



**DEUMAN**<sup>®</sup>  
soluciones innovadoras para  
un crecimiento sostenible

Septiembre 2020

**Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial**

---

**Producto 3**



## Tabla de Contenido

<b>1</b>	<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Aspectos generales</b> .....	<b>12</b>
4.1	Energía geotérmica .....	12
4.2	Energía geotérmica de muy baja entalpía.....	14
4.3	Situación actual mundial .....	18
4.4	Precios de la geotermia somera: bombas de calor .....	25
<b>5</b>	<b>Situación actual en Uruguay</b> .....	<b>28</b>
5.1	Apropiación del país.....	28
5.2	Característica energética del país .....	32
5.3	Iniciativas del uso de energía geotérmica en Uruguay .....	39
5.4	Potencial del recurso geotérmico .....	43
<b>6</b>	<b>Potencial del uso geotérmico uruguayo</b> .....	<b>50</b>
6.1	Ámbitos de uso para energía geotérmica en Uruguay .....	50
6.2	Evaluación económica de las bombas de calor geotérmica.....	52
6.3	Incentivos tributarios y otros beneficios.....	58
6.4	Externalidades.....	61
<b>7</b>	<b>Análisis del Marco Regulatorio Nacional</b> .....	<b>65</b>
7.1	Análisis y matriz de marco legal .....	66
7.2	Antecedentes internacionales .....	70
<b>8</b>	<b>Capacidades del Uruguay</b> .....	<b>72</b>
8.1	Investigaciones y proyectos .....	72
8.2	Centros de investigación .....	74
8.3	Redes nacionales e internacionales .....	75
<b>9</b>	<b>Análisis de Mercado</b> .....	<b>77</b>
9.1	Mercado de la geotermia de baja entalpía en Uruguay .....	77
9.2	Cadena de valor.....	78
9.3	Oportunidades para desarrollo de proyectos .....	85
<b>10</b>	<b>Evaluación de emisiones</b> .....	<b>88</b>
10.1	Compromisos de mitigación en Uruguay .....	88
10.2	Emisiones de la geotermia de baja entalpía .....	90
10.3	Cálculo y análisis de gases de efecto invernadero .....	94
10.4	Emisiones evitadas por sector.....	97
10.5	Precio al Carbono .....	100
<b>11</b>	<b>Balance de género</b> .....	<b>103</b>
11.1	Aspectos generales.....	103
11.2	La inclusión del género en el Estado y las políticas públicas.....	111
11.3	El sector energético y las mujeres.....	115
11.4	Conclusiones.....	119
11.5	Algunos desafíos e interrogantes.....	120
<b>12</b>	<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>122</b>
12.1	Sección género .....	125

## Índice de tablas

Tabla 1 Comparación entre sistemas cerrados y abiertos.....	17
Tabla 2 Usos directos de calor geotérmico en Brasil.....	22
Tabla 3 Usos directos de calor geotérmico en Argentina.....	24
Tabla 4 Proyectos desarrollados en Chile por sectores.....	24
Tabla 5 Cumplimiento de metas e indicadores de los ODS.....	29
Tabla 6 Precio medio de venta en el mercado interno.....	34
Tabla 7 Uso de aire acondicionado en el sector comercial.....	39
Tabla 8 Características de los principales acuíferos del Uruguay.....	48
Tabla 9 Relación entre espacios a acondicionar y tamaño de equipo, sector residencial.....	51
Tabla 10 Relación entre espacios a acondicionar y tamaño de equipo, sector comercial.....	51
Tabla 11 Relación entre espacios a acondicionar y tamaño de equipo, sector industrial.....	52
Tabla 12 Definición de casos de la evaluación.....	54
Tabla 13 Costo de la salud en Latinoamérica.....	63
Tabla 14 Matriz de marco legal.....	66
Tabla 15 Primer objetivo de la CDN.....	89
Tabla 16 Medidas de mitigación.....	89
Tabla 17 Factor de emisión de CO <sub>2</sub> del Sistema Interconectado Nacional (SIN).....	91
Tabla 18 Factores de emisión de CO <sub>2</sub> para diferentes combustibles.....	92
Tabla 19 Cálculo de gases de efecto invernadero de los casos de evaluación.....	94
Tabla 20 Estimación de emisiones para el sector residencial de GEI.....	97
Tabla 21 Estimación de emisiones para el sector industrial de GEI.....	98
Tabla 22 Estimación de emisiones GEI para el sector comercial.....	99
Tabla 23 Precios de carbono en América Latina.....	100
Tabla 24 Resumen de indicadores sociodemográficos.....	104
Tabla 25 Resumen de indicadores económicos.....	105
Tabla 26 Mujeres electas titulares para ocupar cargos en el parlamento según periodo de gobierno...106	
Tabla 27 Porcentaje de establecimientos y estudiantes de educación primaria común, según tipo de administración.....	107
Tabla 28 Convenios, tratados, convenciones y declaraciones ratificados por Uruguay.....	110
Tabla 29 Mujeres en el sector energético.....	116
Tabla 30 Proceso de inclusión de género en la PNCC.....	118

## Índice de figuras

Figura 1 Usos de la energía geotérmica según la temperatura.....	13
Figura 7 Operación de una BCG en modos calefacción (izquierda) y enfriamiento (derecha).....	15
Figura 8 Funcionamiento de una bomba de calor en sistema abierto.....	16
Figura 9 Circuito cerrado horizontal (conexión en serie y paralelo) y vertical.....	16
Figura 10 Estabilización de la temperatura en relación de la profundidad del suelo para el hemisferio norte.....	17
Figura 11 Comparación de los usos directos mundial de energía geotérmica.....	18
Figura 12 Distribución de la potencia térmica instalada por MW (superior) y uso de energía anual por TJ/año (inferior), en el mundo.....	20
Figura 13 Potencia térmica instalada MW (superior) y uso de energía anual por TJ/año (inferior), en Latinoamérica y el Caribe.....	21
Figura 14 Clasificación de Köppen – Geigerm.....	22
Figura 10 Rangos de precios de BCG reversible para calefacción/refrigeración y ACS por potencia.....	26
Figura 11 Rangos de precios de BCG para uso industrial por potencia.....	26

Figura 12 Rango de precios de construcción de pozo de agua.....	27
Figura 13 Rango de precios de construcción de colector horizontal cerrado .....	27
Figura 14 Rango de precios de construcción de colector vertical cerrado.....	27
Figura 15 Relación con los ODS .....	29
Figura 16 Lineamientos a la Política Nacional de Cambio Climático .....	31
Figura 17 Relación con el Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad .....	31
Figura 18 Relación con las CDN .....	32
Figura 19 Matriz primaria uruguaya .....	32
Figura 20 Participación de las fuentes en el consumo por sector .....	33
Figura 21 Generación de electricidad por fuente.....	34
Figura 22 Tarifas eléctricas residenciales (superior) y comerciales - industriales (inferior) en Latinoamérica (cuarto trimestre 2018) .....	35
Figura 23 Precios de energía eléctrica y combustibles en la región.....	35
Figura 24 Fuente de energía para calefacción de hogares .....	36
Figura 25 Calefacción en hogares (2014 – 2019).....	36
Figura 26 Calor directo (energía útil) por fuente y tipo de industria.....	38
Figura 27 Ubicación de los centros termales .....	40
Figura 28 Esquema de la instalación realizada por el proyecto .....	43
Figura 29 Principales unidades geológicas del Uruguay.....	44
Figura 30 Corte geológico E-W en la zona norte del Uruguay.....	46
Figura 31 Mapa de gradiente geotermal en la Cuenca Norte de Uruguay.....	47
Figura 32 Ubicación de los principales acuíferos del Uruguay .....	48
Figura 33 Supuestos de CAPEX ejercicio de evaluación .....	55
Figura 34 Supuestos de OPEX ejercicio de evaluación .....	56
Figura 35 Tarifa equivalente de calor v/s casos (tamaño, factor de uso).....	57
Figura 36 Relación costo-beneficio comparaciones inversión nueva.....	61
Figura 37 Tasa de mortalidad de enfermedades relacionadas a la contaminación en interiores.....	63
Figura 38 Comparación de costos generados por la combustión de leña en Chile.....	64
Figura 39 Regulación de usos directos e indirectos de la geotermia. ....	70
Figura 40 Investigaciones en desarrollo .....	72
Figura 41 Proyectos de demostración y desarrollo .....	73
Figura 42 Academia y otros centros de investigación .....	74
Figura 43 Actores clave en el mercado geotérmico de baja entalpía en Uruguay.....	77
Figura 44 Cadena de valor .....	79
Figura 45 Esquema ejemplo de red distrital de calor .....	87
Figura 46 Metodología para el cálculo de emisiones del IPCC .....	92
Figura 47 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero .....	95
Figura 48 Relación de GEI emitidos entre bomba aerotérmica y geotérmica.....	96
Figura 49 Porcentaje de emisiones evitadas mediante el uso de bombas de calor geotérmicas .....	96
Figura 50 emisiones evitadas .....	100
Figura 56 Principios y orientaciones del Sistema Nacional de Género.....	113
Figura 57 Cometidos del Instituto Nacional de las Mujeres.....	113
Figura 58 Funciones del Consejo Nacional de Género .....	114
Figura 59 Competencias de las Unidades Especializadas en Género .....	114
Figura 55 Arquitectura de género en Uruguay .....	115



## **Producto 3: Análisis del escenario actual de la energía geotérmica en el país**

### Entregable 3.1

Informe sobre el estudio del escenario actual de la tecnología

## 1 Resumen ejecutivo

El presente informe tiene como objetivo principal analizar el escenario actual de la energía geotérmica, en particular de la de baja entalpía en Uruguay. Para ello se realizó un estudio detallado desde los aspectos geológico, legal, económico y ambiental de la situación actual de la geotermia de baja entalpía.

### 1. Aspectos generales

La geotermia de baja entalpía considera tanto a las **fuentes termales**, la cuales podrían llegar a la superficie de forma natural o ser extraídas a partir de pozos de agua. Como a las **bombas de calor geotérmicas (BCG)**, que intercambian el calor entre la superficie y el subsuelo somero. El cual puede darse con cañerías cerradas (*sistemas cerrados*) o intercambiar calor de forma directa con el agua subterránea (*sistemas abiertos*).

La geotermia es una energía natural, autóctona, renovable y disponible todo el año, en Uruguay, este recurso está disponible en todo el territorio en alguna de sus formas.

Este tipo de geotermia es compatible con soluciones energéticas térmicas. En el sector residencial y comercial se puede evidenciar en la entrega de calefacción y refrigeración de ambientes. En el sector productivo, destacan procesos que requieren temperatura constante, tales como invernaderos, piscicultura, purificación y desalinización de agua, secado de granos, procesamiento de productos agrícolas, entre otros. También se pueden climatizar piscinas recreativas, terapéuticas y de competición.

A nivel mundial, China, Estados Unidos, Suecia, Alemania y Finlandia, son los países que más resaltan en el uso de este tipo de geotermia. Mientras que en Latinoamérica los países potencias son Brasil, Argentina y Chile.

### 2. Situación actual en Uruguay

La geotermia de baja entalpía está alineada a 9 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el cumplimiento del eje de "Transformación productiva sostenible" en las Estrategias de desarrollo 2050

6 lineamientos de la Política Nacional de Cambio Climático, y líneas de acción en mitigación (reducción de emisiones y mecanismos de producción más limpios) del Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático

Contribuciones Nacionales Determinadas (CDN) en el sector energético y producción para los planes de mitigación.

Si bien Uruguay se caracteriza por tener una matriz eléctrica renovable al 98%, todavía existen desafíos para el desarrollo sostenible en el ámbito energético (con 62.3% de energías limpias) para la proliferación de las tecnologías renovables a diversos niveles (MIEM, 2020a).

En el sector residencial, la principal fuente de calefacción es la leña (39,5%), en el sector industrial, destaca el fuel oil y la leña con 34 y 33%, respectivamente (para los procesos de calor directo, frío de proceso, generación de vapor, otros equipos de calor, usos no productivos). Mientras que en el sector comercial un 80% hacen uso de aires acondicionados, representados en un mayor consumo eléctrico que otras fuentes para calefacción (INE, 2020; MIEM, 2013; 2019b; 2020a).

La geología del Uruguay, consiste en un basamento pre-devónico que aflora principalmente en el sector sur y noroeste del país, sedimentos Paleozoicos a Mesozoicos y derrames basálticos que son parte de la Cuenca del Paraná, situadas en el norte del país. Se tiene 3 cuencas Mesozoicas: la Cuenca Norte, la Cuenca de Santa Lucía (sur) y la Cuenca de la Laguna Merín (este) (Ilustración 1).

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

**Ilustración 1 Principales unidades geológicas del Uruguay**



Fuente: Elaboración propia.

Los recursos geotermales pueden tener diferentes temperaturas:

- Temperatura sobre 25 °C; la Cuenca Norte es la zona del país que, por sus características geológicas, ofrece el mayor potencial para desarrollar aplicaciones de energía geotérmica. Esto no significa que otras unidades del país no tengan potencial. Por ejemplo, la Cuenca de Santa Lucía también podría tener gran potencial y debería ser más estudiada.

La Cuenca Norte, está formada por basaltos que confinan los acuíferos sedimentarios, uno de ellos es el Sistema Acuífero Guaraní (SAG).

- Temperaturas menores a 25 °C; las BCG permiten aprovechar la energía disponible en rocas, sedimentos, acuíferos someros y cuerpos de agua superficiales, ubicados en los primeros 100 m de profundidad.

Por otro lado, el territorio uruguayo posee gran variabilidad en cuanto a sus recursos hídricos subterráneos, encontrándose tanto acuíferos sedimentarios como fisurados (roca fracturada).

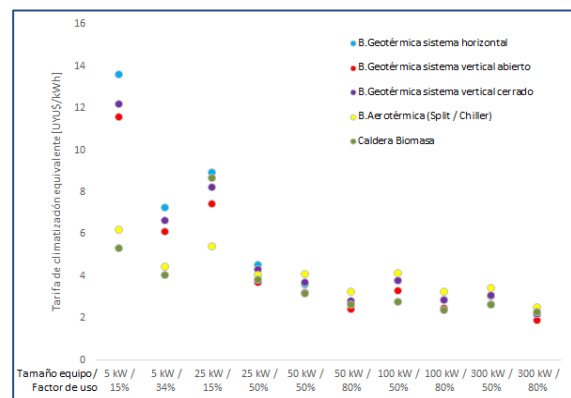
- Los acuíferos donde se extraen caudales de unos pocos m<sup>3</sup>/h son aptos para viviendas individuales, invernaderos pequeños (<100 m<sup>2</sup>) y deshidratadores de productos agrícolas, entre otros.
- Los acuíferos donde se extraen caudales sobre los 10 m<sup>3</sup>/h son aptos para la implementación de proyectos de mayor envergadura; como climatización de procesos industriales-agrícolas (lácteos, cerveza, vino), conjuntos de viviendas y aprovisionamiento de agua caliente sanitaria.

### 3. Potencial del uso geotérmico

La tecnología podrá adoptarse como aplicaciones (proyectos) de acondicionamiento térmico, mediante instalación de bombas de calor, en presencia o ausencia de una fuente hidrotermal en la proximidad de cada aplicación de la tecnología.

Para la evaluación económica, se realizó un ejercicio de comparación tecnológica sobre proyectos genéricos mediante una simulación de “selección de tecnología”, donde dada una demanda anual de calor, caracterizada por la potencia media anual [kW Th] y por el nivel de utilización anual [% de las horas del año] se evalúa la “tarifa equivalente de calor” que resulta de la utilización de distintas tecnologías para suministrarla. Además, se establecen 10 casos distintos que involucran los sectores residencial, comercial e industrial. Los resultados (ver Ilustración 2) fueron:

**Ilustración 2 Evaluación económica**



Fuente: Elaboración propia.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

- Para soluciones individuales de calefacción, existe una brecha entre bomba de calor geotérmica y otras tecnologías (desde el punto de vista individual de cada usuario). Si la evaluación fuese social, el costo de la brecha se puede comparar con las externalidades en otros ámbitos. Entre ellas el costo a la salud por las enfermedades respiratorias y cardiovasculares producidas por la contaminación intradomiciliaria generada por la quema de combustibles fósiles y, en particular de la biomasa (leña).
- A partir de 25 kW y 50% de factor de uso, las BCG entran en ámbito de competencia con bombas aerotérmicas y calderas a biomasa, lo cual puede tener aplicaciones tanto en el sector residencial (condominios, calefacción distrital), comercial, e industrial.

Adicionalmente, se considera los beneficios e incentivos fiscales a la inversión en energías renovables como la Ley de promoción y protección de inversiones (Ley N° 16.906), el Decreto 143/018, el Decreto 354/009 y los certificados de eficiencia energética.

#### 4. Análisis de marco regulatorio

Se identifica la legislación vigente que sustenta el desarrollo de la energía geotérmica de baja entalpía desde el marco ambiental, energético e hídrico. Existen muchos vacíos legales en relación al uso y calidad de aguas subterráneas para este fin, así como en la reinyección. Se concluye que será conveniente desarrollar una normativa que regule el uso de la geotermia de baja entalpía, tanto de los sistemas abiertos como las especificaciones técnicas que deberán de cumplir las instalaciones y las BCG.

Para el desarrollo de una legislación, se hace mención a los casos a nivel internacional, donde existen legislaciones en las que se regulan, pero sin distinguir su autorización (como, Colombia y Perú) aplicándose el régimen de concesión o contratos, legislaciones que regulan el uso directo con un permiso especial (como Costa Rica e Italia), o legislaciones que regulan el uso directo sin necesidad de un permiso (Islandia y Nueva Zelanda) para el uso doméstico de la energía geotérmica.

#### 5. Capacidades del Uruguay

Existen dos proyectos en desarrollo en el país: “Evaluación del Potencial de Energía Geotérmica en el Área Piloto “Salto” (Cuenca Norte - Uruguay)” y “Acumulación estacional de energía solar en acuífero para acondicionamiento térmico”. Se destacan proyectos desarrollados a nivel nacional los cuales se encuentran en la Ilustración 3 y las academias como centros de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Entre las redes nacionales e internacionales se encuentran: International Geothermal Association (IGA), Red Iberoamericana de Geotermia Somera (RIGS), Women in Geothermal (WING), Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA).

## 6. Análisis de mercado

Se considera el análisis desde la concepción del proyecto, análisis de factibilidad, instalación, operación y mantenimiento. En el diseño de las instalaciones y la planificación del proyecto se requieren empresas con experiencia en proyectos de clima en el sector residencial y sistemas térmicos en procesos productivos, como las empresas ESCO. El montaje de equipos de geotermia no difiere significativamente del montaje de equipos de climatización. Para la importación, se han identificados proveedores de equipos europeos, por ejemplo, Olion de Finlandia, además existe la experiencia de importar equipos chinos en cuales existe una oportunidad de mejora electrónica, la cual se puede llevar a cabo en Uruguay. Además, existen 2 fabricantes de bomba de calor en Argentina (Ciatema y Kumenewen), los cuales por su cercanía geográfica podrían ser interés. Se espera que no haya barreras en la operación.

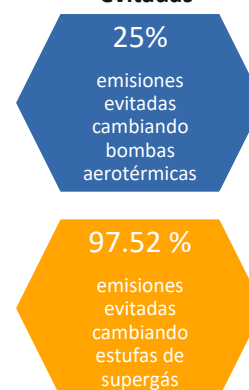
Finalmente, para la mantención de las instalaciones, son las empresas encargadas del montaje de la ingeniería las que tienen la oportunidad de ampliar su negocio haciendo mantención y reparación de equipos de geotermia

## 7. Evaluación de emisiones de Gases de efecto invernadero (GEI)

Se realizó una comparación de las emisiones de GEI para los 10 casos propuestos en la evaluación económica con las comparaciones con otras tecnologías utilizadas actualmente. Los resultados (ver Ilustración 4) demuestran que la mitigación se acentuaría más cuando se produce un intercambio de tecnologías en relación las fuentes fósiles: supergás.

Por otro lado, la diferencia de emisiones es menor cuando se compara con otra tecnología cuya fuente energética es eléctrica, como es el caso de las bombas aerotérmicas, debido a la casi totalidad de fuente renovable en la matriz eléctrica. La diferencia entre estas tecnologías se da por el Coeficiente de Rendimiento, el cual beneficia a las bombas geotérmicas con un valor de 1 kW de potencia generado adicional, que generaría una bomba aerotérmica, por cada kW de potencia consumido.

Ilustración 4 Emisiones evitadas



Fuente: Elaboración propia.

## 8. Balance de género

La incorporación de la perspectiva de género en la política y las acciones de cambio climático muestran un avance importante en abordar integralmente la situación de las mujeres. Sin embargo, estos logros necesitan afianzarse para ser sustentables, legitimados e institucionalizados con mayor profundidad. De acuerdo con las entrevistadas, esto exigiría producir conocimientos muy específicos sobre el impacto de las políticas de género en el cambio climático, fomentar y mejorar herramientas innovadoras que demuestren y midan la fuerza transformadora del liderazgo de las mujeres y niñas en la modificación de los patrones de consumo para la reducción de las emisiones de carbono.

## 2 Introducción

Uruguay, quien ya inició su camino hacia una matriz energética diversificada con fuentes energéticas renovables, ha logrado en el año 2019 alcanzar que más del 60% del total sean energías limpias (MIEM, 2020). Con el fin de seguir aumentando ese porcentaje, la energía geotérmica de baja entalpía figura como una alternativa de fuente energética renovable no convencional.

En el presente informe, se redacta el tercer producto de la Asistencia Técnica elaborada por DEUMAN para el CTCN que lleva como título “Análisis del escenario actual de la energía geotérmica en el país”, mediante la recopilación de estudios ya existentes para determinar el potencial de uso de la energía geotérmica en el país.

La finalidad es evaluar la viabilidad técnica y económica del desarrollo de la geotermia de baja entalpía (sistema abierto y cerrado) con el fin de acondicionamiento térmico (calor/frío) en el sector residencial, industrial y comercial.

Este informe contempla una línea base de la situación actual de la geotermia de baja entalpía en el país, con los proyectos desarrollados a lo largo de los años, la situación actual de la matriz eléctrica y acondicionamiento térmico, las capacidades del país para el desarrollo de la tecnología, así como un vistazo del avance internacional para su comparación y un análisis de mercado respectivo desde la cadena de valor de la geotermia somera.

De la misma forma, se presenta el potencial geológico, la reglamentación vigente que sustenta el desarrollo de nuevas fuentes renovables, así como aquella que afecta al desarrollo de la tecnología. Un análisis económico de la comparación de esta tecnología con otras disponibles para estos usos, como son las bombas de calor aerotérmicas (Split) y las estufas de leña o biomasa. También se presenta un análisis ambiental desde la evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero y las posibles contribuciones a las mitigaciones de estas, así como a los compromisos ambientales.

Adicionalmente, se incluye un balance de género el cual responde al análisis de las cuestiones de género de la Herramienta del CTCN para la transversalización del género en la implementación de planes de respuesta, donde se describe la arquitectura del género en Uruguay a través de la revisión bibliográfica y entrevistas realizadas a las áreas responsables del tema en el sector público. Cabe mencionar que se cree conveniente presentar el Plan de Acción y de seguimiento y evaluación en el próximo capítulo, junto a las barreras sociales existentes.

Este producto, presentado a continuación, tuvo como resultado la segunda presentación a las partes interesadas del avance, alcances y conclusiones encontrados por la consultoría hasta el momento.

## **3 Objetivos**

### **3.1. Objetivo general**

- Analizar el escenario actual de la energía geotérmica, en particular de la de baja entalpía, en el Uruguay.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Recopilar estudios relevantes que ayuden a identificar el potencial de uso de la energía geotérmica de baja entalpía en los principales sectores;
- Analizar el marco regulatorio nacional y comparar con las experiencias internacionales;
- Evaluar las capacidades actuales en términos de investigación en desarrollo y subyacente, proyectos demostrativos y de desarrollo, ambos con enfoque de género, centros e infraestructura de investigación y ensayo, redes nacionales e internacionales;
- Evaluar la cadena de valor del recurso geotérmico y la capacidad de producción a nivel nacional de los componentes de la tecnología a estudiar;
- Analizar el balance de género en el sector proponiendo medidas de reducción de brechas a ser consideradas en la hoja de ruta.

