

- ☐ Concertar contratos de mantenimiento con los proveedores de los sistemas más importantes de la planta.

### Garantías

- ☐ Realizar una evaluación del riesgo y consultar a expertos si es necesario (por ejemplo, aseguradoras)
- ☐ Seguro contra incendios
- ☐ Seguros de máquinas e interrupción de actividad
- ☐ Seguro de responsabilidad civil empresarial

## A 1.9 Estimación de la demanda anual de calor: método ARE

$$Q_G = ARE \cdot (q_{CE} + q_{AC})$$

$Q_G$  Necesidad térmica anual del edificio en [kWh / año]  
 $ARE$  Área de referencia energética en [m<sup>2</sup>]  
 $q_{CE}$  Demanda específica para calefacción de espacios en [kWh / m<sup>2</sup>·año]  
 $q_{AC}$  Demanda específica para agua caliente en [kWh / m<sup>2</sup>·año]

En la Tabla A-1 se muestran demandas específicas de referencia que pueden utilizarse para la determinación de la demanda anual de calor<sup>38</sup>.

Zona Térmica	Demanda específica calefacción $q_{CE}$ [kWh / m <sup>2</sup> · año]	Demanda específica ACS $q_{CE}$ [kWh / m <sup>2</sup> · año]
1	94	18
2	128	18
3	149	20
4	178	20
5	208	20
6	257	25
7	318	25

Tabla A-1: Demandas específicas en calefacción y ACS por zona térmica

A continuación se muestran factores de estimación de demanda de ACS dependiendo de la tipología del recinto:

Tipología de Recinto	Demanda de ACS [kWh/persona]						
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
Hospitales y clínicas	33	33	35	37	38	39	42
Ambulatorio y centro de salud	25	25	27	27	28	29	32
Hotel (5 estrellas)	41	42	44	46	47	49	53
Hotel (4 estrellas)	33	33	35	37	38	39	42
Hotel (3 estrellas)/Apart hotel	25	25	27	27	28	29	32
Hotel/Hostal/Apart hotel	21	21	22	23	24	25	26
Hostal/Pensión/Apart hotel	17	17	18	18	19	20	21
Camping/campamentos	12	13	13	14	14	15	16
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	25	25	27	27	28	29	32
Centro penitenciario	17	17	18	18	19	20	21
Albergue	14	15	15	16	17	17	18
Vestuarios /Duchas colectivas	37	38	40	41	43	44	48
Escuela sin duchas	1	1	1	1	1	1	2
Escuela con duchas	2	3	3	3	3	3	3
Cuarteles	17	17	18	18	19	20	21
Fábricas y talleres	12	13	13	14	14	15	16
Oficinas	1	1	1	1	1	1	1
Gimnasios	12	13	13	14	14	15	16
Restaurantes	10	10	11	11	11	12	13
Cafeterías	2	3	3	3	3	3	3

Tabla A-2: Factores para estimación de la demanda de ACS en distintas tipologías de recintos.  
Fuente: Adaptado de CES.

38. Calculada para una vivienda de 90[m<sup>2</sup>] que cumple con los requerimientos de la reglamentación térmica de viviendas vigente desde el año 2007, y considerando una infiltración de aire equivalente a 1 renovación por hora.