## 4 Aspectos generales

A continuación, se presentarán los principales conceptos a considerarse sobre la energía geotérmica como fuente renovable, el análisis del escenario actual de la geotermia de baja entalpía en el mundo, los principales países que la desarrollan y el mercado existente a nivel global.

### 4.1 Energía geotérmica

La geotermia (del griego “geos” y “thermos”, “calor de la tierra”) es toda la energía contenida bajo el suelo. Esta energía tiene diversos orígenes y abarca desde el calor primordial que asciende del núcleo y manto, hasta la energía solar que es almacenada en sedimentos y acuíferos superficiales (Llopis y Rodrigo, 2008).

La geotermia es una energía natural, autóctona, renovable y disponible todo el año. En los sitios donde se cuenta con recursos de alta temperatura, la geotermia puede aprovecharse para generar electricidad y para climatizar edificios, barrios completos, y casi cualquier proceso productivo que requiera calor. Si la temperatura es menor, igualmente se puede utilizar el recurso mediante Bombas de Calor Geotérmicas (BCG) para climatizar viviendas, invernaderos, deshidratadores y cualquier proceso que requiera calor o frío.

La entalpía se refiere a la cantidad de energía que tiene un sistema y considera, entre otros aspectos, los distintos estados de la materia (el vapor tiene más entalpía que un líquido a la misma temperatura). En el caso de temperaturas menores a 90°C, puede referirse a la entalpía como energía o temperatura sin perder rigurosidad. A continuación, se presenta una clasificación clásica de los recursos geotermiales en función de su entalpía (Muffler y Cataldi, 1978).

- a) *Energía geotérmica de alta entalpía*, se refiere a reservorios geotermiales –grandes volúmenes de roca y agua caliente – cuyas condiciones de presión y temperatura (sobre los 150 °C) permiten su aprovechamiento para producción de electricidad mediante plantas de ciclo flash.

Este tipo de recursos usualmente se encuentran en zonas del planeta tectónicamente activas. Algunos de los sistemas geotermiales de alta entalpía más conocidos se ubican en Islandia, Nueva Zelanda y los Estados Unidos, entre otros. En Chile, la planta geotermal Cerro Pabellón genera electricidad en base a un reservorio con temperaturas que superan los 250 °C. En Uruguay, es posible que se alcancen estas temperaturas en el basamento granítico que se encuentra por debajo de la Cuenca Norte.

- b) *Energía geotérmica de media entalpía*, se refiere a reservorios geotermiales en los que los fluidos se encuentran a temperaturas situadas entre los 90 y los 150 °C, permitiendo su uso para producción de electricidad mediante ciclos binarios que, en general, tienen rendimientos algo inferiores.

Es posible encontrar estos sistemas en cuencas profundas en todo el mundo y, mediante su uso, países como Alemania o Francia han calefaccionado distritos urbanos

completos. En Uruguay, es posible encontrar estas temperaturas en los estratos más profundos de la Cuenca Norte.

- c) *Energía geotérmica de baja entalpía*, se refiere a la presencia de aguas termales con temperaturas entre 25 °C y 90 °C. Su aplicación más común, es el uso directo de los fluidos para procesos que requieran calor, como calefacción de viviendas, procesos industriales y producción de agua caliente sanitaria).

En Uruguay, es posible encontrar estos recursos en el Sistema Acuífero Guaraní infrabasáltico (~ 45 °C, >1000 m) y otros acuíferos anteriores siempre que se encuentren a una profundidad mayor a 1000 m, generalmente. El uso actual de esos recursos en Uruguay es únicamente recreativo, contando con varios complejos termales en los departamentos de Salto y Paysandú (Daymán, Almirón, Arapey, Guaviyú, entre otros). Si bien el uso que se realiza en los complejos termales es un uso directo del pozo, existe la posibilidad de que se realice un uso secundario de esas aguas templadas “relicticas” de los complejos termales como, por ejemplo, la calefacción doméstica o industrial (invernaderos).

De manera más gráfica, la Figura 1 muestra un resumen de las posibles aplicaciones de la energía geotérmica en función de la temperatura disponible, donde además se incluyen aplicaciones para la energía geotérmica de muy baja entalpía. Cabe señalar que esta consultoría estará centrada en el estudio del aprovechamiento de la geotermia de baja entalpía. En el caso de las bombas de calor geotérmicas se trabaja con temperaturas de la fuente geotermal que pueden estar incluso bajo los 25 °C y, por lo tanto, se pueden considerar incluso como muy baja entalpía.

Figura 1 Usos de la energía geotérmica según la temperatura



Fuente: Centro de excelencia en Geotermia de Los Andes. Modificado de Lindal (1973)

## 4.2 Energía geotérmica de muy baja entalpía

La energía geotérmica de muy baja entalpía (también llamada somera) se refiere a la energía contenida en los primeros 50 m del subsuelo, y cuya temperatura es inferior a los 25 °C. Esta es la forma de energía geotermal más versátil, pues se puede encontrar en todo el mundo. El estado del arte, alcances y usos de esta energía son descritos en detalle en la siguiente sección.

La geotermia de baja a muy baja entalpía puede incluir el uso de **fuentes termales** de manera directa, con fluido que puede llegar a la superficie de forma natural o ser bombeado desde pozos. Sin embargo, la ocurrencia de fuentes termales no es común, y solo se da en contextos muy específicos: cuando existen anomalías de temperatura en profundidad y el recurso es accesible técnica y económicamente.

Por otro lado, el uso de geotermia somera mediante una **bomba de calor geotérmico** se basa en un intercambio de calor entre la superficie y el subsuelo somero para entregar calor o frío en superficie. Debido a que no requieren una anomalía de temperatura, las bombas de calor geotérmico se pueden implementar técnicamente en **cualquier lugar del mundo**, adaptando los colectores geotérmicos para intercambiar calor con el subsuelo a través de cañerías cerradas o intercambiar calor de forma directa con el agua subterránea. A diferencia del aire, la temperatura del suelo y del agua subterránea son prácticamente **constantes a lo largo del año**, lo que se traduce en una alta eficiencia, que reduce el consumo de energía en un 25% a 50% respecto a sistemas de aire acondicionado (Department of Energy, 2011).

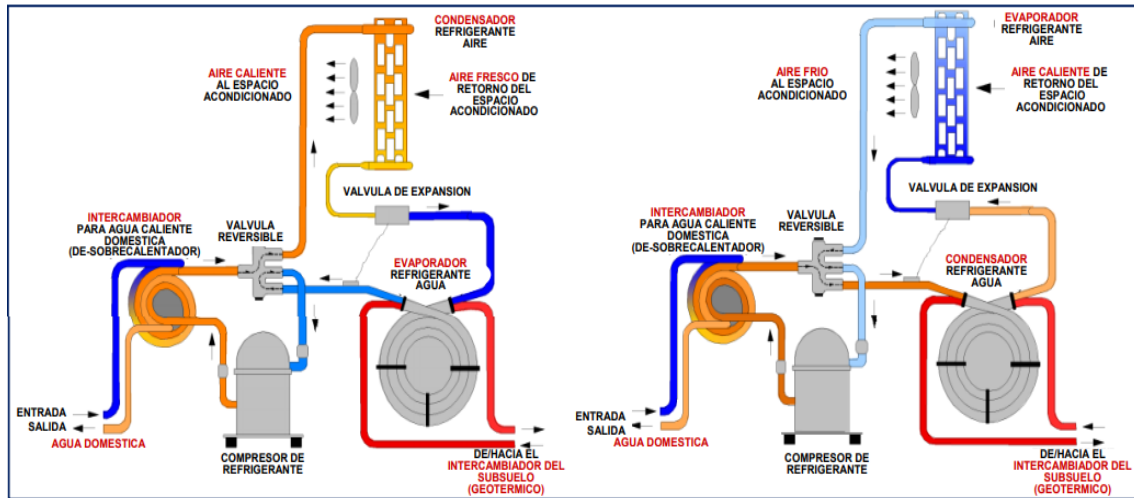
La energía geotermia de baja entalpía es compatible con múltiples soluciones energéticas térmicas. En el sector residencial y comercial se puede evidenciar en la entrega de calefacción y refrigeración de ambientes. En el sector productivo, destacan procesos que requieren temperatura constante, tales como invernaderos, piscicultura, purificación y desalinización de agua, secado de granos, procesamiento de productos agrícolas, entre otros. También se pueden climatizar piscinas recreativas, terapéuticas y de competición.

### 4.2.1 Bombas de calor geotérmico (BCG)

La BCG es una máquina térmica que opera de forma similar a un refrigerador, es decir, tiene un evaporador que absorbe calor provocando un efecto de enfriamiento, y un condensador el cual disipa calor provocando un efecto de calentamiento. En el evaporador, el fluido de trabajo de la bomba de calor, un hidrocarburo, cambia de estado líquido a gas absorbiendo energía del entorno y, entonces, genera enfriamiento. Por otro lado, en el condensador, el fluido de trabajo cambia de estado gaseoso a líquido liberando energía al entorno y, entonces, genera calor (Self et al., 2013).

Por lo anterior, estos equipos pueden proveer enfriamiento y calefacción de espacios habitados, agua caliente sanitaria y temperaturas en procesos productivos. Esta doble operación es posible gracias al uso de una válvula reversible que permite usar el subsuelo como fuente o sumidero de calor. La conexión entre el subsuelo y la BCG tiene lugar mediante agua subterránea o un arreglo de cañerías a través del cual circula agua con anticongelante. En la Figura 2, se explica de forma gráfica las operaciones de calefacción y enfriamiento que conllevan el uso de bombas de calor geotérmicas.

Figura 2 Operación de una BCG en modos calefacción (izquierda) y enfriamiento (derecha)



Fuente: García y Martínez (2012). Modificado de Lund (2007)

La eficiencia de este tipo de bombas se describe mediante el **coeficiente de rendimiento COP<sup>1</sup>** que se determina por la salida de calefacción o refrigeración dividida por la entrada de energía eléctrica. Generalmente, su valor puede ser de 3 o 4 (Department of Energy, 2011), aunque se han reportado valores hasta de un COP de 10 (García y Martínez, 2012).

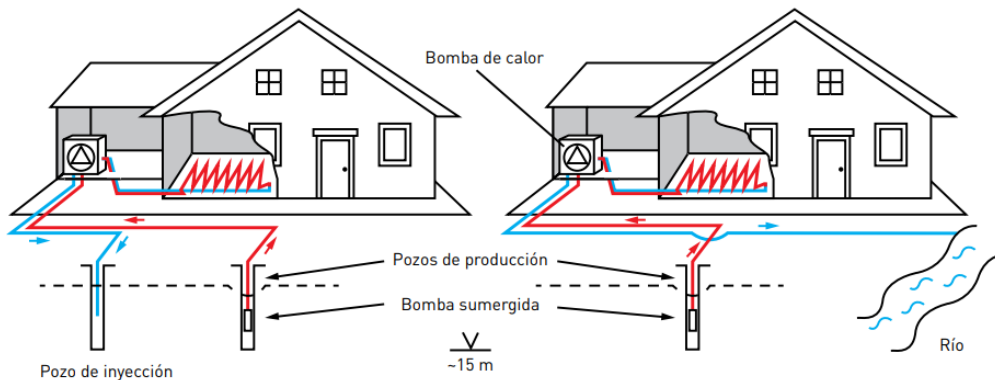
Para esta tecnología, se tiene una clasificación que depende de la conexión con el recurso geotérmico, las cuales pueden ser:

- **Circuito abierto:** un sistema de circuito abierto utiliza agua subterránea o de un lago directamente como fuente de calor o frío para la bomba de calor y luego descarga el agua en otro pozo (reinyección) o en el mismo cuerpo de agua superficial (vertimiento).

Este circuito suele componerse de dos sondeos verticales, equipados de una bomba hidráulica sumergible que conduce el agua hasta la bomba de calor desde donde, luego de extraer/disipar su energía, se enfría/calienta y vuelve al acuífero o cuerpo de agua de origen (conservando las características iniciales, dado que el fluido de agua no entra en contacto con sustancia química, orgánica o radioactiva alguna) o se vierte en un cauce. En caso de verter en el cauce se debe asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.

<sup>1</sup> COP: Coefficient of performance

Figura 3 Funcionamiento de una bomba de calor en sistema abierto



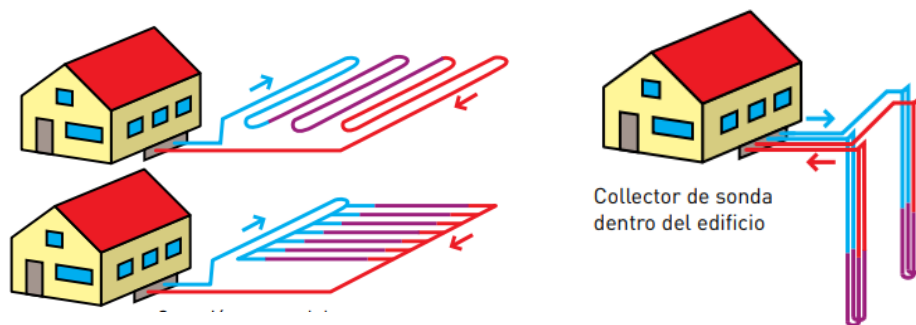
Fuente: Cattin, S. (2002)

Para evitar el enfriamiento continuo del agua subterránea, los sondeos de toma y restitución de agua deben situarse respectivamente aguas arriba y aguas abajo del flujo subterráneo. Junto a esto, es idealmente preciso que el agua sea lo más neutra químicamente y de bajo contenido mineral, de modo que no se genere corrosión, precipitación de mineral en las tuberías, entre otros, para así no necesitar demasiado mantenimiento (Self *et al.*, 2013).

- **Circuito cerrado:** En este caso el fluido que traslada calor desde y hacia el subsuelo no tiene contacto con el suelo ni con el agua subterránea. En estos sistemas, la conexión al suelo es un circuito cerrado de tubería, usualmente de polietileno de alta densidad (HDPE) o reticulado (PEX), a través del cual circula un fluido anticongelante que cede la energía del subsuelo a la bomba y viceversa. En el caso de intercambiadores cerrados horizontales la profundidad típica es de 1–2 m. Cuando se intercambia calor con el agua subterránea, los proyectos usualmente son factibles cuando el nivel de agua subterránea está entre 5 y 50 m (Self *et al.*, 2013).

Los dispositivos verticales también son denominados sondas geotérmicas. Los sistemas horizontales son los más fáciles de instalar, aunque estén limitados por el espacio que ocupan.

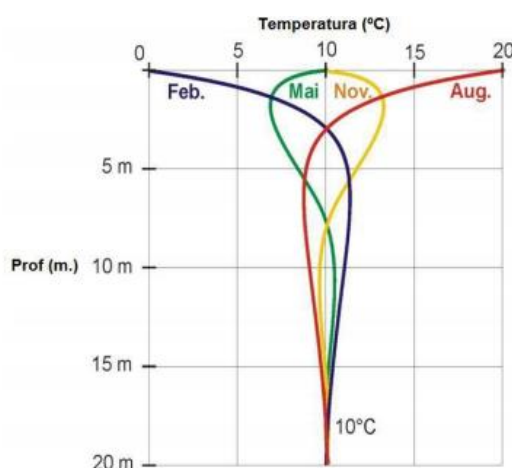
Figura 4 Circuito cerrado horizontal (conexión en serie y paralelo) y vertical



Fuente: Shallow Geothermal Energy de Sanner B. (2001)

Un circuito vertical es más eficiente ya que al aumentar la profundidad, la temperatura del suelo es más estable. Según la Figura 5, la temperatura del suelo, aunque ligeramente, se afecta por el ambiente hasta los 10 - 20 m de profundidad, a partir de esa profundidad aumenta a una tasa aproximada de 3 °C/100 m (gradiente geotérmico). Por lo contrario, en un circuito horizontal, al estar a menor profundidad (1 – 2 m), la temperatura del subsuelo es afectada por la radiación solar y la temperatura ambiente. Sin embargo, aún es ligeramente superior a la media anual de la temperatura en superficie (Ruiz, 2007, citado en Mínguez, 2015).

**Figura 5 Estabilización de la temperatura en relación de la profundidad del suelo para el hemisferio norte**



Fuente: ‘Calor natural’ de Ruiz, J. (2007). Recuperado por Mínguez (2015)

En regiones muy delimitadas y específicas, por debajo de los 20 m de profundidad el gradiente es muy superior al gradiente normal. Se trata de regiones de gradiente geotérmico anómalo en las que el incremento de temperatura con la profundidad es muy superior a los 3 °C/100 m (Ruiz, 2007, citado en Mínguez, 2015).

A continuación, en la Tabla 1 se comparan los sistemas abiertos y cerrados a partir de sus ventajas y desventajas.

**Tabla 1 Comparación entre sistemas cerrados y abiertos**

Características	Sistema Abierto	Sistema Cerrado	
		Circuito vertical	Circuito horizontal
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia por caudal: 0,25 m<sup>3</sup>/h por kW</li> <li>• Ausencia de ruidos</li> <li>• La fuente de agua permanece constante.</li> <li>• El COP promedio es usualmente alto, lo que reduce costos de operación.</li> <li>• Requieren menos perforaciones que el sistema de circuito cerrado, y tienen conexiones más simples, por ello costos de inversión menores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducida área de instalación, baja perturbación del paisaje.</li> <li>• Mayor profundidad, mayor estabilidad de temperatura</li> <li>• Potencia por metro de intercambiador vertical de 25 y 90 W/m</li> <li>• Más favorable mientras mayor sea el tamaño de la edificación y mayor sea el uso que se requiera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El más común y más fácil de instalar en viviendas unifamiliares.</li> <li>• Potencia por superficie de intercambiador horizontal 8 y 40 W/m<sup>2</sup></li> <li>• Más favorable en cuanto a precio en el uso residencial</li> </ul>

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Características	Sistema Abierto	Sistema Cerrado	
		Círculo vertical	Círculo horizontal
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disposición de un acuífero cercano y que este sea apropiado</li> <li>Protección a la calidad del acuífero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalación compleja</li> <li>Costo de la instalación más elevado que los sistemas abiertos, perforación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere espacios amplios</li> </ul>

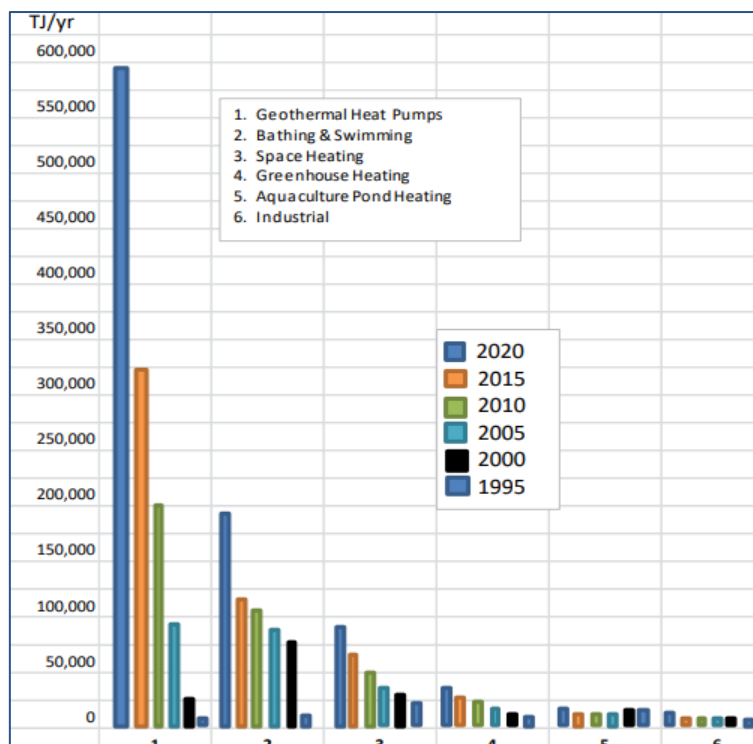
Fuente: Elaboración propia en base a la experiencia del Centro de Excelencia en Geotermia de los Andes.

## 4.3 Situación actual mundial

### 4.3.1 Usos directos

En un estudio realizado por Lund y Toth (2020) titulado “Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review”, señala que las bombas de calor geotérmicas representan el mayor uso directo de la geotermia a nivel mundial, representando el 71,6 % de la capacidad instalada y el 59,2 % del uso anual de energía (ver Figura 6), frente al uso en baños y/o piscinas, calefacción de espacios, calefacción de invernaderos, calefacción de estanques de acuicultura o uso industrial; los cuales, en su conjunto representan el 28,4 % y 40,8 %, de capacidad instalada y uso anual, respectivamente.

Figura 6 Comparación de los usos directos mundial de energía geotérmica



Fuente: J. Lund y A. Toth. Asociación Internacional de Geotermia (2020)

La capacidad instalada total para el uso directo geotérmico, reportada a fines de 2019, es de 107,727 MW, lo que representa un aumento del 52% sobre el 2015, creciendo a una tasa compuesta anual de 8,7%. Mientras que el uso total anual de energía (uso directo) es de

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

283.580 GWh, lo que indica un aumento del 72,3% sobre el 2015 y una tasa de crecimiento anual compuesta de 11,5% (Lund y Toth, 2020).

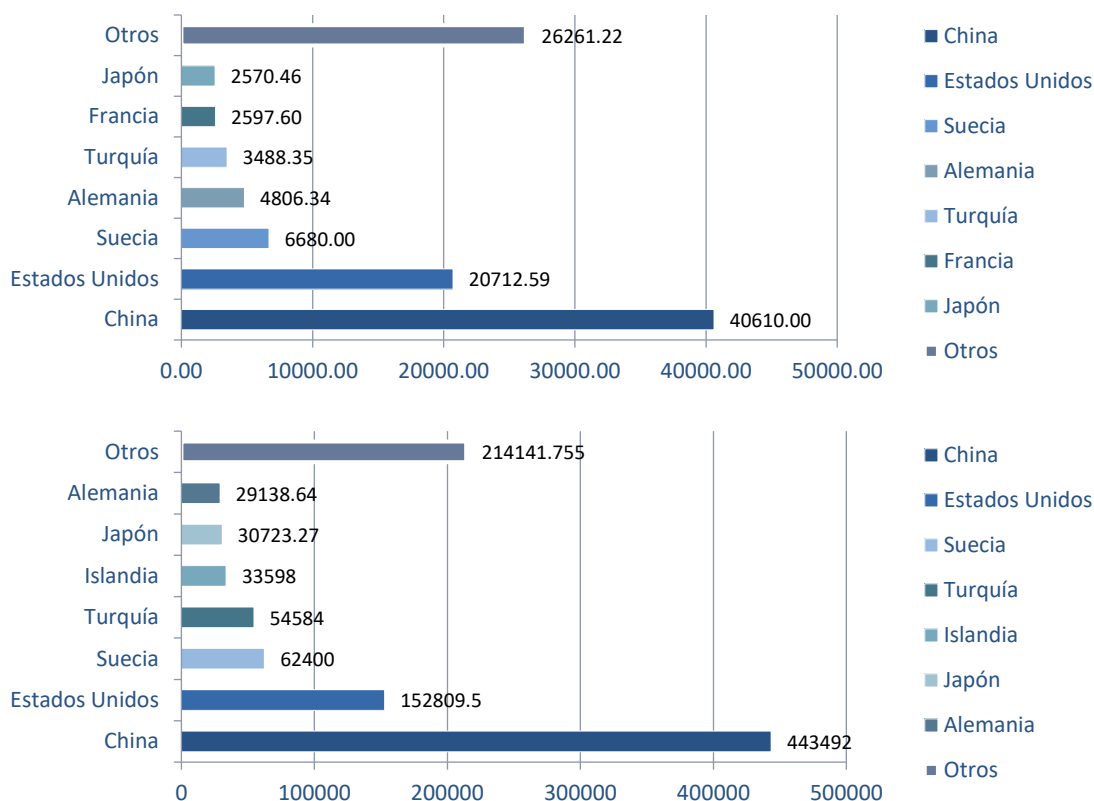
El desarrollo mundial del uso directo de la energía geotermia ha crecido considerablemente en los últimos años en los diversos países del mundo, he aquí unos ejemplos:

- **Islandia:** posee un 90% del espacio de los edificios con calefacción
- **Suecia:** tiene el 40% de edificios que se calientan con BCG
- **Suiza:** 110.000 BCG instaladas (~ 3,7 unidades/ km<sup>2</sup>)
- **Túnez:** 244 hectáreas de invernaderos calentados
- **EEUU:** Aproximadamente 1.685 millones de BCG (4.0% de crecimiento/ año)

Además de García y Martínez (2012), existen múltiples estudios empíricos en relación al uso de BCG: en casas en Suecia por Kjellsson *et al.* (2010), un intercambiador de calor vertical de tierra en conexión paralela acoplado a un sistema de BCG para A/C en Grecia por Michopoulos *et al.* (2007), describir el comportamiento de una BCG para enfriamiento en una escuela en Corea por Hwang *et al.* (2009), calcular que una BCG puede satisfacer las demandas de energía de una alberca techada por Cui *et al.* (2003), así como, que más de 160 universidades y colegios de 36 estados de EUA que usan energía geotérmica.

A nivel mundial, los países líderes en capacidad instalada (MW) a nivel mundial son China, Estados Unidos, Suecia, Alemania y Finlandia, que representan el 77,4% del total mundial. En relación a la energía producida (TJ/año), también son China, Estados Unidos, Suecia, Alemania y Finlandia, representando el 83,5% de la producción (ver Figura 7).

**Figura 7 Distribución de la potencia térmica instalada por MW (superior) y uso de energía anual por TJ/año (inferior), en el mundo**



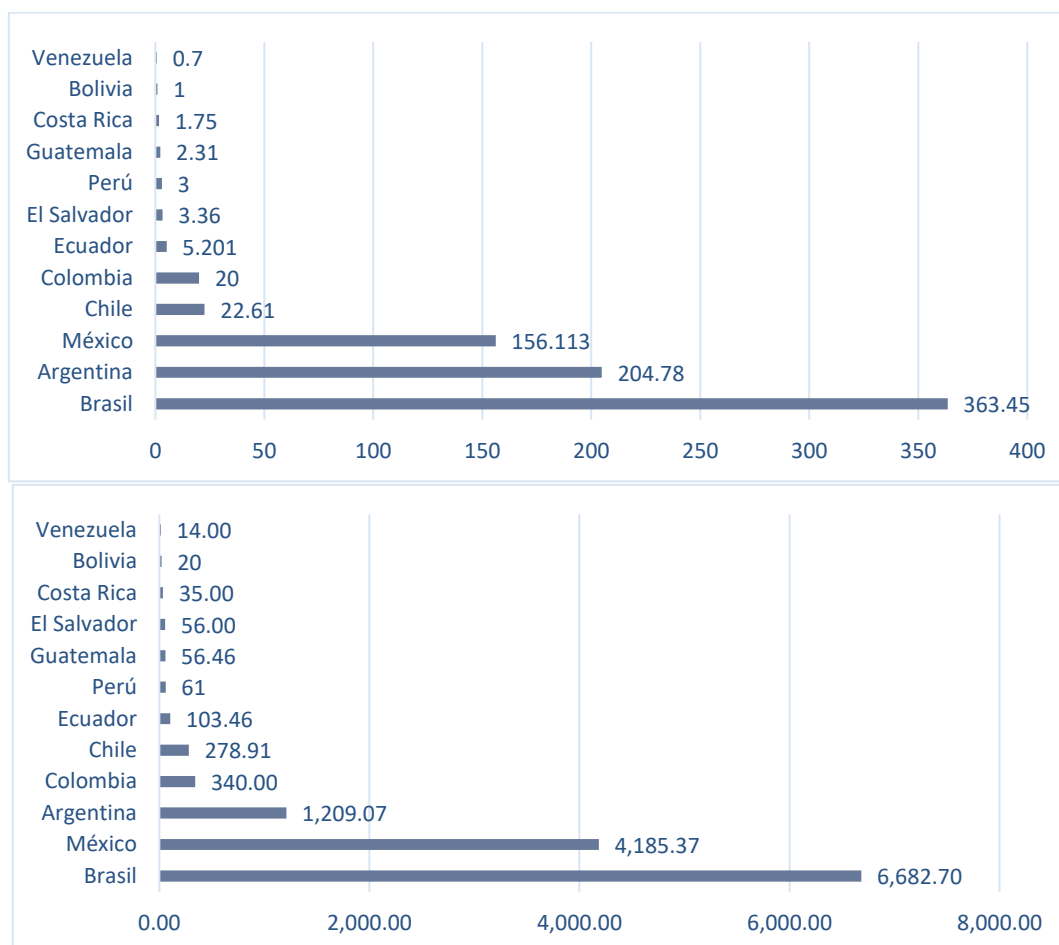
Fuente: Elaboración propia. Datos de: J. Lund y A. Toth. Asociación Internacional de Geotermia (2020)

Por otro lado, a nivel de Latinoamérica y el Caribe, son 12 los países que desarrollan y hacen uso directo de la geotermia, con una capacidad térmica instalada en total de 784,274 MW a fines del 2019 y un uso de energía anual de 13.041,97 TJ/año o 3622,77 W/año, para esta parte del continente de América (Lund, J., Toth, A., 2020).

Por ejemplo, en **El Salvador** se han estimado 12 áreas geotérmicas de baja entalpía a 150° C (Consejo Nacional de Energía, 2012), en **Brasil** se identificó en la región central, Goiás y Mato Grosso y en el sur en Santa Catarina recursos de baja entalpía de < 90° C. Además, Hamza, V., *et al.* (2005) describen la Cuenca de Paraná para explotación de agua a baja temperatura, mientras que Foster, S. *et al.* (2006) detallan al Sistema Acuífero Guaraní en algunas zonas confinadas en la que el agua se encuentra a altas temperaturas por el gradiente geotérmico.

A continuación, se presentan dos gráficos (Figura 8) donde a la izquierda se observa la lista de países con su potencia térmica instalada en MW y a la derecha, el uso de energía anual TJ/año. Cabe destacar que Brasil, México y Argentina llevan la delantera a nivel latinoamericano en el uso de esta tecnología, así como Colombia y Chile.

**Figura 8 Potencia térmica instalada MW (superior) y uso de energía anual por TJ/año (inferior), en Latinoamérica y el Caribe**



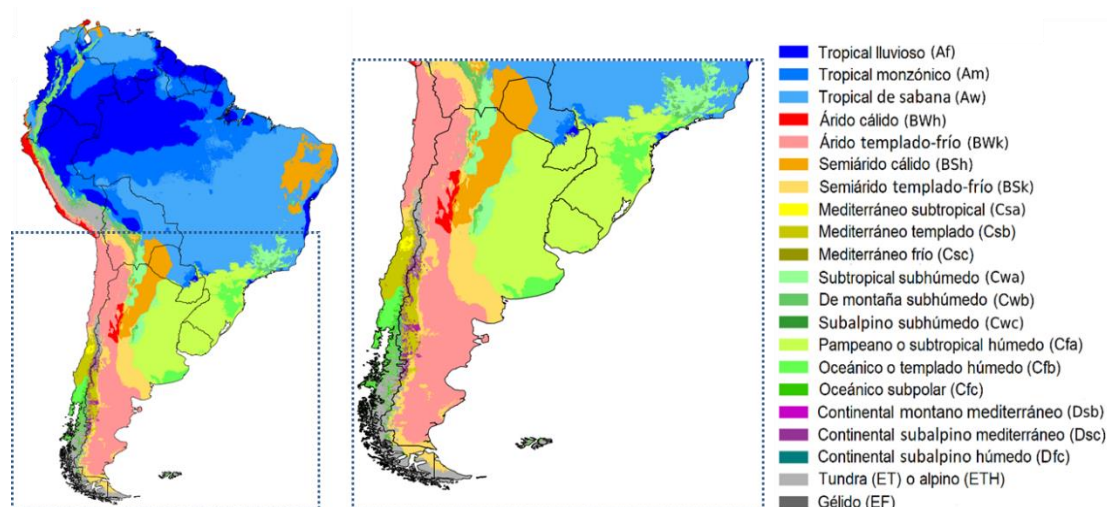
Fuente: Elaboración propia. En base a Lund J. y Toth A. (2020).

### 4.3.2 Países similares en la región

Considerando la capacidad térmica instalada y de uso de energía anual en los países de la región en Sudamérica observadas en la Figura 8, así como la similitud climática (en algunas de sus regiones) de Brasil, Argentina y Chile con Uruguay, se realizará un análisis más detallado de estos 3 países para efectos de evaluar el ámbito de competencia del Uruguay.

La Figura 9 presenta el mapa de climas según la clasificación de Köppen – Geigerm, en el cual se observa que Uruguay es de clima subtropical húmedo (Cfa), casi en su totalidad, junto a un clima templado húmedo (Cfb). Se observa que la región noreste de Argentina y el sur de Brasil también presentan clima subtropical húmedo y templado húmedo, así como una región al sur de Chile un clima templado húmedo.

Figura 9 Clasificación de Köppen – Geigerm



Fuente: Elaboración propia. Recuperado de Beck, H. *et al.* (2018)

Es importante considerar que la región sur y sureste de Brasil, con la cual se comparte similitud climática está iniciando su paso al aprovechamiento geotérmico de baja entalpía, mientras que Chile y Argentina, ya presentan un mercado inicial, desarrollándose en los últimos años, por lo que es trascendental tener la perspectiva de la situación actual en estos países.

### 4.3.3 Brasil

Hasta el año 2004, el desarrollo de baja entalpía en Brasil se daba principalmente para los procesos de calor industrial y agua caliente para baños y piscinas (ver Tabla 2). Según Hamza, V. *et al.* (2005), se ha realizado aprovechamiento directo de la energía geotérmica en las siguientes industrias:

- Industria de café en el estado de Paraná: bombea agua geotermal a 50 °C de dos pozos desde 1980 para precalentar calderas.
- Industria de procesamiento de madera en Sao Paulo: empleó agua geotermal a 48 °C desde 1970 hasta 1980.

Tabla 2 Usos directos de calor geotérmico en Brasil

Usos directos	Capacidad instalada (MW)	Energía anual usada (1 TJ/año)
Procesos de calor industrial	4,20	77,0
Baños y piscinas	355,9	6545,4
Total	360,1	6622,4

Fuente: Hamza, V. *et al.* (2010)

Además, en el estudio realizado por *I care & consult* (2019), junto a la Escuela Politécnica de São Paulo, el Centro de Investigación de Aguas Subterráneas de la Universidad de São Paulo y el Laboratorio Geotérmico del Observatorio Nacional de Brasil, se evaluaron los recursos geotérmicos de las regiones del sur y sureste de Brasil para determinar su compatibilidad con

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

el acondicionamiento térmico de edificios (Hofmann, H., 2020). Este estudio consistió de 3 fases:

- **Fase 1:** revisión general de la tecnología a nivel mundial y la situación energética de Brasil.
- **Fase 2:** evaluación del potencial de desarrollo de la tecnología en Brasil, simulaciones energéticas para evaluar el ahorro de energía, agua y costos relacionados al implementar un sistema de climatización geotérmico en 6 edificios (hotel, oficinas, centro comercial, hospital, vivienda colectiva e individual), además de cartografiar las conductividades térmicas subterráneas de dos regiones y mapear los recursos de aguas subterráneas.
- **Fase 3:** análisis de las barreras y propuesta de recomendaciones para el desarrollo de la tecnología (por ejemplo, cómo crear un incentivo para la eficiencia térmica).

Los resultados de este estudio determinaron que convertir 1% de los sistemas de climatización en el sector industrial (alimentario y de bebidas) y edificaciones (las 6 mencionadas anteriormente) permite un ahorro de energía anual de 136 ktep<sup>2</sup>, 552 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes y 1,3 millones de metros cúbicos de agua (no se consideró la refrigeración industrial ni el uso ACS en edificios). Además, se determinó que los edificios analizados tendrían un ahorro anual de costos de operación del 60% en algunas regiones como en São Paulo (Hofmann, H. 2020). Junto a ello, se identificaron 3 proyectos en ejecución en relación con el recurso geotérmico: una residencia en Río de Janeiro (construida), una fábrica de Coca-Cola Andina en Río de Janeiro (en desarrollo) y un Centro de Innovación en Construcciones Sustentables (CICS - USP) en São Paulo (en desarrollo).

#### 4.3.4 Argentina

Argentina tiene un potencial geotérmico estimado de 490-2010 MW (Bona y Coviello, 2016); sin embargo, este recurso actualmente solo se utiliza para uso directo como balneología (52,7%), agua caliente sanitaria (24,6%), calefacción de espacios (4,6%), invernaderos (4,5%), acuicultura (1,5%), usos industriales (6,7%) y deshielo (5,4%) (Chiodi, L. *et al.*, 2020).

El mayor uso que se le da a la explotación de recursos geotérmicos de baja entalpía son los sistemas hidrotermales conductores, permitiendo el desarrollo sustentable en la región. Desde hace varios años se han utilizado:

- Balneario termal Rosario de la Frontera en la provincia de Salta;
- Termas de Río Hondo en la provincia de Santiago del Estero.

Además, en la última década se construyeron varios complejos térmicos, entre los que destacan (Pesce, 2015):

- Provincia Misiones: Wanda y 2 de Mayo;
- Provincia de Corrientes: San Roque, Curuzú Cuatí y Monte Caseros;
- Provincia de Córdoba: Chazón, Miramar y Mar Chiquita;

---

<sup>2</sup> ktep = kilo tonelada equivalente a petróleo

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

- Provincia de Buenos Aires: Tigre, Ramallo, Navarro, Las Flores, Chascomus, Pehuajó, Tapalqué y Dolores.

La Tabla 3 reúne la capacidad instalada y energía anual usada por tipo de uso directo reportado hasta el año 2019 en Argentina.

**Tabla 3 Usos directos de calor geotérmico en Argentina**

Uso directo	Capacidad instalada (MW)	Energía anual usada (1 TJ/año)
Calefacción en casas (individuales)	22,40	50,00
Calefacción en invernaderos	21,48	40,10
Piscicultura	7,03	13,10
Nieve derretida	1,36	31,60
Baño y natación	137,21	1029,63
Otros usos	15,30	44,64
<b>Total</b>	<b>204,78</b>	<b>1209,07</b>

Fuente: Chiodi, *et al.* (2020)

### 4.3.5 Chile

En 1996, se instalaron los primeros sistemas con bomba de calor geotérmico en Chile (Morata 2020). Desde entonces ha habido un importante incremento en estas instalaciones, las que ya alcanzan una potencia instalada mínima de 8 MWt (Morata, 2020)

En el estudio realizado por la Corporación Regional de Desarrollo Productivo de la Región del Libertador Bernardo O' Higgins en el 2017, se identifican 35 proyectos a nivel nacional de uso de energía geotérmica de baja entalpía en los sectores residencial, comercial e industrial (ver Tabla 4). Las edificaciones de uso público, como hospitales y colegios, y privadas, como viviendas y condominios, están vinculados a la climatización. Por el lado industrial, destacan iniciativas vinculadas a la actividad productiva agrícola y madera.

**Tabla 4 Proyectos desarrollados en Chile por sectores**

Residencial	Comercial	Industrial
1. Calefacción de viviendas sociales comuna Santa Juana	14. Colegio alemán de Puerto Varas	<b>Agrícola</b>
2. Condominio Las Tórtolas	15. Escuela Rural Linares de Casma (3.400 m <sup>2</sup> )	30. Vina Maquis (bodega de vinificación)
3. Casa familia Salazar	16. Centro logístico en San Miguel: 233 kW <sub>t</sub>	31. Invernadero Hortícola (producción de berros)
4. Casa familia Silva: 612 kW <sub>t</sub>	17. "Parque Científico Tecnológico" de la Universidad Católica del Maule (UCM)	<b>Maderero</b>
5. Casas La Reina: 670 kW <sub>t</sub>	18. Centro de Salud Familiar (CESFAM) en Calbuco (1.700 m <sup>2</sup> )	32. Viveros bosques Arauco (Industria de la madera): 45 kW <sub>t</sub>
6. Casas habitacionales en Los Ángeles, Colina: 57 kW <sub>t</sub>	19. Hospital el Salvador en Santiago: 4.000.000 kW <sub>t</sub> , COP 3, sistema vertical	33. Forestal Arauco Vivero Horcones: 3.220 kW <sub>t</sub>
7. Condominio de los Ríos Low en Santiago	20. Centro Integral del adulto	34. Secador geotérmico (industria de la madera): 16 kW <sub>t</sub> , sistema horizontal, COP 4
8. Edificio cumbres del Sur en Temuco	21. Mayor de Viña del Mar	35. Arauco: Horcones (industria de pastas de madera, papel y cartón): 31.500 kW <sub>t</sub> , COP 4,5
9. Hogar hermanita de los pobres en Concepción: 400 kW <sub>t</sub> , COP 4	22. Centro integral del adulto mayor de Maipú	
10. Particular en Chillan	23. Hospital Regional en Rancagua (90.000 m <sup>2</sup> )	
11. Particular en Lomas San Sebastián		
12. Edificio Costa Mar en La Herradura, Coquimbo: 198 kW <sub>t</sub>		

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Residencial	Comercial	Industrial
COP 4,5; sistema horizontal 13. Edificio Transoceánica	24. Parque Titanium en la Región Metropolitana 25. Hotel Termas de Puyehue (uso de aguas termales) 26. Hotel Quelen en Cañete 27. Edificio Ezzati en Universidad Católica de la Santísima Concepción 28. Hotel Playa Grande Suites en Pucón 29. Piscina temperada en Chiguayante: 32 k kW <sub>t</sub>	

Fuente: Informe de Vigilancia Tecnológica – Geotermia de Baja Entalpía (Corporación Regional de Desarrollo Productivo, 2017)

## 4.4 Precios de la geotermia somera: bombas de calor

En base a lo presentado en la sección anterior, se considera que Chile puede ser un buen referente para establecer los precios de la geotermia hoy en Uruguay, ya que representa un mercado inmaduro en el que los proveedores de bomba de calor geotérmica han sido intermitentes. Hay empresas que se han mantenido en el mercado por años, mientras que muchas otras han abandonado la geotermia o simplemente dejado de existir. Además, la mayoría de los equipos que constituyen la BCG son importados desde el extranjero. La información más detallada y reciente de la situación en Chile se encuentra disponible en el estudio realizado por el Ministerio de Energía de Chile y GIZ de 2020.

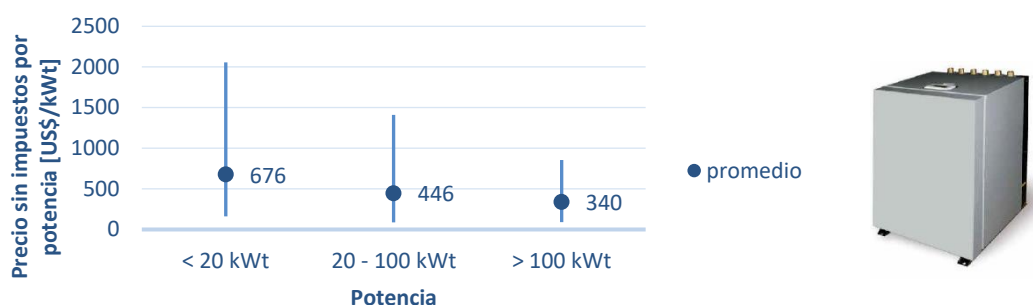
En el caso de la BCG, la inversión inicial depende de múltiples variables, entre las que destacan la ubicación del proyecto, los requerimientos térmicos, el transporte y la cantidad de proveedores, entre otros. Para establecer los costos de inversión de un proyecto con bomba de calor geotérmica, a continuación, se detallan los precios de cada uno de los principales componentes, es decir, para la bomba de calor y el intercambiador, para distintos rangos de potencia.

### 4.4.1 Precios de la bomba de calor (equipo)

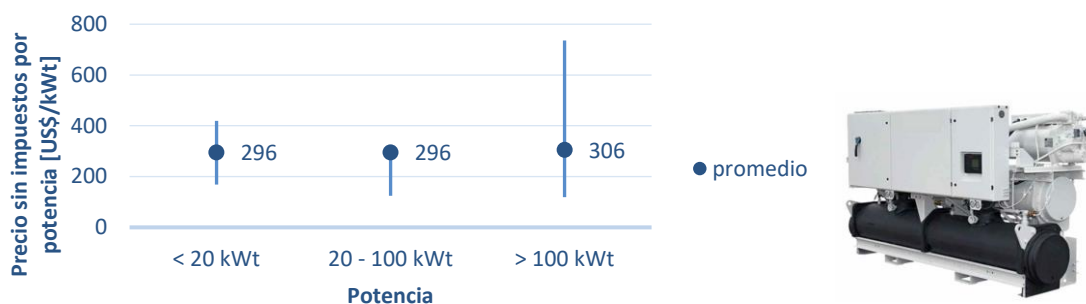
Entre los factores que influyen en el costo de la bomba de calor, se encuentran la empresa que cotiza, la marca, la eficiencia, la funcionalidad (calefacción y/o refrigeración y/o agua sanitaria caliente – ACS), y la ubicación donde se quiera instalar, siendo más costoso en zonas más alejadas, porque usualmente un técnico certificado pone los equipos en marcha para que posteriormente se respeten las garantías.

En base a la Figura 5, se pueden apreciar los rangos de precios de BCG reversible que además provee agua caliente sanitaria para distintitos rangos de potencia. Estos equipos son una opción que cumple con todos los requerimientos térmicos en el sector residencial. Es decir, calefacción, refrigeración y ACS. Por otro lado, en la Figura 6 se muestran los rangos de precios de BCG con presentaciones para fines industriales por rango de potencial.

**Figura 10 Rangos de precios de BCG reversible para calefacción/refrigeración y ACS por potencia**



**Figura 11 Rangos de precios de BCG para uso industrial por potencia**



Fuente: Elaborado en base a GIZ (2020)

#### 4.4.2 Precio del intercambiador de calor

Tal como se mencionó en la sección 4.2, el intercambiador de calor o colector geotérmico puede ser abierto o cerrado y los colectores cerrados pueden ser horizontales y verticales. Los colectores abiertos son económicamente más convenientes que los colectores cerrados, pero se justifican para suministrar potencias por sobre los 20 kW. En cuanto a los colectores cerrados, los horizontales son más económicos. Sin embargo, es una alternativa limitada a instalaciones pequeñas (típicamente viviendas unifamiliares), donde el área del colector es aproximadamente el doble del área a climatizar.

- **Intercambiador de calor abierto**

Considerando que este colector está constituido por un arreglo de pozos, a continuación, Figura 7 y Figura 8 se muestran los costos de perforación para distintas profundidades por metro lineal de perforación para distintos rangos de profundidad. Los resultados muestran que, al aumentar la profundidad, aumentan los costos. A modo de ejemplo, un pozo vertical de 6 pulgadas de diámetro con encamisado de acero con una profundidad de 50 metros tiene un costo aproximado de US\$ 220 por metro lineal.

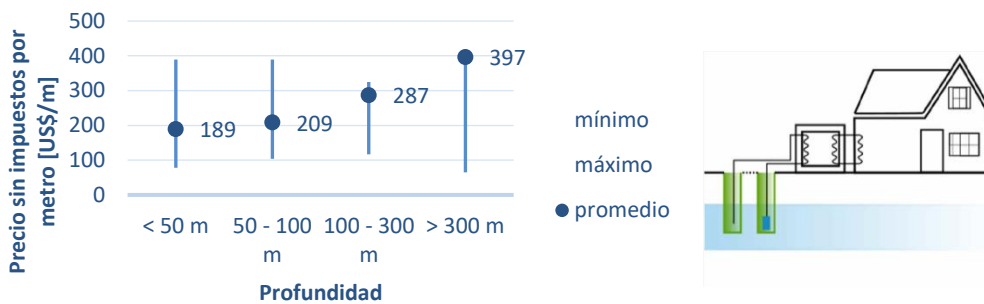
- **Intercambiador de calor cerrado**

En la Figura 8, se muestra el rango de precios para la construcción de un colector horizontal cerrado, donde se observa una disminución del precio en la medida que aumenta la superficie.

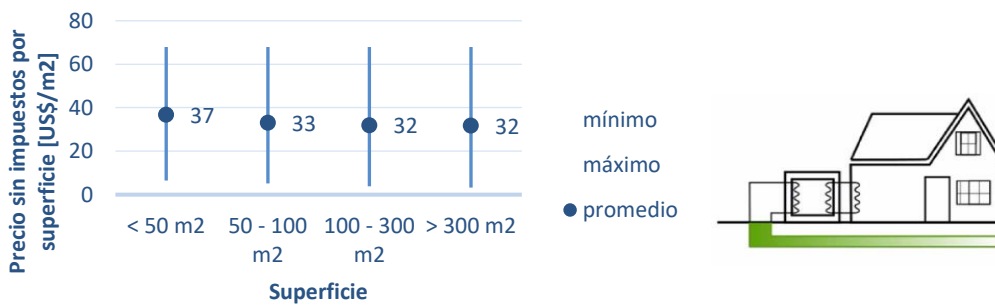
Este tipo de colector geotérmico es usual en el caso de viviendas unifamiliares. Los resultados muestran que para una vivienda unifamiliar de 100 m<sup>2</sup> que requiere aproximadamente 200 m<sup>2</sup> de colector horizontal cerrado, el costo aproximado del colector es de US\$ 40 por m<sup>2</sup>.

El tipo de colector geotérmico más común es el vertical cerrado. En la Figura 9, se muestra el rango de precios de construcción de un colector vertical cerrado, cuyo precio disminuye en la medida que aumenta la profundidad. Para una profundidad habitual de estas instalaciones de 50 – 100 m de profundidad, el costo de colector vertical cerrado por m de profundidad es aproximadamente de US\$ 185.

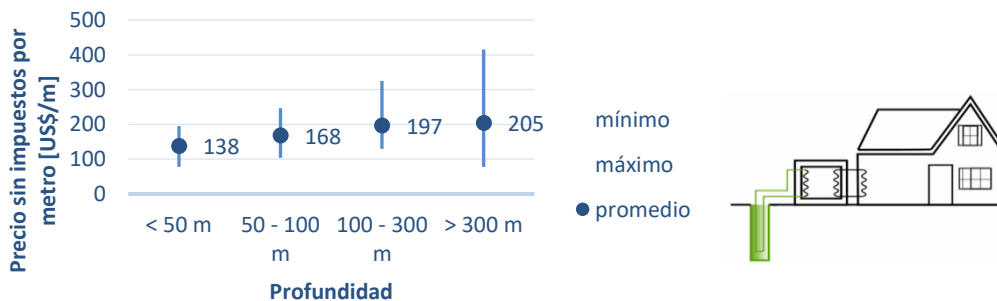
**Figura 12 Rango de precios de construcción de pozo de agua**



**Figura 13 Rango de precios de construcción de colector horizontal cerrado**



**Figura 14 Rango de precios de construcción de colector vertical cerrado**



Fuente: Elaborado propia en base a GIZ (2020).

## 5 Situación actual en Uruguay

En la presente sección, se analizará la apropiación del país, los antecedentes geotérmicos desarrollados en Uruguay, el potencial del recurso geotérmico desde una perspectiva geológica e hidrogeológica, así como la caracterización actual de la energía en el país y sus requerimientos de calor y frío en los sectores residencial, comercial e industrial.

Este proyecto de igual forma incorpora la variable género, donde la situación actual será abordada en la sección 11.

### 5.1 Apropiación del país

La apropiación de la asistencia técnica por el país se evalúa mediante el grado de congruencia, relación y contribución a los objetivos, compromisos y planificación nacional establecido en su primera Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC).

Si bien Uruguay se caracteriza por tener una matriz eléctrica renovable, todavía existen desafíos para el desarrollo sostenible en el ámbito energético para la proliferación de las tecnologías renovables a diversos niveles. Estos radican en los procesos térmicos, así como en el uso eficiente de la energía eléctrica.

La energía geotérmica de baja entalpía ofrece beneficios en comparación con otras fuentes de energía tradicionales todavía empleadas a nivel residencial y comercial con fines de calefacción y a nivel industrial en procesos de calor. En tal sentido, su adopción permitiría el cumplimiento de compromisos nacionales e internacionales, presentados a continuación:

#### ❖ **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**

Los ODS son un mecanismo para dar continuidad a la agenda de desarrollo, impulsados por las Naciones Unidas. Según el Plan de Respuesta al CTCN elaborado por el país, la asistencia técnica cumple directamente 3 de estos:

- ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos
- ODS 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos
- ODS 13: Actuar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

A ellos, se le suma otros objetivos que la consultoría encuentra potencial en ser cumplidos con la asistencia técnica y al uso de la energía geotérmica de baja entalpía en el país, los cuales son presentados en la Figura 15Tabla 5 con las potenciales metas a cumplir como sus indicadores y en la Figura 15 a modo de resumen número de estas metas e indicadores.

Figura 15 Relación con los ODS



Fuente: Elaboración propia en base a Naciones Unidas (2015)

Tabla 5 Cumplimiento de metas e indicadores de los ODS

ODS	Metas	Indicadores
1 Fin de la pobreza	1.2 Reducir al menos a la mitad la proporción de personas que viven en la pobreza en todas sus dimensiones	1.2.2 Proporción de personas que viven en la pobreza, en todas sus dimensiones
3 Salud y Bienestar	3.9 Reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por la polución y contaminación del aire	3.9.1 Tasa de mortalidad atribuida a la contaminación de los hogares y del aire
5 Igualdad de género	5.4 Reconocer y valorar los cuidados y el trabajo doméstico no remunerados	5.4.1 Proporción de tiempo dedicado al trabajo doméstico no remunerado, desglosada por sexo, edad y ubicación.
7 Energía asequible y no contaminante	7.1 Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos 7.2 Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas 7.3 Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética	7.1.2 Proporción de la población cuya fuente primaria de energía son los combustibles y tecnologías limpias 7.2.1 Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía 7.3.1 Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PBI
8 Trabajo decente y crecimiento económico	8.5 Lograr el empleo pleno y productivo y el trabajo decente	8.5.1 Ingreso medio por hora 8.5.2 Tasa de desempleo
9 Industria, Innovación e Infraestructura	9.4 Modernizar la infraestructura de las industrias para que sean sostenibles, promoviendo la adopción de procesos industriales limpios	9.4.1 Emisiones de CO <sub>2</sub> por unidad de valor añadido
11 Ciudades y comunidades sostenibles	11.1 Asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles 11.6 Reducir el impacto ambiental negativo de las	11.1.1 Proporción de la población urbana que vive en viviendas inadecuadas 11.6.2 Niveles medios anuales de

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

ODS	Metas	Indicadores
	ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire	partículas finas en suspensión en las ciudades
12 Producción y consumo responsables	12.2 Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de recursos naturales	12.2.1 Huella material en términos absolutos, per cápita y por PBI
13 Acción por el clima	13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales	13.1.1 Número de países que han comunicado el establecimiento de una política, estrategia o plan que aumente su capacidad para adaptarse a los efectos adversos del cambio climático

Fuente: Elaboración propia en base a Naciones Unidas (2018)

### ❖ Estrategia de Desarrollo Uruguay 2050

Este documento de planificación estratégica y prospectiva del país a largo plazo contiene tres ejes estratégicos que estructuran el documento en sí, los cuales son: transformación productiva sostenible, la transformación social y la transformación de las relaciones de género. Siendo el primero de estos, de transformación productiva sostenible ajustable a la asistencia técnica presente, incluye lo siguiente:

- ❖ Promover el desarrollo social desde la resiliencia energética en los hogares: este punto se refiere a la mejora de la calidad de vida de la población desde el punto de vista energético, lo cual tiene varias dimensiones: infraestructura, calidad del aire, etc. Implica asegurar la producción de viviendas saludables y energéticamente resilientes para los hogares vulnerables.
- ❖ Desarrollar capacidades de producción de bienes y servicios vinculados a las energías renovables: Apuntar a la generación de productos y servicios vinculados a las energías renovables, de alto valor agregado, que posicionen al país como referente para el mercado regional. Esto requiere una política de largo plazo de ciencia y tecnología que permita la aparición y desarrollo de una industria en insumos energéticos con capacidad exportadora y de provisión local.

A su vez, la Estrategia menciona oportunidades relacionadas con el empleo en el sector de energías renovables y eficiencia energética, que ocupa el tercer lugar (19 % del empleo verde nacional) y ha crecido de manera sostenida en los últimos años.

### ❖ Política Nacional de Cambio Climático

Esta estrategia para hacer frente a los desafíos del cambio climático y la variabilidad en Uruguay, se cuenta con diversas líneas de acción, de las cuales la energía geotérmica de baja temperatura se alinea con los siguientes párrafos presentados en la Figura 16 brindando acondicionamiento térmico mediante el uso de una energía renovable no convencional al sector residencial, industrial y comercial, y por las bajas emisiones de gases de efecto invernadero que produciría, las cuales se detallan en la sección 10.

Figura 16 Lineamientos a la Política Nacional de Cambio Climático

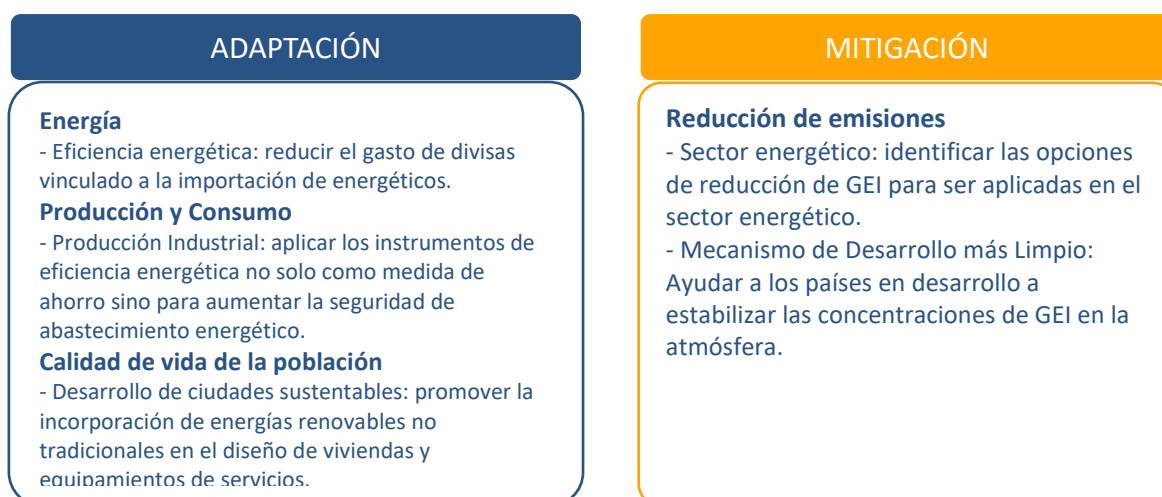


Fuente: Elaboración propia en base a República Oriental de Uruguay (2017)

### ❖ Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático

De manera similar, el uso de energía geotérmica es coherente con las siguientes líneas de acción en mitigación y adaptación que propone dicho plan (ver Figura 17), los cuales se esperan que sirva como base a largo plazo al país.

Figura 17 Relación con el Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad

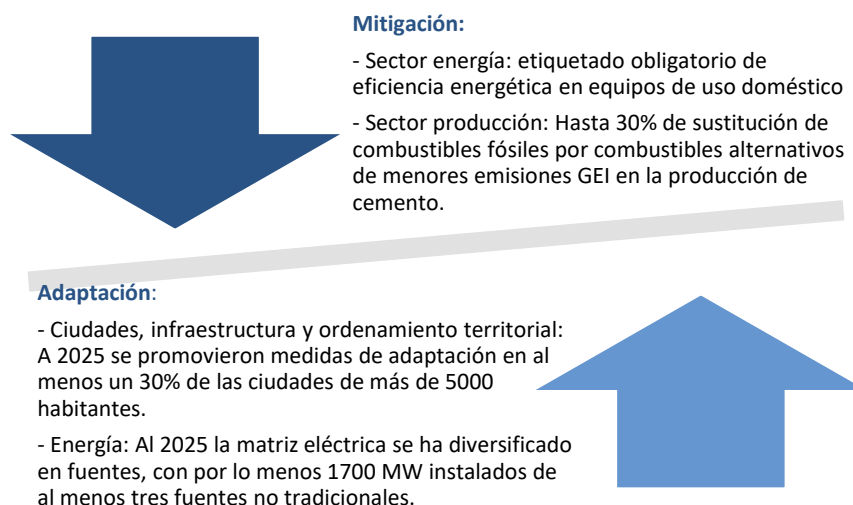


Fuente: Elaboración propia en base a Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y la Variabilidad

### ❖ Primera Contribución Determinada a nivel Nacional (CDN)

El aprovechamiento de la energía geotérmica de baja entalpía permitiría a la vez el cumplimiento de las contribuciones nacionales determinadas en los siguientes sectores de mitigación y adaptación presentados en la Figura 18, los cuales se detallan en la sección 10.1.

Figura 18 Relación con las CDN



Fuente: Elaboración propia en base a República Oriental de Uruguay (2017)

#### ❖ Plan Nacional de Eficiencia Energética

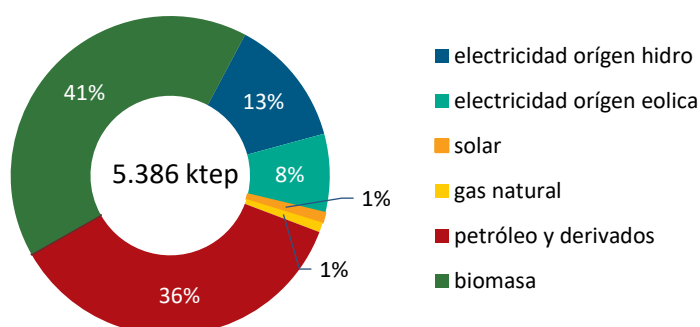
Finalmente, la implementación de este tipo de sistemas contribuiría a alcanzar la meta de energía evitada de 1.690 ktep en el periodo 2012-2024, trazada en el Plan Nacional de Eficiencia Energética. Dicho plan contempla líneas de acción en los sectores residencial, industrial, comercial y de servicios, entre otros, que apuntan a promover la adopción de sistemas energéticos eficientes en las nuevas infraestructuras, así como en las ya existentes.

## 5.2 Característica energética del país

### 5.2.1 Matriz energética

Según el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM, 2020a) , en los últimos años Uruguay ha registrado importantes cambios en la diversificación de su matriz primaria energética o matriz de abastecimiento, la cual cada vez tiene una mayor participación de las fuentes de energía renovable, las cuales representaron un 62,3% en el año 2019 de un total de 5.386 ktep producidos, teniendo una mayor participación de la biomasa, seguido del petróleo y sus derivados, como se observa en la Figura 19.

Figura 19 Matriz primaria uruguaya



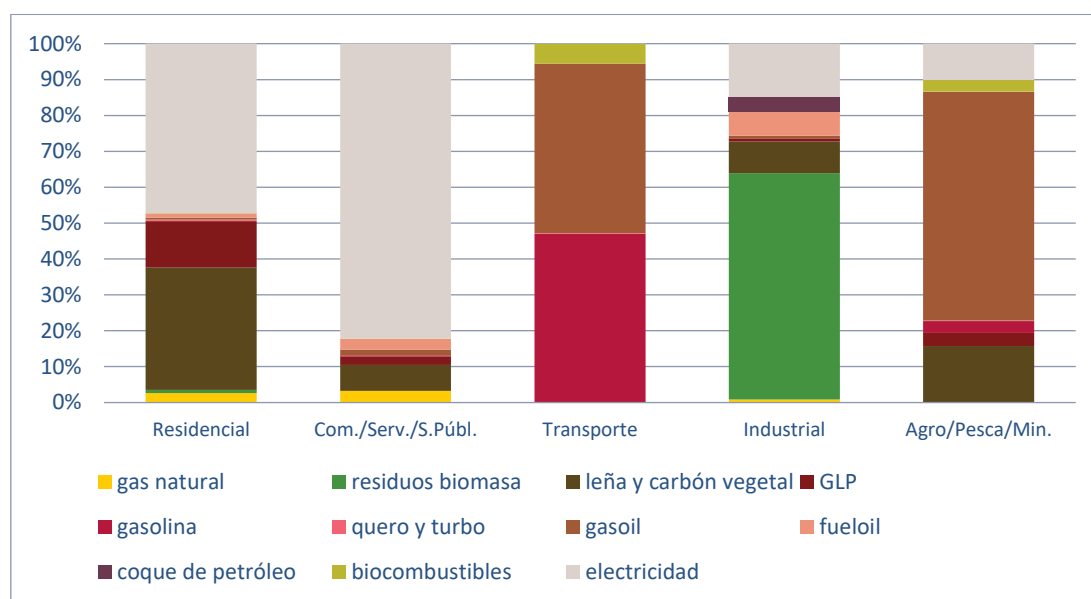
## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Fuente: Balance Energético Nacional (BEN) del 2019 (MIEM, 2020a)

Sin embargo, el consumo energético<sup>3</sup> conforma el 87% (13% es de uso no energético), representando un total de 4.700 ktep, el cual depende del sector que lo consume: industrial (43,20 %), transporte (27,54 %), residencial (17,98 %), comercial/servicios/sector público (6,54 %) y agro/pesca/minería (4,74 %). La Figura 20 muestra la participación de las fuentes en cada uno de los sectores ya mencionados, en donde se visualiza el particular consumo de la electricidad (47%) y de leña y residuos (34%) en el sector residencial, de la electricidad (82%) en el sector comercial, mientras que en el sector industrial predomina el uso de residuos de biomasa (63%) seguido de la electricidad (15%) (MIEM, 2020a).

Figura 20 Participación de las fuentes en el consumo por sector



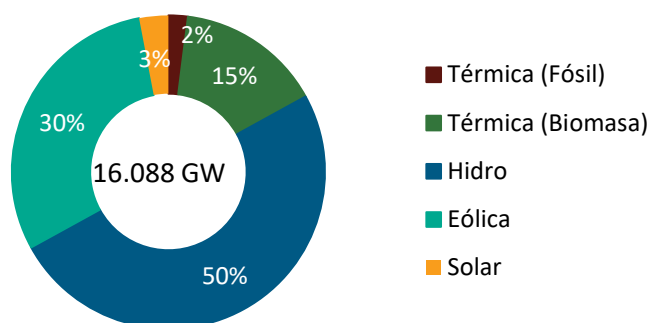
Fuente: Balance Energético Nacional del 2019 (MIEM, 2020a).

## 5.2.2 Caracterización del consumo eléctrico

En el 2019, se generaron 1.383,6 ktep de electricidad (16.088 GW) y la demanda fue abastecida en su totalidad. El sector residencial, industrial y comercial son los sectores de mayor consumo eléctrico, representado en un 40,9%; 30,9% y 25,9%, respectivamente. Como se observa en la Figura 21, el 98% de la energía generada es renovable y solo el 2% es no renovable, ello significaría que se cuenta con una fuente limpia (casi en su totalidad) para el uso para bombas de calor geotérmicas (MIEM, 2020a).

<sup>3</sup> Según el Balance Energético Nacional, el consumo final de energía puede ser para usos energéticos (cocción, iluminación, calor de procesos, fuerza motriz, etc.) o para usos no energéticos (lubricación, limpieza, etc.).

Figura 21 Generación de electricidad por fuente



Fuente: Balance Energético Nacional del 2019 (MIEM, 2020a).

### 5.2.3 Tarifa eléctrica

En el Uruguay, la tarifa eléctrica es administrada por la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE), compañía energética estatal. En la Tabla 6, se observa un descenso en los últimos 3 años en todas las categorías tarifarias (sin excepción) y la diferencia de precios por kW entre ellas.

Tabla 6 Precio medio de venta en el mercado interno

Categoría Tarifaria (centavos de dólar por kW) (*)	2017	2018	2019
General	22	21,34	15,59
Residencial	25,14	24,31	22,4
Consumo Básico Residencial	15,8	15,54	13,98
Alumbrado Público	25,39	24,53	22,44
Doble Horario Residencial	19,74	18,97	17,54
Doble Horario Alumbrado Público	19,7	19,09	17,64
General Hora Estacional	---	15,15	12,11
Triple Horario Residencial	---	17,64	15,75
Grandes Consumidores	12,43	11,91	10,97
Medianos Consumidores	18,44	18,17	16,57
Zafra Estival	17,8	17,05	17,03
Precio promedio ponderado	19,45	18,75	16,80

(\*): Incluye energía, cargo fijo y potencia, sin impuestos

Fuente: UTE (2019)

A diferencia de los otros países, Uruguay presenta los precios más altos de la energía eléctrica en Latinoamérica. En la Figura 22, para el sector residencial, Uruguay duplica los precios eléctricos de otros países llegando a 47,48 ctv. USD /kW. Además, se observa la disminución del precio mientras el consumo mensual aumenta, a diferencia de otros países. Para el sector industrial y comercial, también presenta la mayor tarifa eléctrica, con un precio de 22,97 y 25,88 ctv. USD /kW, respectivamente (OSIGERMIN, 2019). Esto muestra que una reducción del consumo energético en el Uruguay tiene un ahorro económico mucho más significativo a comparación del resto de la región.

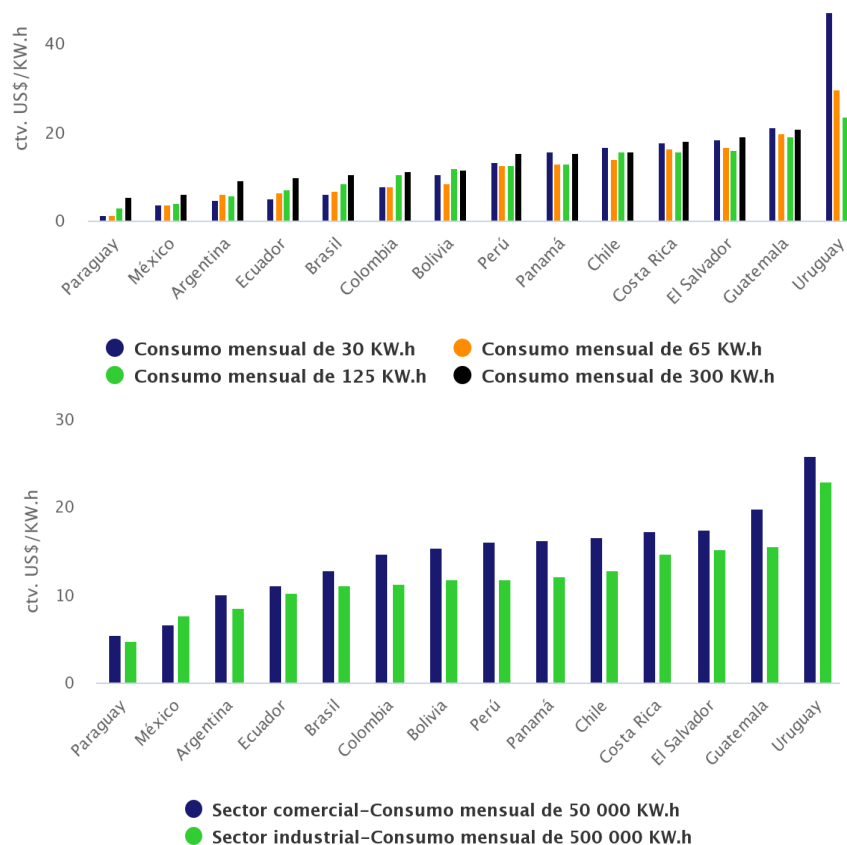
En una última comparación hecha por la empresa SEG en el presente año 2020 (SEG Ingeniería, 2020b) en la que se presentan los precios energéticos de diferentes países, Uruguay sigue

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

siendo el país con mayor costo de energía eléctrica en el sector residencial con 234 USD/MW (tarifa Residencial Simple con un consumo de 250 kW/mes y tarifa Gran Consumidor 2 con un consumo de 400.000 kW/mes), mientras que en el sector industrial se encuentra en segundo lugar, solo después de Chile, para media tensión con 109 USD/MW. En relación a los precios de combustibles, también presenta los mayores precios en fuel oil, gas oil y nafta. Para gas natural residencial es el tercer país más caro y el segundo en GLP supergás (SEG, 2020b). Estos datos se muestran en la Figura 23.

**Figura 22 Tarifas eléctricas residenciales (superior) y comerciales - industriales (inferior) en Latinoamérica (cuarto trimestre 2018)**



Fuente: Osigermin (2019)

**Figura 23 Precios de energía eléctrica y combustibles en la región**

País	Energía Eléctrica		Combustibles				
	Industrial Media Tensión (USD/MWh)	Residencial (USD/MWh)	Fuel Oil (USD/l)	Gas Natural Residencial (USD/m <sup>3</sup> )	G.L.P. Supergás (USD/kg)	Gas Oil (USD/l)	Nafta (USD/l)
Uruguay	109	234	0,61	1,23	1,10	0,95	1,29
Chile	117	176	0,29	1,35	1,56 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>
Brasil	93	155	0,38	1,69	1,03	0,59	0,76
Argentina	64	80	0,29 <sup>a</sup>	0,24	0,51	0,78	0,83
Paraguay	42	60	-	-	0,73	0,67	0,89

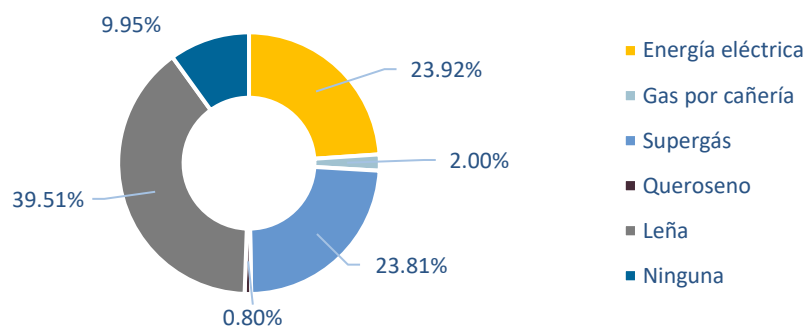
Fuente: SEG Ingeniería (2020b)

### 5.2.4 Acondicionamiento térmico: sector residencial

Según el MIEM (2016), se estimó que en el 2013 los hogares uruguayos gastaron en total 35 ktep en calefacción durante los tres meses de invierno. Esta cifra corresponde al 4,45% del consumo total de energía del sector residencial en ese año equivalente a 786,5 ktep. Además, la ‘Encuesta continua de hogares’ elaborada por el INE (2020a), señala que solo un 9,9% de los hogares en Uruguay no contaban con alguna fuente de calefacción.

La Figura 24 muestra como en mayor proporción se calefaccionan las viviendas por medio del uso de la leña, energía eléctrica y supergás, mientras que en menor proporción se usa gas por cañería y queroseno u otras fuentes. Además, se menciona que del total de hogares que usan energía eléctrica, un 42,7% los calefaccionan con aire acondicionado.

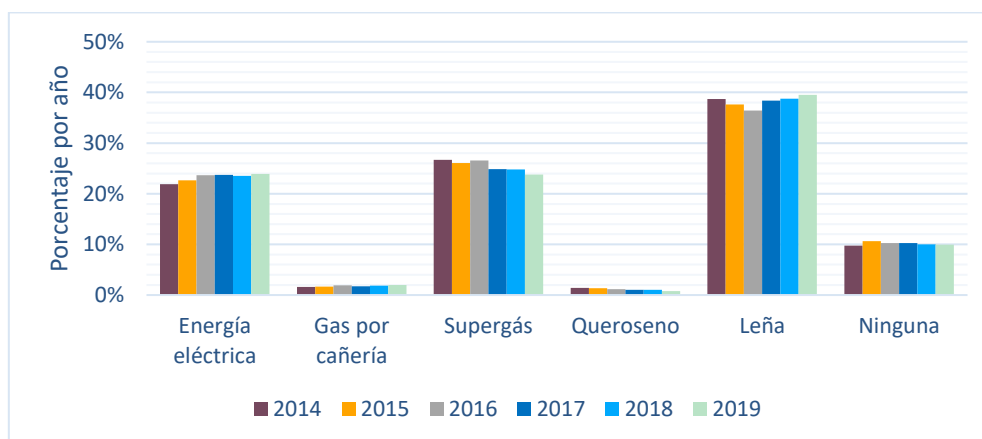
Figura 24 Fuente de energía para calefacción de hogares



Fuente: Elaboración propia. Datos de las Encuestas Continuas de Hogares (INE, 2020a)

Asimismo, en la Figura 25 se visualiza un constante uso de la leña en los últimos 4 años con un aumento desde el año 2017 hasta la actualidad, mientras que la energía eléctrica en el 2019 ha desplazo al supergás como la segunda fuente de energía más utilizada para calefacción de hogares. Además, de un ligero cambio en el uso de queroseno, el cual ha ido disminuyendo y el gas por cañería aumentando.

Figura 25 Calefacción en hogares (2014 – 2019)



Fuente: Elaboración propia. Datos de las Encuestas Continuas de Hogares (INE, 2020a)

Por otro lado, las estadísticas en relación a los hogares que cuentan con el confort de tener agua caliente, nos indica que para el 2019 el 8,3% de los hogares cuentan con un calentador instantáneo de agua y el 87,3% con calefón o termofón (INE, 2020a).

### 5.2.5 Uso energético para procesos de calor y frío: sector industrial

El MIEM (2020b), en el último 'Balance Nacional en Energía útil - Sector industrial para el año 2016' determina la energía neta, energía útil y rendimientos de todos los usos energéticos para cada una de las fuentes y sub sectores industriales. Para fines de este estudio, nos centraremos en su uso de calor directo, frío de proceso, otros equipos de calor y usos no productivos, los cuales se alinean al uso geotérmico de baja entalpía.

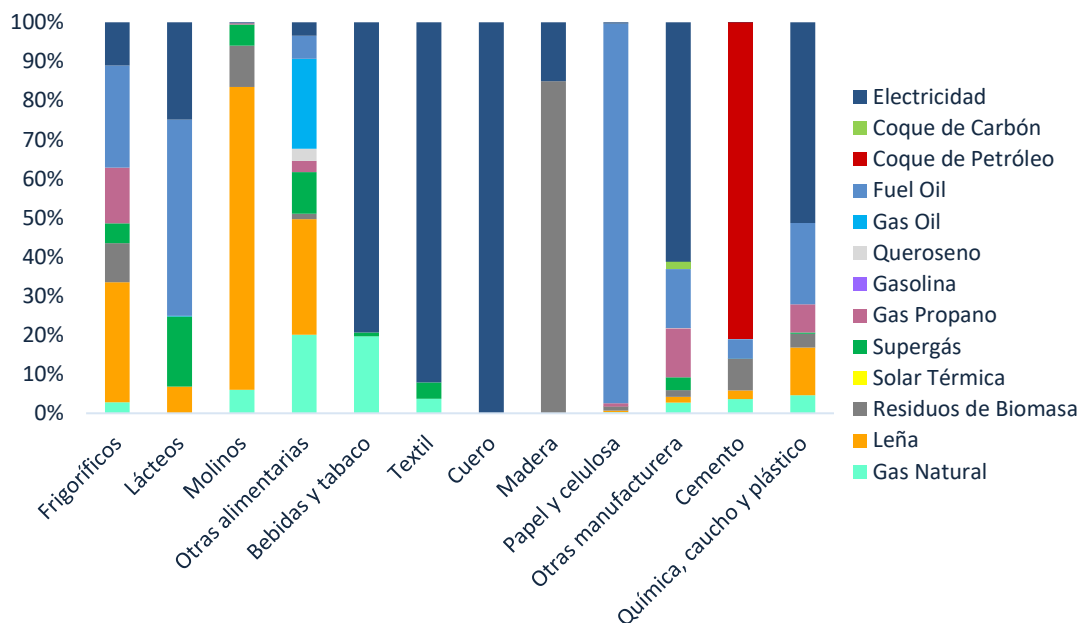
- **El calor directo**, representado por un total de 137,70 ktep, comprende el uso en hornos, secadores, calentadores, reactores y otros para dicho fin. Los combustibles fósiles representan la mayor fuente energética con el fuel oil (82,71 ktep), seguido de la leña (8,24 ktep) y de la electricidad (5,96 ktep).
- Para su uso como **frío de proceso**, la energía eléctrica cubre en su totalidad la energía útil requerida (16,83 ktep). Los equipos utilizados para este proceso son frío por compresión, frío por absorción, y otros equipos de frío, como rooftops, splits (aire acondicionados productivos) y heladeras, con un rendimiento de 67, 55 y 95% del equipo, respectivamente.

En relación a su uso por subsectores, las industrias de frigoríficos presentan los mayores consumos con un total de 8.607,2 ktep, seguido de otras alimentarias (9.728,1 ktep) y lácteos (2.337,8 ktep).

- La **generación de vapor**, representado por un total de 160,59 ktep, tiene como fuente principal la leña (103,14 ktep), seguido de los residuos de biomasa (22,17 ktep), del fuel oil (32,52 ktep), del gas natural (1,23 ktep), y de otras fuentes en menor proporción.
- En el **uso de otros equipos de calor** se encuentran las calderas de agua caliente, de fluido térmico, equipos eléctricos: calderas de agua caliente y calefones, y de fluido térmico. La energía útil total fue de 36,13 ktep, donde los residuos de biomasa fueron los más usados (14,80 ktep), seguidos de la leña (9,76 ktep).
- Para los **usos no productivos de la energía**, se usó un total de 9,53 ktep; sin embargo, se debe de considerar que tiene dos fines: transferencia de calor y trabajo mecánico, teniendo importancia para el estudio el primer caso mencionado, incluye el uso de electricidad (equipos de frío, aire acondicionado) con un rendimiento de 0,55% y un total de 7,63 ktep de energía útil suministrado por electricidad.

Adicionalmente, se hace un análisis por cada el uso de cada tipo de industria para el uso de calor directo, siendo el sub sector papel y celulosa el de mayor consumo de energía útil (81.122,5 ktep). La Figura 26 representa en porcentaje la participación de cada fuente, cuyo fin es dar calor directo (en relación a la energía útil – ktep) a diferentes tipos de industrias (MIEM, 2020b).

Figura 26 Calor directo (energía útil) por fuente y tipo de industria



Fuente: Elaboración propia en base al Balance Nacional en Energía Útil Uruguay - Sector industrial (MIEM, 2020b)

En el sector madera, se da el aprovechamiento de los residuos de biomasa (102.76 ktep) de sus procesos de fabricación, principalmente el chip y aserrín, como fuente de generación de calor para el secado de madera (MIEM, 2020b).

Del mismo modo, en el sub sector papel y celulosa se usa en mayor proporción el gas oil (78.814,70 ktep). Sin embargo, la ‘Consumo de energía en la industria’ elaborada por el MIEM (2019b), indica que el residuo de biomasa es la fuente más usada, teniendo el uso del licor negro para el secado de celulosa.

En la industria de lácteos, el fueloil (183,91 ktep) y la leña (25 ktep) se usan para generar calor. Por otro lado, en el sub sector textil, la electricidad (121,83 ktep) es el de mayor uso (MIEM, 2016). Sin embargo, según la encuesta, mencionada en el párrafo anterior, la leña es la fuente principal para generar vapor y calor directo (MIEM, 2019b).

### 5.2.6 Sector comercial

Si bien no se cuenta con un estudio reciente que analice el consumo energético del sector en sistemas de calor y frío, el último Balance Energético Nacional nos indica que del total de 307,5 ktep consumidos en 2019; 252,1 ktep pertenecen a la fuente de electricidad; 22,1 ktep a la leña y 10 ktep al gas natural, principalmente, para el sector comercial/servicios/sector público, lo cual incluiría alumbrado público (MIEM, 2020a).

En la última ‘Encuesta de consumo y uso de la energía en el sector comercial y servicios’ realizada por el MIEM en el año 2013, en donde detallan el uso de aire acondicionado (ver Tabla 7), útil para los fines de la asistencia técnica, en total el 88% del sector contaban con este equipo, siendo el sector comercio el que mayor uso de ellos hace (45% del total), seguido del subsector alojamientos y servicios relacionados con la salud (11%).

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Tabla 7 Uso de aire acondicionado en el sector comercial

Sub sector	% que tienen aire acondicionado	N° de equipos por empresa (promedio)	% de uso (verano e invierno)
Comercio al por mayor y por menor	90%	6,1	80%
Transporte y almacenamiento	72%	9	93%
Alojamientos y servicios de comida	92%	39,3	84%
Actividades financieras y de seguros	98%	11,6	96%
Enseñanza	96% (sector privado)	10,3	100%
Servicios sociales y relacionados con la salud humana	87%	19	95%
Otras actividades de servicio	49,76%	16,1	89%

Fuente: Elaboración propia. Datos de la encuesta: 'Consumo y uso de la energía en el sector comercial y servicios' (MIEM, 2013)

Asimismo, se sabe que el 60% de las empresas pertenecientes al sector comercial tienen instalados colectores solares y/o calentadores solares pertenecen al subsector alojamiento y servicios de comida, el 24% a comercios, un 11% al sector servicios sociales y relacionados con la salud y 5% pertenecen al sector de otros servicios.

### 5.3 Iniciativas del uso de energía geotérmica en Uruguay

En el país, se destacan los estudios realizados a partir del Proyecto para la Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) (años 2003 – 2009), referidos al uso termal del agua subterránea del SAG en la zona de la ciudad de Salto, y el reúso de las aguas provenientes de las termas existentes en esa ciudad.

Durante el desarrollo del Proyecto del Sistema Acuífero Guaraní se realizó una experiencia con un pozo termal existente en la ciudad de Salto, que anteriormente pertenecía a la administración de las Obras Sanitarias del Estado, para determinar su potencial geotérmico.

A los efectos de tener un valor de referencia, se supuso que el caudal de agua que se extraía en ese pozo era de 280 m<sup>3</sup>/h. La temperatura del agua en la boca del pozo resultó de 48 °C. Por lo tanto, se estimó que el factor de capacidad sería del 24 %.

A continuación, se hará un breve repaso del uso que se le ha dado en Uruguay al agua que se capta de los pozos termales. Cabe señalar que generalmente se han realizado experiencias con el agua resultante del uso de los complejos termales, mientras que otras veces se ha utilizado el agua que sale directamente de los pozos.

#### 5.3.1 Uso recreativo

Actualmente existen en el país los siguientes parques termales ubicados en los departamentos de Salto y Paysandú (Figura 27):

- Guaviyú (Paysandú, una perforación termal de 1109 metros)

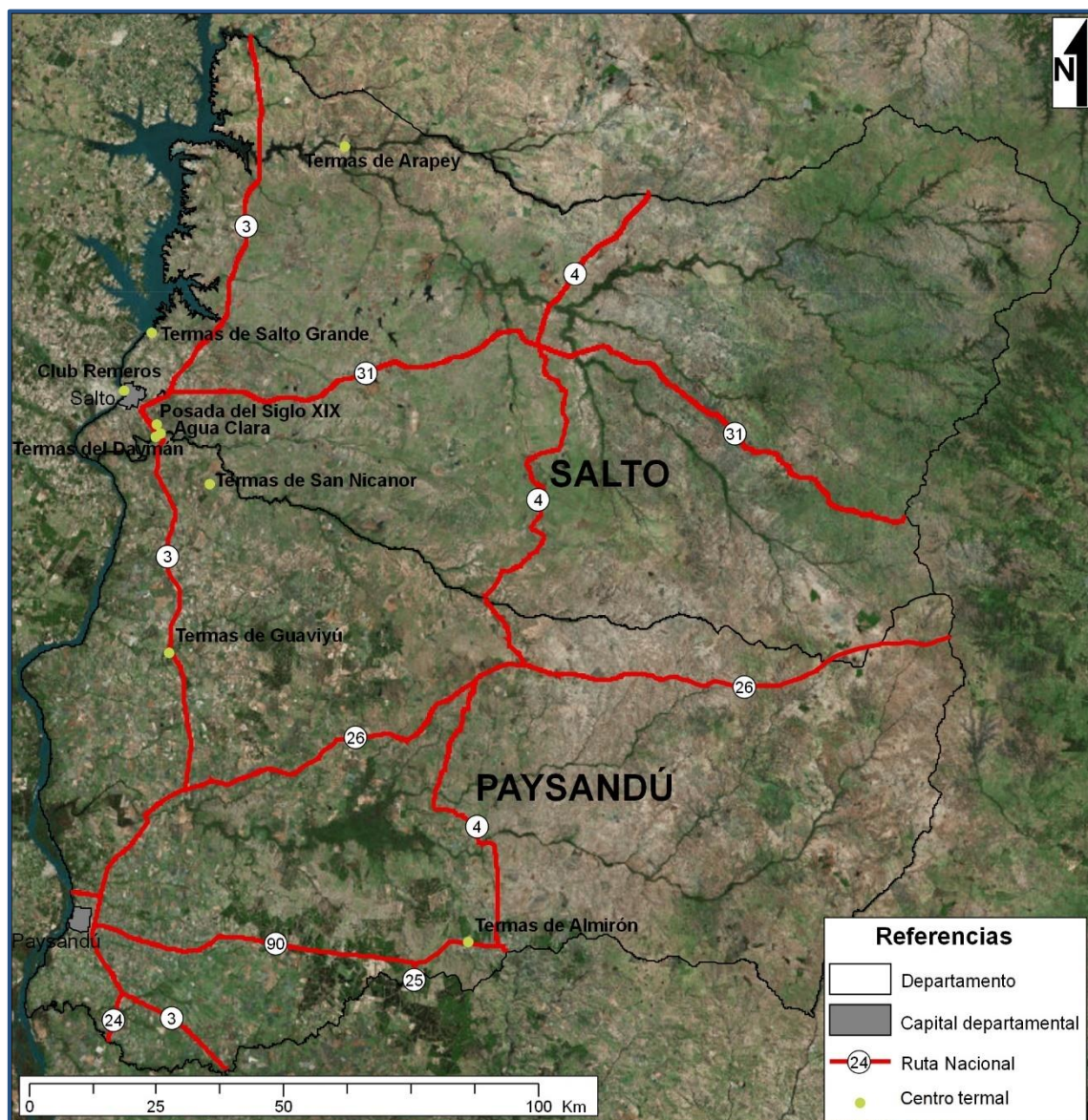
## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

- Almirón (Paysandú, una perforación termal de 923 metros)
- Arapey (Salto, tres perforaciones termales de 1494, 1000 y 900 metros)
- Daymán (Salto, una perforación termal de 1405 metros)
- San Nicanor (Salto, una perforación termal de 1104 metros)
- Agua Clara (Salto, una perforación termal de 1280 metros)
- Posada del Siglo XIX (Salto, una perforación termal de 1209 metros)
- Salto Grande (Salto, una perforación termal de 1495 metros)
- Club Remeros (Salto, una perforación termal de 1322 metros)

Existe otra perforación termal en el departamento de Rivera, realizada con fines turísticos, la cual aún no está en uso. Además, de los complejos termales señalados, cuatro son municipales (Guaviyú, Almirón, Arapey, Daymán) y los restantes pertenecen a privados.

Figura 27 Ubicación de los centros termales



Fuente: Elaboración propia

Una de las oportunidades que brindan los pozos termales ya existentes es poder darle un nuevo uso al agua “relictica” de los complejos. En el siguiente sub-capítulo se verán algunos ejemplos que, teniendo en cuenta la temperatura del agua luego de su paso por las piscinas, podría considerarse como geotermia somera.

#### 5.3.2 Calefacción de invernaderos

Existen dos experiencias sobre calefacción de invernaderos con agua termal que fueron llevadas a cabo en Salto (Barbazza, 2006).

- Termas del Daymán

Donde se realizaron cultivo de tomates, zapallitos y pepinos en invernáculos calefaccionados con agua termal. Inició en el año 1981, cuando se construyeron dos invernáculos idénticos en la Estación Experimental de Daymán, de madera con cubierta de polietileno, en los cuales la única variación era que uno de ellos fue calefaccionado con el calor natural del agua termal y el otro no. En estos invernáculos se cultivaron tomates y pepinos. Por otra parte, se construyó un quincho y un invernáculo calefaccionado con agua termal en donde se cultivaron zapallitos (Barbazza, 2006).

El hecho más destacable de los resultados obtenidos fue el aumento de rendimiento en los cultivos a favor de la calefacción. Con respecto al zapallito, se observó también un adelanto en la época de cosecha (Barbazza, 2006).

De las conclusiones de esta experiencia se destaca también el hecho de que con el volumen de agua caliente que da un pozo termal promedio se podrían calefaccionar 30.000 m<sup>2</sup> de invernáculos. Si se tiene en cuenta que en Salto la superficie media con invernáculo por productor es de 4.400 m<sup>2</sup>, entonces el agua termal de un pozo promedio alcanzaría para proveer de agua para calefacción a, aproximadamente, 7 productores (Barbazza, 2006).

De acuerdo a esta experiencia, el sistema de aprovechamiento del calor del agua termal utilizado resultó ser sumamente económico, se eliminó el riesgo por heladas en los invernáculos e incluso se podría pensar en la producción en ellos de hortalizas exigentes en temperatura (melón, zapallito, berenjena, chaucha, etc.) que no se realizan por no contar con un sistema económico para calefaccionar invernáculos (Beretta R., 1983).

A pesar de que se destaca el hecho de que el sistema de calefacción empleado resultó sumamente económico, y que el rendimiento del cultivo mejoró, no existe información sobre cómo era dicho sistema de calefacción ni cuáles eran sus costos (Barbazza, 2006).

Más adelante, utilizando también los efluentes de las Termas del Daymán, se llevó a cabo el proyecto “Utilización de energía geotérmica de efluente termal para calefacción de invernaderos de tomates”, encabezado por el Departamento del Agua del Centro Universitario Región Noroeste y la Facultad de Agronomía. El mismo fue financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y contó con la colaboración de la Intendencia Municipal de Salto.

El objetivo del proyecto fue comparar los rendimientos del cultivo de tomates con y sin provisión de calefacción permanente a través de la circulación de agua geotermal de baja entalpía proveniente del Sistema Acuífero Guaraní. Como resultado, **se observó un incremento en calidad y cantidad en la producción** de tomates en el invernáculo de tomate

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

con calefacción respecto del invernáculo de tomate sin calefacción tradicional, pese a lo reducido del periodo de investigación (Ramos, J., 2017).

- Termas Posada del Siglo XIX

En el año 2003, en las Termas de la Posada del Siglo XIX se realizó un ensayo con especies altamente sensibles al frío (chaucha de enrame y albahaca) con el propósito de evaluar el efecto del riego por goteo y calefacción por circulación de agua termal a través de cintas de polietileno de 100 micrones, con el agua de renovación de las piletas termales del complejo turístico (De Souza *et al.*, 2004).

Los resultados del ensayo permiten afirmar las ventajas del sistema de calefacción tanto desde el punto de vista productivo como económico, así como la buena aptitud del agua termal de rebalse para riego (De Souza *et al.*, 2004).

### 5.3.3 Calefacción de estanques de piscicultura

En las termas de San Nicanor, se desarrolló un experimento en piscicultura consistente en la cría de tilapias con agua termal en tajar de engorde. La gestación de las tilapias es de 7 meses, de setiembre a marzo, pero se deben mantener las familias todo el año. En San Nicanor se hicieron dos piletas de 40 metros por 10 metros para el ensayo. La idea fue realizar un ciclo de engorde (Proyecto Guaraní, 2008).

La primera cosecha, de carácter experimental, fue realizada a mediados del año 2007 obteniéndose unos 700 kilos de pescado. Las tilapias, constituyen el segundo grupo de peces más producidos en la acuicultura mundial, con excelentes mercados y demanda sostenida. Se trata de un pez tropical, por lo que en Uruguay muere en invierno, de ahí el interés en aprovechar el agua termal ya que permite mantener vivas las familias reproductoras (Guilleminot, 2007).

### 5.3.4 Proyectos actuales

Actualmente se están realizando dos proyectos por parte de la Universidad de la República.

La Facultad de Ciencias junto con el Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas (CeReGAS) y financiados por la Comisión Sectorial de Investigación Científica están realizando el proyecto “Evaluación del Potencial de Energía Geotérmica en el Área Piloto “Salto” (Cuenca Norte - Uruguay)”, que tiene como objetivo la evaluación del potencial de energía geotérmica profunda y somera en el área piloto Salto, Uruguay.

Por otro lado, el Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial y el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería están llevando a cabo el proyecto “Acumulación estacional de energía solar en acuífero para acondicionamiento térmico”, financiado por la ANII. Un breve esquema del proyecto, que se realiza sobre el acuífero Raigón, se presenta en la Figura 28.

Figura 28 Esquema de la instalación realizada por el proyecto



Fuente: Acumulación estacional de energía solar en acuífero para acondicionamiento térmico de González, F. *et al.* (2019)

### 5.3.5 Uso de bombas de calor geotérmicas

Si bien todas estas experiencias se han realizado utilizando agua excedente de las piscinas de los complejos termales o directamente tomadas de pozos profundos, existen algunas pocas experiencias que utilizan geotermia somera propiamente dicha.

En el año 2015, el Centro Educativo Los Pinos desarrolló un proyecto de sistema de energía geotérmica para climatizar ambientes y para calentamiento de agua sanitaria, que comenzó a operar en mayo de ese año en sus instalaciones en el barrio Casavalle.

Este proyecto, primero en su tipo en el país, contó con el apoyo financiero de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) para su implementación por su carácter innovador.

El mismo consiste en aprovechar la energía geotérmica mediante agua subterránea que pasa por una bomba de calor que alimenta a tres equipos fancoils con agua caliente o fría para calefaccionar o refrigerar, respectivamente, el comedor y la sala compartida del centro educativo. La bomba de calor utilizada genera hasta 4 kW de energía térmica por cada kW de energía eléctrica consumida. El agua relicta es en parte usada para el riego del predio y en parte reinyectada en un segundo pozo existente en el colegio.

## 5.4 Potencial del recurso geotérmico

### 5.4.1 Potencial geológico

De forma sintética, la geología del territorio uruguayo consiste en un basamento pre-devónico que aflora principalmente en el sector sur y noroeste del país, sedimentos Paleozoicos a Mesozoicos y derrames basálticos que son parte de la Cuenca del Paraná, situadas en el norte del país. Tres cuencas Mesozoicas se ubican en el norte, sur y este del territorio uruguayo: la Cuenca Norte, la Cuenca de Santa Lucía y la Cuenca de la Laguna Merín, respectivamente (ver Figura 29).

Figura 29 Principales unidades geológicas del Uruguay



Fuente: Elaboración propia. Basado en la Carta Geológica del Uruguay de Preciozzi *et al.* (1985)

Como se ha mencionado en la sección 4.2, los recursos geotermales pueden tener diferentes temperaturas:

- **Si se buscan recursos con temperatura sobre 25 °C;** la Cuenca Norte es la zona del país que, por sus características geológicas, ofrece el mayor potencial para desarrollar aplicaciones de energía geotérmica. Esto no significa que otras unidades del país no tengan potencial. Por ejemplo, la Cuenca de Santa Lucía también podría tener gran potencial y debería ser más estudiada. En este capítulo, se brindará especial atención a la Cuenca Norte (sedimentos cretácicos y paleozoicos, los que también se encuentran por debajo del basalto) por ser la zona con más información.
- **Si se cuenta con temperaturas menores a 25 °C;** las bombas de calor geotérmicas (BCG) tienen una enorme versatilidad y permiten aprovechar la energía disponible en rocas, sedimentos, acuíferos someros y cuerpos de agua superficiales. Estos pueden estar ubicados en cualquier punto del territorio, ya sea basamento o sedimentos.

A continuación, se detalla el potencial recurso geotermal considerando ambas posibilidades.

#### 5.4.1.1 Potencial profundo en la Cuenca Norte

La Cuenca Norte (nombre dado a la porción uruguaya de la Cuenca del Paraná) comprende rocas sedimentarias del Paleozoico al Mesozoico y flujos basálticos mesozoicos, principalmente relacionados a la evolución del oeste de Gondwana<sup>4</sup>. En esta cuenca se encuentran sucesiones sedimentarias desde el Devónico hasta el Cretácico.

Para los fines de esta consultoría, se pondrá el foco en la zona oeste de la cuenca (departamentos de Salto y Paysandú) que es donde actualmente se encuentran los complejos termales.

En esta zona, las secuencias sedimentarias inferiores al Cretácico están en su mayoría cubiertas por coladas basálticas Cretácicas (~133 Ma). Estas adquieren hasta 1.200 m de espesor conjunto y son agrupadas bajo el nombre de Formación Arapey (ver Figura 30).

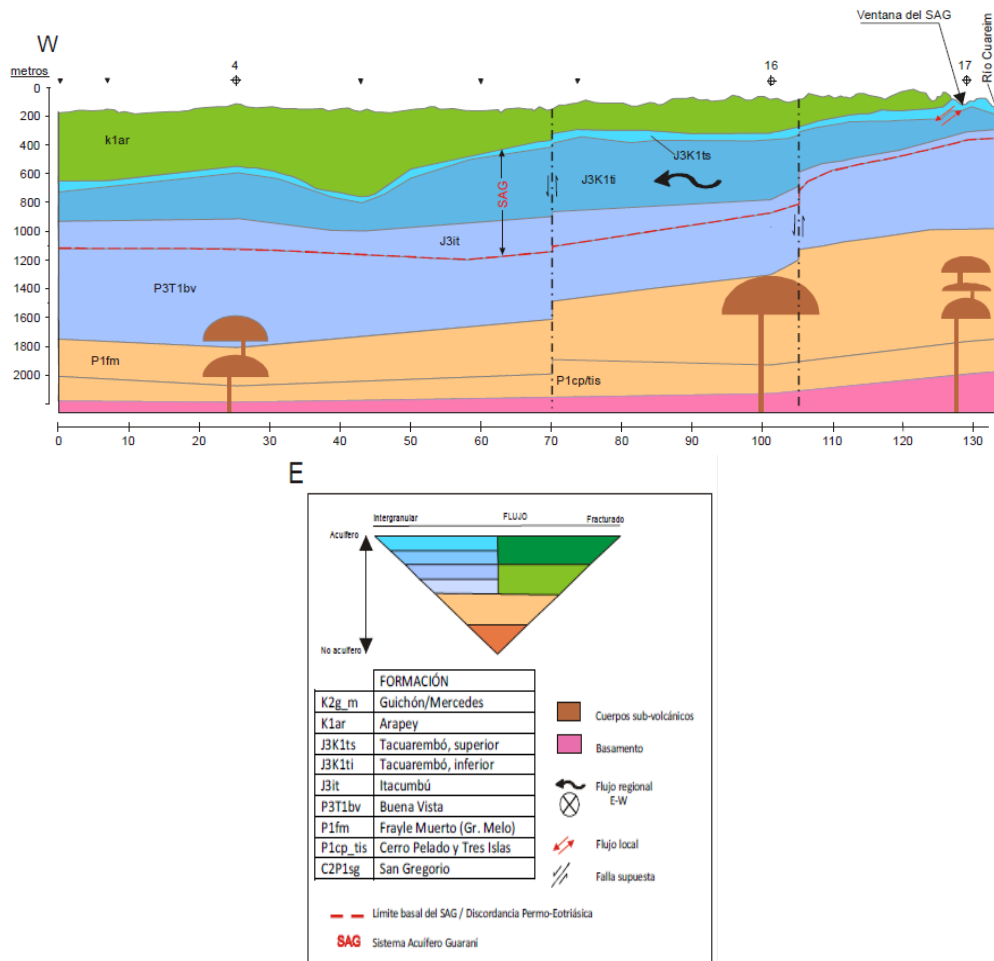
Los basaltos confinan acuíferos alojados en las rocas sedimentarias infrayacentes. Estos acuíferos son recargados en la zona aflorante de los sedimentos pre-basaltos en el este de la cuenca (5.000 km<sup>2</sup>, con la excepción de una ventana en el departamento de Artigas) y agrupados bajo el nombre de Sistema Acuífero Guaraní (SAG). La baja conductividad térmica de los basaltos (en promedio 1,95 Wm<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup> medido en otros basaltos del mundo, según Zoth y Haenel, 1988), hace que éstos actúen de aislantes del calor de los acuíferos, acentuando el gradiente geotérmico de la zona y elevando la temperatura de los mismos (Cernuschi, 2014).

En la Figura 30, se puede observar el engrosamiento de la cobertura basáltica y la profundización de las unidades sedimentarias a medida que se acerca a la zona oeste del país.

---

<sup>4</sup> Supercontinente que existió hace más de 200 millones de años

Figura 30 Corte geológico E-W en la zona norte del Uruguay

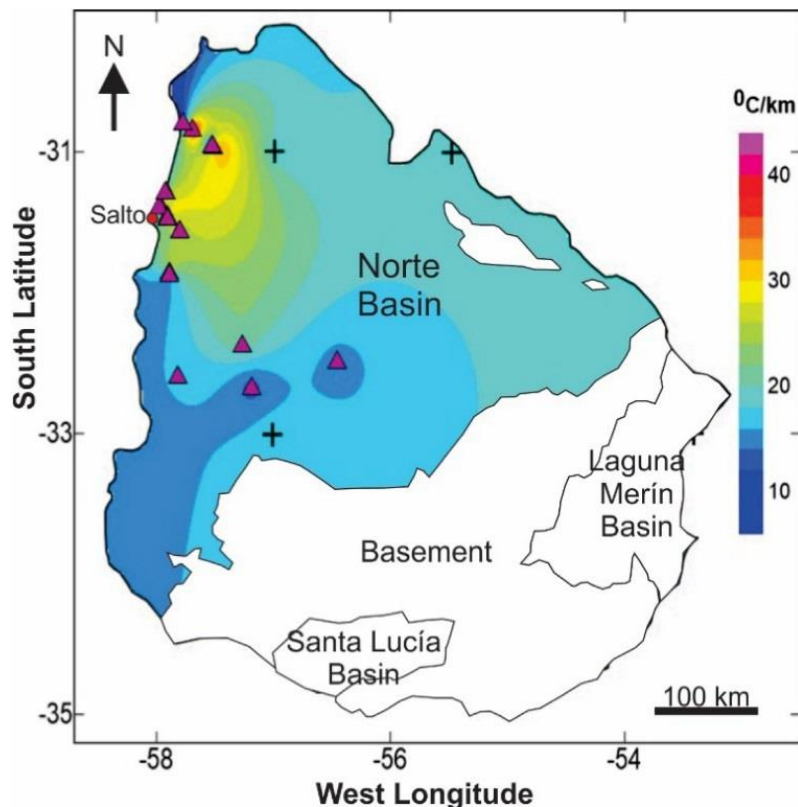


Fuente: Techera *et al.* (2017).

En el noroeste de Uruguay, el gradiente geotérmico (determinado a partir de los pozos que captan del Sistema Acuífero Guaraní) está estimado en un promedio de 28.6 °C / km (Montaño y Peel, 2003). Este está relacionado con el aislamiento térmico producido por basaltos Cretácicos que confinan acuíferos en rocas sedimentarias Carboníferas a Jurásicas en la Cuenca Paraná (Cernuschi, 2014).

Morales *et al.* (2020) compilaron datos de las perforaciones profundas existentes en Uruguay y realizan un mapa de gradientes geotérmico de la Cuenca Norte presentado en la Figura 31, el cual revela una región de valores relativamente altos (> 30 °C / km) en las partes centrales de la región noroeste de la Cuenca Norte. Las partes sur y este de la Cuenca Norte parecen estar caracterizadas por gradientes geotérmicos inferiores a 25 °C / km (Morales *et al.*, 2020).

Figura 31 Mapa de gradiente geotermal en la Cuenca Norte de Uruguay



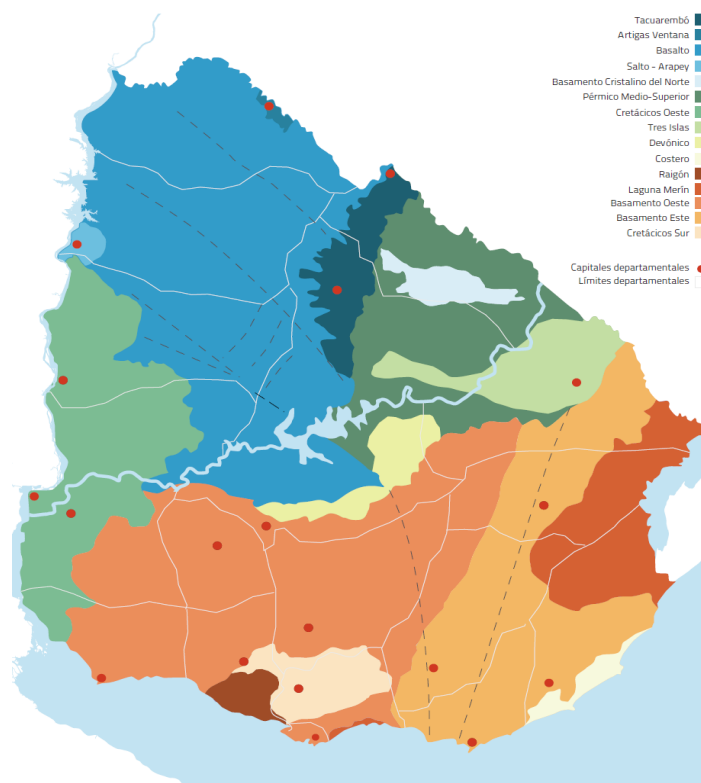
Fuente: Geothermal Gradients and Heat Flow in the Norte Basin de Morales *et al.* (2020)

#### 5.4.1.2 Potencial somero en todo el país

La tecnología de BCG permite utilizar el calor de acuíferos someros, ubicados en los primeros 100 m de profundidad. El territorio uruguayo posee gran variabilidad en cuanto a sus recursos hídricos subterráneos, encontrándose tanto acuíferos sedimentarios como fisurados (roca fracturada).

Algunos sistemas acuíferos (o parte de ellos) han sido objeto de estudio a través de diferentes proyectos, mientras que vastas zonas permanecen muy poco conocidas, ya sea por escaso interés o por la complejidad hidrogeológica de las mismas, sobre todo en acuíferos en roca fracturada. Los diferentes acuíferos del Uruguay están reflejados en la Figura 32.

Figura 32 Ubicación de los principales acuíferos del Uruguay



Fuente: Plan Nacional de Aguas del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente – MVOTMA (2017)

En la Tabla 8, se pueden observar algunas de las características principales de los mismos, hidrogeología, número de pozos, profundidad media y caudal medio.

Tabla 8 Características de los principales acuíferos del Uruguay

Principales acuíferos	Hidrogeología	Profundidad media (m)	Caudal medio (m <sup>3</sup> /h)	Extracción anual al 2009 (m <sup>3</sup> )	Porcentaje sobre total
Raigón	<b>Acuífero poroso.</b> Areniscas finas a conglomerádicas, color blanco amarillento. Sedimentación fluvial a fluvio deltaica.	36,3	23,6	66.000.000	30,0%
Costeros	<b>Acuífero poroso.</b> Arenas fluviales, costeras y eólicas. Sedimentación mixta	21,3	4,8	32.000.000	14,6%
Basamento Cristalino del Oeste	<b>Acuífero fisurado.</b> Granitos, neises, anfibolitas, y esquistos de naturaleza variada. Incluye los cinturones metamórficos.	39,4	5,0	32.000.000	14,4%
Sistema Salto - Arapey	<b>Acuífero mixto.</b> Areniscas medias y conglomerádicas, de color rojizo, suprayacente a basaltos en coladas fracturadas y alterados	45,8	8,8	23.000.000	10,6%
Basamento Cristalino del Este	<b>Acuífero fisurado.</b> Granitos, neises, calcáreos, cuarcitas, secuencia volcano sedimentaria y milonitas. Metamorfitos de diferente grado.	24,9	4,8	16.000.000	7,4%
Ventana de Artigas	<b>Acuífero mixto.</b> Sistema conformado por areniscas de la Fm, Tacuarembó y basaltos	71,7	11,3	14.000.000	6,4%

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Principales acuíferos	Hidrogeología	Profundidad media (m)	Caudal medio (m <sup>3</sup> /h)	Extracción anual al 2009 (m <sup>3</sup> )	Porcentaje sobre total
	de la Fm. Arapey				
Cretácicos del Oeste	<b>Acuífero poroso.</b> Arenas finas hasta gravilosas, con cemento arcillosos y calcáreo. También niveles de silicificación y ferrificación. Colores blanco, rojo y rosado. Sedimentación continental, fluvial y de clima árido	45,6	4,1	9.100.000	4,1%
Basaltos Formación Arapey	<b>Acuífero fisurado.</b> Lavas básicas del tipo basaltos toleiticos con estructuras en coladas.	50,8	16,9	8.400.000	3,8%
Tacuarembó Termal	<b>Acuífero poroso.</b> Areniscas infrabasálticas constituidas por granulometrías finas a medias, eólicas y fluviales color rojizo y blanco.	1284,0	107,0	6.200.000	2,8%
Cretácicos del Sur	<b>Acuífero poroso.</b> Areniscas finas a medias, con cemento arcilloso y niveles de ferrificación, y en algunos casos con niveles de arenas gruesas. Colores blanco y rojizo y rosado.	62,2	6,2	5.200.000	2,4%
Tacuarembó Aflorante	<b>Acuífero poroso.</b> Areniscas constituidas por granulometrías finas a medias, eólicas y fluviales, con intercalaciones de arcillas. Colores amarillo, rojizo y blanco	49,2	4,6	4.700.000	2,1%
Tres Islas	<b>Acuífero poroso.</b> Areniscas finas a conglomerádicas, con intercalación de lechos carbonosos. Color blanco amarillento. Sedimentación litoral marina	48,9	2,5	960.000	0,4%
Devónicos	<b>Acuífero poroso.</b> Areniscas gruesas a gravilosas, con intercalación de caolinitas. Color amarillo. Sedimentación fluvial	57,6	5,6	840.000	0,4%
Pérmicos	<b>Acuífero poroso.</b> Areniscas finas y muy finas con niveles arcillosos de colores gris, verde y rojo. Sedimentación fluvio marina	49,7	1,9	650.000	0,3%
Cuenca de la Laguna Merín	<b>Acuífero poroso.</b> Arenas finas hasta gravilosas, con intercalaciones de niveles arcillosos. Sedimentación continental fluvial y marino	32,6	5,8	470.000	0,2%
Basamento Isla Cristalina de Rivera	<b>Acuífero fisurado.</b> Granitos, neises y metamorfos de bajo grado	54,7	1,0	100.000	0,0%

Fuente: Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) (2009)

Los caudales medios son adecuados para ser utilizados mediante BCG; se distinguen dos escalas para la posible implementación de estos:

- Los acuíferos donde se extraen caudales de unos pocos m<sup>3</sup>/h son aptos para viviendas individuales, invernaderos pequeños (<100 m<sup>2</sup>) y deshidratadores de productos agrícolas, entre otros.
- Los acuíferos donde se extraen caudales sobre los 10 m<sup>3</sup>/h son aptos para la implementación de proyectos de mayor envergadura, como climatización de procesos industriales-agrícolas (lácteos, cerveza, vino), conjuntos de viviendas y aprovisionamiento de agua caliente sanitaria.

## 6 Potencial del uso geotérmico uruguayo

En esta sección se presentarán los ámbitos de uso de la energía geotérmica de baja entalpía en Uruguay, junto con un análisis de ámbito de competencia económica, más una revisión de los beneficios tributarios para este tipo de proyectos en Uruguay y una revisión de posibles externalidades sociales asociadas a la implementación de estos.

### 6.1 Ámbitos de uso para energía geotérmica en Uruguay

Atendiendo los distintos usos que se pueden dar a la geotermia dependiendo de la temperatura (ver Figura 1), el contexto de acondicionamiento térmico en Uruguay (secciones 5.2.4, 5.2.5 y 5.2.6) y las condiciones generales del país, se estima que la tecnología geotérmica podrá ser utilizada en Uruguay en aplicaciones asociadas a acondicionamiento térmico. La tecnología podrá adoptarse mediante el uso de bombas de calor y dichas aplicaciones podrán definirse en presencia o ausencia de una fuente hidro-termal en la proximidad de cada aplicación de la tecnología.

Los proyectos de acondicionamiento térmico califican dentro de la clasificación de proyectos de eficiencia energética, es decir, en términos de evaluación económica, siempre podrán considerarse como una partida de inversión, donde el beneficio que se obtiene al implementarlo se evalúa en base a la determinación de los ahorros económicos que produzca sobre el costo total (inversión + operación) del proceso involucrado, frente al uso de una “alternativa competitiva”. Esta comparación podrá realizarse al principio del proyecto, es decir, selección de tecnología a utilizar, o durante el proyecto, como una alternativa de recambio tecnológico y/o reemplazo de equipos.

A continuación, se presentan distintas aplicaciones por sector donde la bomba de calor geotérmica podría ser una alternativa a considerar.

#### 6.1.1 Sector residencial

En el sector residencial uruguayo (ver sección 5.2.4), la demanda por acondicionamiento térmico se caracteriza primero por requerimientos de calefacción durante los meses de invierno, donde un 90,1% de los hogares cuenta con algún tipo de calefacción (entre sistemas eléctricos Split, calefactores a leña, supergás y otros). Adicionalmente, y de la mano al desarrollo económico del país en la última década, se observa una penetración paulatina del aire acondicionado para climatización (comfort) en meses cálidos y la propagación de alternativas habitacionales “full electric”.

A nivel de demanda energética, una residencia se puede caracterizar por el área que se desea acondicionar térmicamente y por el nivel de aislamiento con que cuenta. Como referencia, un ambiente de 15 m<sup>2</sup> en Uruguay requiere de aproximadamente 270 kW<sub>t</sub> por mes para caleccionarse durante seis horas diarias (SEG Ingeniería, 2020a). Dicho consumo se puede suministrar a través de un equipo de 1,5 kW de potencia de salida. Con esto en consideración, se puede caracterizar el tamaño del respectivo equipo para acondicionamiento térmico, dependiendo del espacio que se desee acondicionar, como se indica en la Tabla 9.

**Tabla 9 Relación entre espacios a acondicionar y tamaño de equipo, sector residencial**

Superficie a calefaccionar	Tamaño equipo	Posible uso
10 a 15 m <sup>2</sup>	0,5 a 1,5 kW	Un ambiente/habitación
20 a 30 m <sup>2</sup>	2 a 3 kW	Uno o dos ambientes/habitaciones
40 a 60 m <sup>2</sup>	4 a 6 kW	Tres a cinco ambientes/habitaciones
70 a 100 m <sup>2</sup>	7 a 10 kW	Grandes salones, 4 a 8 casas de un ambiente contiguas

Fuente: Elaboración propia en base a De Saldamando (2018), Reus (2018) y Corporación de Desarrollo Tecnológico (2015).

A nivel de intensidad de uso, el consumo podrá variar entre un 5% y un 35% de las horas totales del año, dependiendo si el uso es solo para calefacción en invierno, o si además se utiliza para refrigeración en verano. Adicionalmente, si se requiere para calefaccionar agua sanitaria (duchas, lavado de platos, etc.), el uso anual correspondiente está entre el 3 – 4% de las horas totales del año. A nivel de temperaturas, se trabaja entre 10 °C y 45 °C (MINVU, 2013).

### 6.1.2 Sector comercial

En el sector comercial uruguayo (ver sección 5.2.6), la demanda por acondicionamiento térmico consiste en requerimiento de climatización (confort en atención de público, climatización de habitaciones hoteleras, etc.) y de refrigeración (comercios, hospitales, etc.).

A nivel de demanda energética, los consumos para climatización diferenciados por la superficie que se requiera climatizar (ya sea para calor o frío) serán similares al caso residencial para espacios bajo los 100 m<sup>2</sup>, toda vez que los espacios a climatizar y el nivel de uso son similares (pensando en oficinas y tiendas de centros comerciales que funcionan en horarios laborales).

Sobre 100 m<sup>2</sup> dependerá mucho del uso que se le dé al espacio (grandes salones, teatros, espacios abiertos en centros comerciales, terrazas de comida, etc.). En la Tabla 10, se indican valores referenciales para tamaños de equipos en función del espacio y el valor que se indica presenta un amplio rango para recoger una referencia.

**Tabla 10 Relación entre espacios a acondicionar y tamaño de equipo, sector comercial**

Superficie a calefaccionar / climatizar	Tamaño equipo	Posible uso
10 a 15 m <sup>2</sup>	1 a 1,5 kW	Un ambiente/habitación hotelera
40 a 80 m <sup>2</sup>	4 a 8 kW	Un ambiente de atención de público
100 a 200 m <sup>2</sup>	10 a 30 kW	Grandes salones, un centro comercial

Fuente: Elaboración propia en base a De Saldamando (2018), Reus (2018) y Corporación de Desarrollo Tecnológico (2015).

A nivel de intensidad de uso, el consumo será específico dependiendo del rubro; el consumo hotelero tendrá perfil individual similar al residencial más un cierto grado de agregación (resultando entre 10 y 40% de las horas del año), mientras que los espacios de atención de público y centros comerciales podrán requerir de un uso más intensivo, entre 40 y 50% de las horas del año. A nivel de temperaturas, se trabaja entre 10 °C y 45 °C (MINVU, 2013).

### 6.1.3 Sector industrial

En el sector industrial uruguayo (ver sección 5.2.5), la demanda por acondicionamiento térmico será específica de cada proceso productivo, sirviendo en etapas de precalentamiento, calentamiento principal, frío o climatización de ambientes.

A nivel de demanda energética, el requerimiento térmico puede estar asociado directamente a la temperatura que se requiere para cada proceso específico, y/o a una superficie para calefaccionar / climatizar (en muchos casos son usos combinados). Adicionalmente, existe una diversidad considerable de tamaños de equipos, atendiendo los diversos sectores productivos tamaños de empresas y necesidades específicas de acondicionamiento térmico como se indica en la Tabla 11.

**Tabla 11 Relación entre espacios a acondicionar y tamaño de equipo, sector industrial**

Tamaño equipo	Escala de tamaño	Posible uso
10 a 40 kW	Equipo de climatización	Climatización de ambientes
50 a 100 kW	Equipo industrial pequeño	Invernaderos, cámaras de frío, precalentamiento de procesos
100 a 300 kW	Equipo industrial grande	Cámaras de frío, calentamiento principal, secadores, calentadores, reactores
Sobre 300 kW	Equipo industrial grande	Cámaras de frío, calentamiento principal, secadores, calentadores, reactores

Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía de Chile y GIZ (2020); Nowak, T. (2018) e Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (2014).

A nivel de intensidad de uso, el consumo será específico dependiendo del rubro y del proceso involucrado. Es esperable un rango amplio entre 40 y 90% de las horas del año. A nivel de temperaturas, también el requerimiento será específico del proceso y de la etapa de éste que se debe acondicionar térmicamente.

## 6.2 Evaluación económica de las bombas de calor geotérmica

### 6.2.1 Ámbito de competencia para bombas de calor geotérmico

En el caso de proyectos de acondicionamiento térmico a partir de bombas de calor geotérmicas, el ámbito de competencia debe buscarse entre aquellas tecnologías de acondicionamiento térmico utilizadas normalmente en ese proceso particular (bombas de calor/chillers eléctricos, aire acondicionado tipo Split, calefactores a gas o petróleo, estufas a leña, etc.) y en los tamaños equivalentes dada una demanda térmica.

Si bien los distintos sectores de consumo en Uruguay (residencial, comercial e industrial) manejan entre sí distintas necesidades, perfiles de demanda e intensidad en el uso de acondicionamiento térmico, es posible identificar que el comportamiento de la demanda siempre podrá caracterizarse a nivel anual por el tamaño del equipo de acondicionamiento térmico que se necesita y por el nivel de utilización que se le dé al respectivo equipo, pudiendo

entonces estudiarse la alternativa bomba de calor geotérmica con respecto a otras alternativas de competencia.

### **6.2.2 Ejercicio de evaluación económica – Contexto general**

Para ilustrar esta situación, se realizó un ejercicio de comparación tecnológica sobre proyectos genéricos, a modo de identificar el ámbito de competencia entre la alternativa bomba de calor geotérmica y dos de sus competidores directos: bomba de calor eléctrica y caldera a biomasa<sup>5</sup>.

La comparación consiste en la simulación de un caso de “selección de tecnología”, donde dada una demanda anual de calor, caracterizada por la potencia media anual [kW<sub>t</sub>] y por el nivel de utilización anual [% de las horas del año], se evalúa la “tarifa equivalente de calor” que resulta de la utilización de distintas tecnologías para suministrarla. Dicha tarifa recoge, a través de un ejercicio de flujo de caja, los costos de inversión y de operación de cada tecnología, y los condensa en un valor unitario por unidad de calor. De esta manera, se pueden comparar tecnologías de distinta índole, independiente de si son intensivas o no en el uso de capital y/o presentan costos de operación bajos o elevados.

Las tecnologías son caracterizadas por su costo de inversión típico, su eficiencia (COP asociado al consumo eléctrico, o tasa de consumo de combustible), su costo de operación (costo del energético primario y costos de operación y mantenimiento). Se considera además que todas las alternativas a considerar se implementan en menos de un año (tiempo de construcción).

Como condiciones de borde del problema, se consideran los mismos supuestos de mercado (tarifas de electricidad, precios de combustible, año de realización de la inversión inicial, depreciación, supuestos macroeconómicos, tipo de cambio). Se considera optimización en relación al aprovechamiento de las tarifas eléctricas dentro del día (aprovechando la caracterización de los tipos de consumos) y solo se considera la evaluación tecnología v/s tecnología en un proyecto hipotético independiente. Los eventuales beneficios tributarios que ofrece la regulación uruguaya para la empresa deben analizarse *ex post*, atendiendo que la implementación de estos equipos servirá de antecedente para la evaluación correspondiente de beneficio tributario.

### **6.2.3 Ejercicio de evaluación económica – Definición de casos**

Se definen las siguientes tecnologías candidatas a evaluar:

- Bombas de calor geotérmicas con sistema de intercambio de calor horizontal cerrado.
- Bombas de calor geotérmicas con sistema de intercambio de calor vertical abierto.
- Bombas de calor geotérmicas con sistema de intercambio de calor vertical cerrado.
- Bombas de calor aerotérmicas (Split / Chiller).
- Estufa / Caldera de biomasa.

La bomba de calor (equipo) será el mismo para los tres casos de geotermia, donde se diferenciará en el sistema de intercambio de calor con el suelo, pudiendo ser sistemas

---

<sup>5</sup> Corresponden a las alternativas de más amplio uso. Si bien los calefactores con fuel oil son ampliamente utilizados en Uruguay, son bastante específicos en cuanto al tipo de industria que los utiliza. Lo mismo ocurre con la cogeneración, que es específica de la industria del papel y la celulosa.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

horizontales cerrados, verticales abiertos y verticales cerrados. Es del caso notar que los sistemas horizontales pueden instalarse en cualquier lugar, mientras que los sistemas verticales requieren de la presencia de agua subterránea y/o de una fuente hidrotermal para su implementación. Luego, para todas las tecnologías candidatas se definen 10 casos de evaluación, definidos por el tamaño del equipo (demanda térmica) y el factor de uso. Los casos considerados se presentan en la Tabla 12.

**Tabla 12 Definición de casos de la evaluación**

Caso	Capacidad Equipo [kW]	Factor Utilización	Demanda Energética Anual [kWh]	Tipo de consumo
C1	5	15%	6.600	Equipo pequeño. Solo para calefacción en invierno
C2	5	34%	15.000	Equipo pequeño. Calefacción en invierno y climatización en verano
C3	25	15%	33.000	Equipo mediano. Solo para calefacción en invierno
C4	25	50%	109.500	Equipo mediano. Calefacción en invierno y climatización en verano
C5	50	50%	219.000	Equipo industrial pequeño. Procesos de uso medio
C6	50	80%	350.400	Equipo industrial pequeño. Procesos de uso intensivo
C7	100	50%	438.000	Equipo industrial mediano. Procesos de uso medio
C8	100	80%	700.800	Equipo industrial mediano. Procesos de uso intensivo
C9	300	50%	1.314.000	Equipo industrial grande. Procesos de uso medio
C10	300	80%	2.102.400	Equipo industrial grande. Procesos de uso intensivo

Fuente: Elaboración propia en base a De Saldamando (2018), Reus (2018), CDT (2015), Ministerio de Energía de Chile y GIZ (2020), Nowak, T. (2018) e IDAE (2014).

## 6.2.4 Ejercicio de evaluación económica – Supuestos de costos

En el ámbito de CAPEX, se cuenta con una fuente de costos para Chile para bombas geotérmicas y aerotérmicas (Ministerio de Energía Chile, GIZ y Aguasol, 2020), para estufas y calderas a biomasa (Ministerio de Energía Chile, GIZ y Sylvae Consultores, 2020), y se asume que el mercado de equipos será similar entre Chile y Uruguay, toda vez que ambos países se encuentran en un ámbito similar en los siguientes elementos<sup>6</sup>:

- Importación de equipos: en ambos países no hay industria de fabricación de equipos de climatización, todo se importa ya sea de Asia, Europa, USA u otros países de Latinoamérica.
- Instalación local: ambos países han desarrollado un mercado local de instalación, reparación y mantenimiento de equipos a nivel y con competencias locales.
- Industria madura de aerotermia y biomasa.
- Industria incipiente de geotermia.

<sup>6</sup> Según las entrevistas a las partes interesadas en el segundo producto de la asistencia técnica: Bidegaray & asociados, Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería - Universidad de la República y SEG Ingeniería.

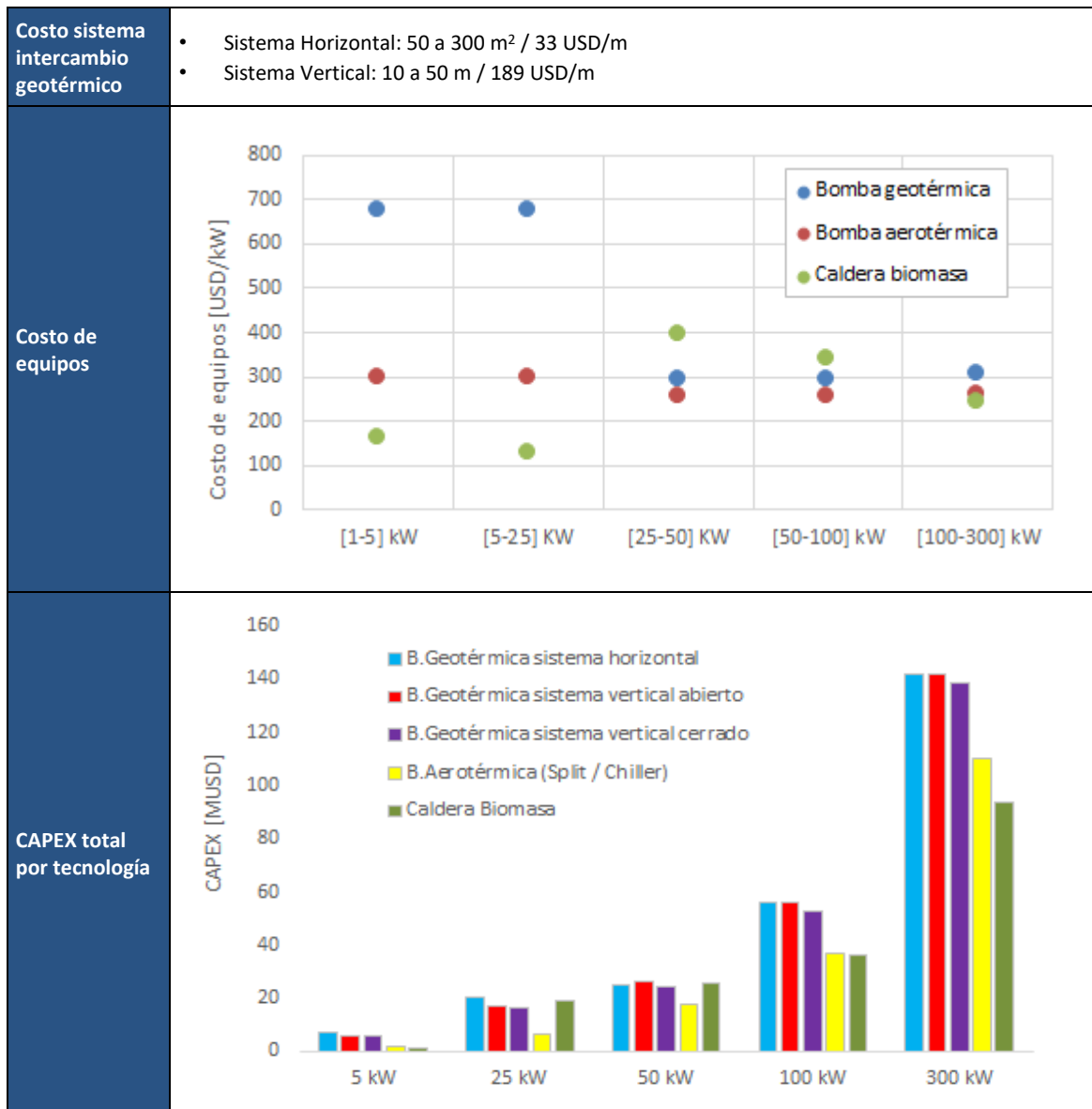
## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Como supuestos de costos de instalación, se considera un 20% del costo de equipo para geotermia y aerotermia<sup>7</sup> (Ministerio de Energía Chile, GIZ y Aguasol, 2020), y un 40% para caldera de biomasa, por la instalación más compleja de las calderas de biomasa (Ministerio de Energía Chile, GIZ y Sylvae Consultores, 2020). Para el caso de la geotermia, el costo del sistema de intercambio de calor con el suelo es un ítem de costo adicional para bombas geotérmicas.

Los supuestos principales de CAPEX se presentan en la Figura 33.

**Figura 33 Supuestos de CAPEX ejercicio de evaluación**



Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía Chile, GIZ y Aguasol (2020) y Ministerio de Energía Chile, GIZ y Sylvae Consultores (2020).

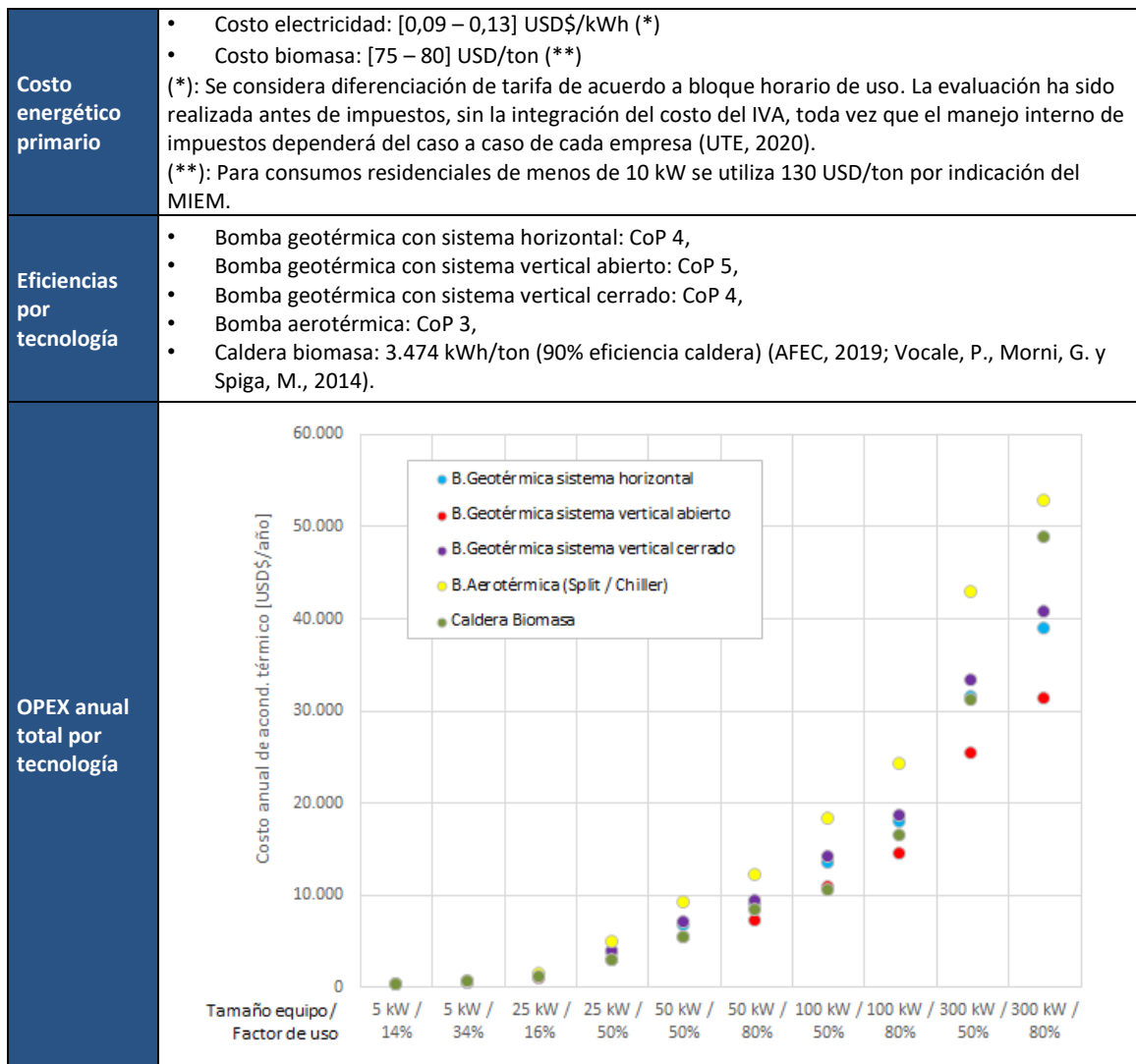
<sup>7</sup> Se considera un valor conservador dentro de la muestra, además de algunas referencias entregadas durante las entrevistas con los representantes de Bidegaray & asociados y SEG Ingeniería.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

En el ámbito de OPEX, se cuenta con supuestos para la tarifa eléctrica en Uruguay (UTE, 2020), el precio de la biomasa<sup>8</sup> en Uruguay y la eficiencia de los equipos (Ministerio de Energía Chile, GIZ y Sylvae Consultores, 2018; US Department of Energy, 2011). Se asume, además, un costo de operación y mantenimiento de los equipos de un 2% del CAPEX completo (equipo + instalación) (Ministerio de Energía Chile, GIZ y Aguasol, 2020; US Department of Energy, 2011). A los equipos de aerotermia y biomasa se les hace mantenimiento anual, mientras que a los sistemas geotérmicos se les hace mantenimiento cada 3 años. Por otro lado, las eficiencias de las tecnologías fueron consultadas en Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización (AFEC, 2019) y Vocale, P., Morni, G. y Spiga, M. (2014). Los supuestos principales de OPEX se presentan en la Figura 34 en base a la bibliografía consultada.

**Figura 34 Supuestos de OPEX ejercicio de evaluación**



Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía Chile, GIZ y Aguasol (2020); Ministerio de Energía Chile, GIZ y Sylvae Consultores (2018); US Department of Energy (2011).

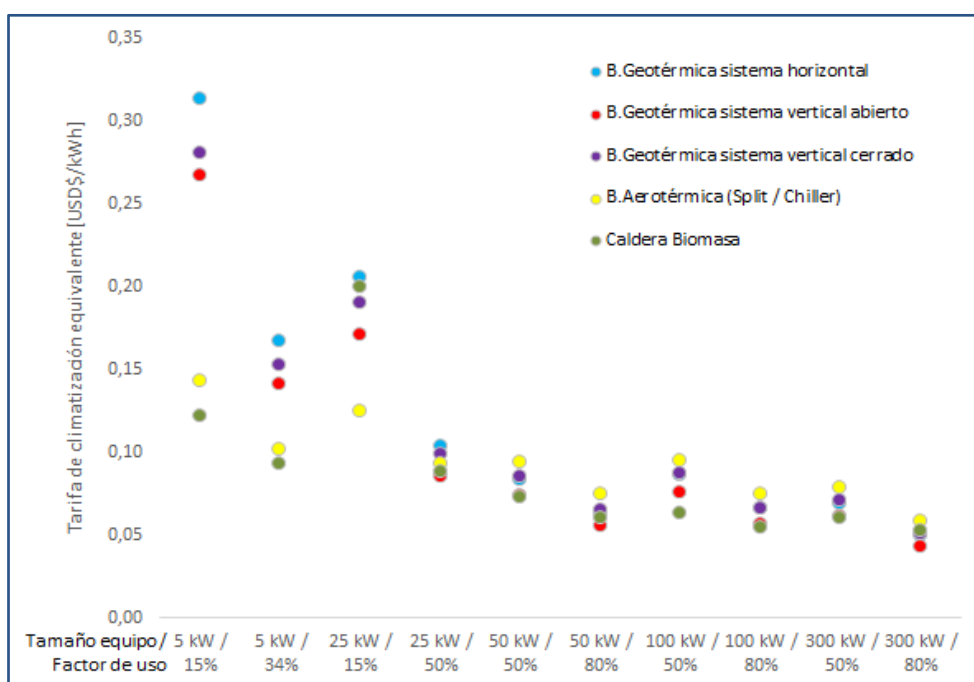
<sup>8</sup> Según la información proporcionada por el Ministerio de Industria, Energía y Minería en la tercera mesa de trabajo de la asistencia técnica, la cual consta de la experiencia de especialista en el tema.

Al combinar los supuestos y determinar el costo anual de operación, se obtiene que los casos con bomba de calor geotérmica **resultan entre 10% y 40% más económicos de operar que la aerotérmica**, y con respecto a la biomasa puede entre 3 y 40% más económica que caldera biomasa. Es del caso notar que, para la comparación con aerotermia, todas las soluciones en geotermia son más económicas. Para el caso de la biomasa, la geotermia solo es mejor en el caso de sistemas abiertos.

### 6.2.5 Ejercicio de evaluación económica – Resultados

Los resultados de tarifa equivalente [USD\$/kW<sub>t</sub>] se presentan en la Figura 35.

Figura 35 Tarifa equivalente de calor v/s casos (tamaño, factor de uso)



Fuente: Elaboración propia en base a Ministerio de Energía Chile, GIZ y Aiguasol (2020); Ministerio de Energía Chile, GIZ y Sylvae Consultores (2018); US Department of Energy (2011); AFEC (2019); Vocale, P., Morni, G. y Spiga, M. (2014); UTE (2020); MIEM (2020).

En dicha figura, se puede apreciar que:

- Para soluciones individuales de calefacción inferiores a 25 kW, existe una brecha entre bomba de calor geotérmica y otras tecnologías, siendo ésta no competitivo en este ámbito. Es del caso notar que esta es una evaluación meramente económica asociada a la decisión particular del equipo de climatización y no contempla el impacto económico sobre los usuarios de externalidades ambientales y/o de salud. En el caso en que la evaluación fuese social, el costo de la brecha se puede comparar con las externalidades en otros ámbitos.
- A partir de 25 kW y 50% de factor de uso, las bombas de calor geotérmicas entran en ámbito de competencia con bombas aerotérmicas y calderas a biomasa, lo cual puede tener aplicaciones tanto en el sector residencial (condominios, calefacción distrital), comercial e industrial.

## 6.3 Incentivos tributarios y otros beneficios

### 6.3.1 Contexto regulatorio en el Uruguay

La normativa uruguaya vigente referente a beneficios e incentivos fiscales a la inversión en energías renovables para su aprovechamiento se manifiesta a través de la **Ley de promoción y protección de inversiones, Nº 16.906**, que brinda un marco de incentivos y beneficios fiscales a proyectos de inversión que sean declarados promovidos, así como actividades sectoriales específicas. Pueden acceder todas las empresas, sin importar tamaño, que aportan al Impuesto a las Rentas de las Actividades Económicas (IRAE) (MIEM, 2019c).

En este contexto, surgen los **Decretos 143/018** (que reemplaza al decreto 02/12, y éste a su vez al 455/07) y 354/009 que reglamentan y articulan distintos beneficios que aplican a la generación de energía a través de fuentes autóctonas y renovables, como también a la incorporación de conocimiento y tecnología que incrementa la eficiencia energética.

El **Decreto 143/018** establece beneficios tributarios a proyectos cuya inversión genere el cumplimiento de metas en materia de generación de empleo productivo, aumento de las exportaciones, mejora del proceso de descentralización, incremento del valor agregado nacional, **utilización de tecnologías limpias** e inversiones en investigación, desarrollo e innovación, según una matriz de indicadores. Estos beneficios brindan la posibilidad de descontar un porcentaje de la inversión elegible directamente sobre el pago al IRAE, y permiten a las inversiones elegibles gozar de una exoneración del Impuesto al Patrimonio, además de exoneración de tasas y tributos a la importación, incluido el IVA de bienes muebles de activo fijo y materiales destinados a la obra civil, y devolución del IVA, por la adquisición en plaza de materiales y servicios destinados a la obra civil.

Por su parte, **el decreto 354/009** promueve la exoneración del impuesto a las rentas generadas por el desarrollo y ejercicio de una serie de actividades, entre las que se cuentan la conversión de equipos y/o incorporación de procesos **destinados al uso eficiente de la energía** y los **servicios brindados por empresas de servicios energéticos (ESCOs)** registradas en la DNE y con calificación categoría A. La forma en que se instrumenta este beneficio es en forma continua y decreciente, a través de porcentajes de exoneración a descontar sobre la renta originada por las distintas actividades promovidas.

Finalmente, los Certificados de Eficiencia Energética (CEE) permiten obtener un ingreso monetario por las medidas de eficiencia energética que se hayan implementado. A través de este instrumento se certifica la cantidad de energía evitada ponderada a lo largo de la vida útil de un proyecto de eficiencia energética. El precio de referencia de la energía evitada se determina en cada convocatoria y permite calcular el valor monetario del CEE. El premio otorgado a estas inversiones se traduce en un monto monetario y varía año a año, ya que depende de la inversión y la matriz de ponderadores que premia la misma.

### 6.3.2 Elegibilidad de la geotermia en el marco del Decreto 143/018

En el marco del decreto 143/018, se tiene que un proyecto de implementación de bomba de calor geotérmico (ya sea con sistema de intercambio horizontal cerrado, vertical abierto o vertical cerrado) sí sería elegible, toda vez que cumple con los siguientes requisitos:

- **Consideración como energía renovable (MIEM, sin fecha):** La energía geotérmica es considerada como una energía renovable en Uruguay
- **Consideración como tecnología limpia (UnASeP, 2018):** Una bomba de calor geotérmica corresponde a un bien que contribuye a una producción más sostenible ambientalmente mediante la eficiencia en el uso del recurso energía, sustituye combustibles fósiles por renovables, reduce las emisiones contaminantes (incluyendo gases de efecto invernadero).
- **Tamaño de inversión elegible (COMAP, 2020):** Un proyecto de bomba de calor geotérmica corresponde a un bien mueble destinados directamente a la actividad de la empresa con un valor mínimo individual de UI<sup>9</sup> 500 (tendría un valor de inversión desde los USD 5.000, UI 45.686).

El beneficio solo por la inversión en el proyecto permite una exoneración aislada de **28,89%**<sup>10</sup>, independiente de si la inversión es en el sector agro, industria, turismo o comercio y servicios. Esto es posible para proyectos de recambio tecnológico definidos en base a la instalación de una bomba de calor geotérmica, donde toda la inversión del proyecto se pueda asociar a “inversión en Tecnologías Limpias (T+L)” (UnASeP, 2018).

### 6.3.3 Elegibilidad de la geotermia en el marco de Decreto 354/009

En el marco del decreto 354/009, se tiene que un proyecto de implementación de bomba de calor geotérmico (ya sea con sistema de intercambio horizontal cerrado, vertical abierto o vertical cerrado) sí sería elegible también, toda vez que cumple con los siguientes requisitos:

- **Clasificación dentro de las actividades elegibles:** Un proyecto de bomba de calor geotérmica puede clasificarse como conversión de equipos y/o incorporación de procesos, destinados al uso eficiente de la energía, o como un servicio brindado por una empresa de servicios energéticos (ESCOs) registrada en la DNE y con calificación categoría A.
- **Clasificación dentro de las definiciones del decreto:** La geotermia es considerada una fuente renovable no convencional por el decreto y un proyecto de bomba de calor geotérmico es una aplicación de uso eficiente de la energía (UUE).

Con esto, el proyecto puede ser candidato a una exoneración de entre un 40 a un 60% de la renta neta fiscal, dependiendo del año de evaluación (ya sea entre el 1 de enero de 2018 el 31 de diciembre del 2020, o en entre 1 de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023).

---

<sup>9</sup> UI = Unidad Indexada. Es una unidad de valor que se va reajustando de acuerdo a la inflación medida por el Índice de Precios del Consumo. Esta unidad varía diariamente de modo que al cierre de mes acumula una variación con respecto al valor de la UI del mes anterior (INE, 2020b).

<sup>10</sup> Nota: esta evaluación se hace utilizando las planillas de simulación de exoneración de UnASeP, disponibles en [https://www.mef.gub.uy/25022/8/areas/simuladores-dec-143\\_018.html](https://www.mef.gub.uy/25022/8/areas/simuladores-dec-143_018.html). Es del caso notar, que este valor aislado se determina en base a una empresa sin tamaño definido, ni número de trabajadores definido, sin indicar si es nueva o no, sin indicar si el proyecto se emplaza donde la empresa ya tiene operaciones y sin establecer el departamento donde se ubica el proyecto dentro de Uruguay. Agregar los datos particulares de cada empresa solo mejora el porcentaje de exoneración.

### 6.3.4 Aplicabilidad de Certificados de Eficiencia Energética (CEE) para geotermia de baja entalpía

En el ámbito de los certificados de eficiencia energética (MIEM, 2018), se tiene que un proyecto de implementación de bomba de calor geotérmico, ya sea con sistema de intercambio horizontal cerrado, vertical abierto o vertical cerrado, podría ser elegible, en la medida en que se cumplan copulativamente los siguientes requisitos:

- Ser un usuario de energía o un prestador de servicios de energía localizados dentro del territorio aduanero nacional, que desarrollen proyectos de EE en sus instalaciones.
- Cada medida de uso eficiente de la energía debe haber sido implementada como mínimo un año antes de la solicitud del certificado.
- Si las medidas implican la instalación de algún equipo, este debe ser nuevo y sin uso.
- Haber desarrollado una evaluación anual de cumplimiento de resultados del proyecto por parte de un Agente Certificador de Ahorros de Energía registrado en el MIEM.
- Haber verificado que cada medida cumple con la condición de eficiencia energética, es decir, con la relación costo-beneficio inferior a 1:

$$\frac{INV}{ATE} < 1$$

INV: Inversión de la medida, incluyendo maquinaria o equipos, obra civil instalación, otros.

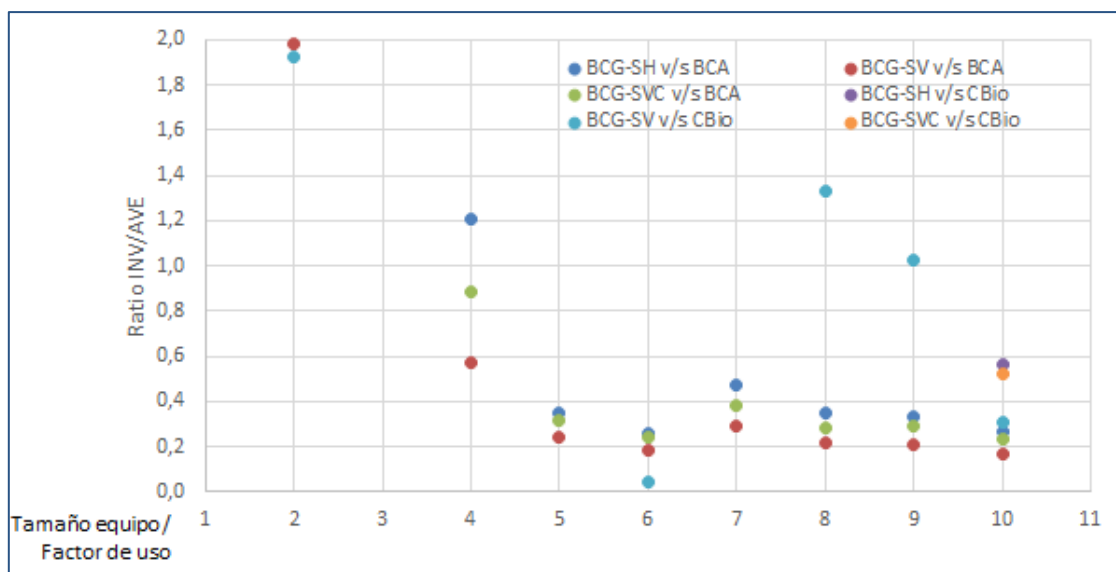
ATE: Ahorro Total de Energía a lo largo de la vida útil de la medida expresado en unidades monetarias.

La aplicabilidad de CEE para el caso de proyectos de bomba de calor geotérmico deberá evaluarse caso a caso, especialmente para la revisión de la última condición relacionada con la relación costo-beneficio.

Particularmente, los casos de recambio de equipos existentes por equipos nuevos podrían no calificar debido a tener que considerar la totalidad del nuevo CAPEX + el costo de retiro del equipo existente en el numerador INV, mientras que los casos de decisión en “inversión nueva” tendrían mejor oportunidad de calificar, toda vez que se debe considerar solo la diferencia positiva entre alternativas de decisión.

Para ilustrar esta situación, la Figura 36 presenta la determinación de la relación costo-beneficio para aplicabilidad de CEE para los casos revisados en la sección 6.2, comparando cada alternativa de bomba de calor geotérmica (sistema de intercambio horizontal cerrado, vertical abierto o vertical cerrado) contra la alternativa aerotérmica y la alternativa biomasa.

Figura 36 Relación costo-beneficio comparaciones inversión nueva



BCG-SH	Bomba de calor geotérmica – Sistema Horizontal cerrado
BCG-SVC	Bomba de calor geotérmica – Sistema Vertical cerrado
BCG-SV	Bomba de calor geotérmica – Sistema Vertical abierto
BCA	Bomba de calor aerotérmica
CBio	Caldera biomasa

Fuente: Elaboración propia, aplicando los criterios indicados en MIEM (2018) al ejercicio realizado en la sección 6.2.

Donde se puede observar que, dependiendo del caso, existen proyectos que cumplen con la relación requerida, mientras que hay otros que no; hay casos donde la relación es mayor a 1 y otros donde no hay ahorros en la operación, por lo que la ratio es negativa y no se muestra en la Figura 36.

## 6.4 Externalidades

El daño al medio ambiente y a la salud por la contaminación atmosférica u otra repercusión ambiental asociada al proceso de generación; impactos macroeconómicos como la creación de empleo, estabilidad de precios, cambios en el valor añadido, así como factores estratégicos como son la seguridad de abastecimiento y el agotamiento de los recursos, son las externalidades más frecuentes asociadas a la generación de energía (Stevens, 1995).

Si bien las externalidades pueden ser positivas, representados en beneficios, o negativas, representados en costos, se buscan que sean identificadas por cada tecnología para un correcto análisis de costo-beneficio. Estas pueden ser:

- ❖ *Externalidades ambientales:* aspectos negativos o positivos impactos sobre la salud humana, sobre los ecosistemas y la biodiversidad, sobre los cultivos debido a emisiones de contaminantes atmosféricos y/o impactos al cambio climático.
- ❖ *Externalidades no ambientales:* como la creación de nuevos mercados, innovación tecnológica y competitividad. diversificación de la oferta energética, seguridad energética y prevención de conflictos sobre los recursos naturales.
- ❖ *Externalidades sociales:* generación de empleos, promoción de la equidad de género, acceso igualitario a recursos energéticos y beneficios en la salud.

A continuación, se describen las más importantes externalidades ambientales negativas evitadas por el intercambio de fuentes de climatización a energía geotérmica de baja entalpía.

#### **6.4.1 Costo a la contaminación**

El uso de combustibles sólidos como la leña es una de las principales causas de contaminación en interiores o intradomiciliaria. En estudios realizados en países asiáticos y africanos, se encontraron altas concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) dependiendo del tipo de fuego: fuego a leña de piedra ( $3764 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), fuego de leña eficiente ( $1942 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), fuego tradicional de carbón vegetal ( $823 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), fuego eficiente de carbón vegetal ( $316 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Ezzati, et al. 2003). Por otro lado, se determinó que la quema de leña en residencias en la parte interna generaba entre  $230 \pm 157 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de material particulado fino con menos de 2,5 micras de diámetro ( $\text{PM}_{2.5}$ ) (Smith, 1993). En Temuco, Chile, se determinaron las concentraciones provocadas por la combustión de leña para el uso de cocina y calefacción, en el segundo caso resultó en una concentración entre 180-280  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$ , medidos en la sala de estar de dicha vivienda (Cortés y Ridlaey, 2013).

Actualmente, el uso de leñas mejoradas ha sido aplicado en el Uruguay mediante el programa “Mejor leña al fuego”, en donde se estimula el uso de leñas con menor humedad para aprovechar un mayor poder calorífico, resultando en una mayor eficiencia y esperando tener menor tasa de contaminación resultante de la combustión de la leña. Sin embargo, se ha determinado que estas soluciones pueden causar elevados niveles de exposición a contaminantes tóxicos como las PST,  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ . En Ceará (Brasil), donde se determinaron las concentraciones de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) y  $\text{PM}_{2.5}$  teniendo el fuego en el área exterior a la casa, mientras que las concentraciones de  $\text{CO}$  nunca excedieron de los 20  $\text{mg}/\text{m}^3$ , las concentraciones de  $\text{PM}_{2.5}$  aumentaron más de 5 veces su valor, teniendo una variación de 35  $\text{g}/\text{m}^3$  hasta valores superiores de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , incluso se llegó a registrar valores de 3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Silva, L. *et al.*, 2012).

A ello se considera que el aumento anual a concentraciones contaminantes no solo afecta al ambiente, sino que reduce la expectativa de vida en las personas por las consecuencias provocadas a la salud humana. Por ejemplo, un aumento de concentraciones de  $\text{PM}_{2.5}$  en 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  reduce la expectativa de vida de 9 a 11 años en las personas (Adersen, M., 2017).

Los costos por las externalidades derivadas de la contaminación intradomiciliaria no tienen una estimación económica definida y/o estandarizada, debido a que depende de la geografía y el clima del lugar donde se produce la contaminación, así como la tipología de las viviendas, el tipo de combustible y una fuente científica sólida para respaldar lo anterior. Por otro lado, la contaminación asociada al uso de leña puede resultar no significativo a la percepción social debido a las condiciones meteorológicas favorables en Uruguay, pero si en la reducción de los costos por salud asociados a dicha contaminación intradomiciliaria.

#### **6.4.2 Costo de la Salud**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que hay alrededor de 2.800 millones de personas que dependen de combustibles sólidos (leña, estiércol, residuos de cultivos, carbón vegetal, carbón, etc.) y estufas rústicas para cocinar y calentarse. Esta exposición a contaminantes resultantes de la quema de combustibles sólidos ha sido responsable de la muerte de al menos 4,3 millones de personas en todo el mundo, anualmente. La mayoría de estas muertes son prematuras y se deben a enfermedades cardíacas, accidentes

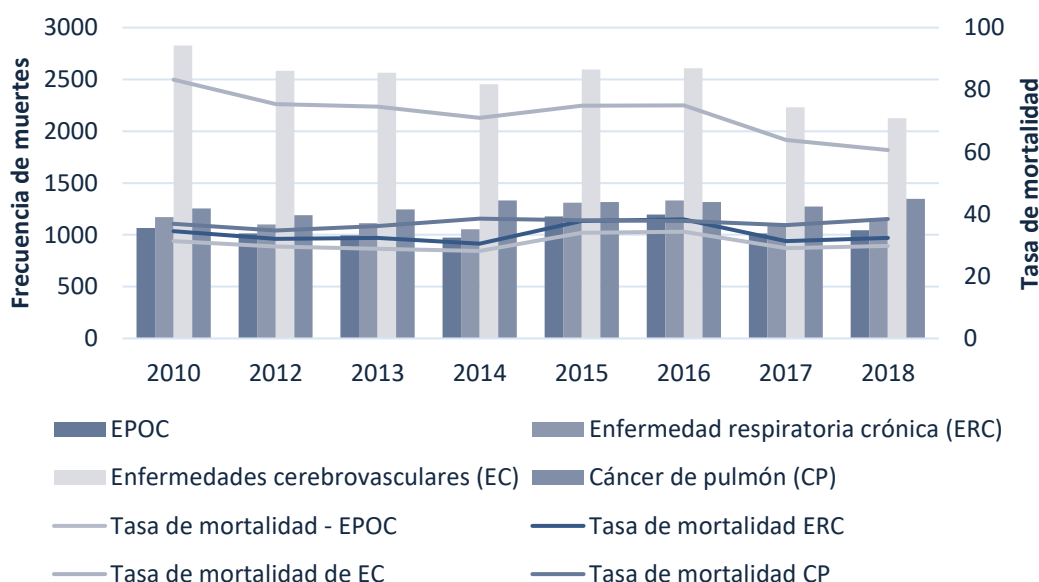
cerebrovasculares, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y cáncer de pulmón (WHO, 2014).

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una de las principales causas de morbilidad crónica y de mortalidad a nivel mundial. Sus causas principales son el tabaquismo y la exposición al humo de la leña. En Uruguay, en el 2018, la tasa de mortalidad por EPOC fue de 29,78 por cada 1000 mil habitantes. Además, de un total de 1044 personas fallecidas a esta causa, 269 se encuentran entre los 30 a 69 años de edad (Ministerio de Salud, 2019).

Los costos directos e indirectos de esta enfermedad son de USD 25.756,4 en promedio para pacientes y en USD 5.944,1 en promedio para la exacerbación, según estudios publicados entre 2000 -2010 a nivel mundial (Briseño, *et al.*, 2011).

La Figura 37 muestra la frecuencia de muertes y la tasa de mortalidad en Uruguay para el 2018 de las principales enfermedades relacionadas a la contaminación del aire en interiores.

Figura 37 Tasa de mortalidad de enfermedades relacionadas a la contaminación en interiores



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Ministerio de Salud: Mortalidad por Enfermedades No Transmisibles Uruguay, diciembre 2019.

Si bien no se ha definido aún el costo de la salud por exposición a la leña en interiores en Uruguay, en la Tabla 13 se resumen estudios sobre los costos de la salud en Chile, Colombia y México.

Tabla 13 Costo de la salud en Latinoamérica

País	Descripción	Fuente
Chile	Estimó que el costo en salud pública debido a la contaminación por leña alcanza cerca de los <b>364 millones de dólares al año</b> . Se consideró una emisión de 10,7 g PM <sub>10</sub> /kg leña y un costo en salud estimado para la ciudad de Temuco de 15.500 US\$/ton leña.	Comisión Nacional de Energía (CNE, 2008)

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

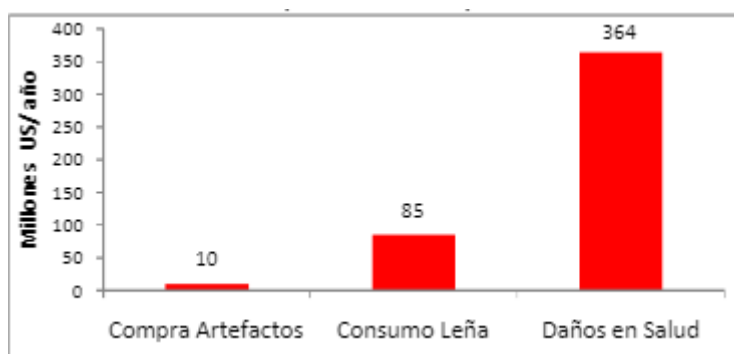
Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

País	Descripción	Fuente
Colombia	Se estimó que el costo anual promedio de los impactos en la salud por la contaminación del aire en interiores asociada al uso de combustibles tradicionales (principalmente leña) en las zonas rurales de Colombia es de <b>1.129 millones de pesos</b> (0.22 % del PIB en 2009). La mortalidad infantil representa el 6 % de los costos; la mortalidad femenina representa alrededor del 78 % del costo. La infección respiratoria aguda (IRA) en niños y mujeres adultas y la morbilidad por EPOC de las mujeres adultas representan el 16 % del costo.	The World Bank, (2014), recuperado en MINSALUD (2017) en base al estudio de carga de enfermedad 2013.
México	Se determinó el costo de salud en relación a la EPOC. Se analizó la información de 283 pacientes, 59% fueron mujeres, la edad promedio fue de 72 años $\pm$ 11, 5% por de los pacientes tenía antecedente de tabaquismo y el 57.6% estuvo expuesto a humo de leña. El costo médico directo anual (MXN 2016) fue de <b>20,754 y 41,887 pesos para pacientes</b> con EPOC moderado y severo respectivamente, esta diferencia se explica principalmente por la utilización de oxígeno, así como el mayor tiempo de estancia intrahospitalaria.	Nevárez, <i>et al.</i> (2017).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 38, se observa como los costos a la salud por el uso de leña han superado los costos asociados a la compra de calefactores y al consumo de leña en Chile.

Figura 38 Comparación de costos generados por la combustión de leña en Chile



Fuente: Ulloa, P. Contreras, C. Collados, E (2011). Recuperado de CNE (2008).

Tanto los costos por contaminación y por salud son externalidades negativas no consideradas en la evaluación económica presentada en la sección anterior 6.2, por los motivos presentados anteriormente, de no tener en Uruguay una estimación para ello.

Sin embargo, los estudios presentados en otros países demuestran la importancia de internalizar estos para tener una visión más clara y precisa de la ganancia que generaría el uso de energía geotérmica de baja entalpía con el uso de bombas de calor geotérmicas por el de la leña y combustibles fósiles para calefacción en interiores.

Es por ello de la importancia de poder establecer los costos a la salud principalmente por la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) que genera más de 1000 víctimas al año y poder rastrear las causas de estas, ya sea por el consumo de leña o no, para sumar datos reales en estudios futuros.

## 7 Análisis del Marco Regulatorio Nacional

En esta sección se identificará la legalidad vigente que sustente el desarrollo de la energía geotérmica de baja entalpía (ver Box 1), así como la legislación que interviene o afectaría su desarrollo (ver Tabla 14), además de la identificación de normativa de desarrollo e incentivos de otras energías renovables no convencionales y eficiencia energética, las cuales servirán de modelo para el desarrollo de la geotermia de baja entalpía. Todo ello, para la elaboración del análisis de marco regulatorio nacional en relación de la experiencia internacional.

Cabe recordar, que en relación al marco legal específico a la variable género en el país, se abordará en la sección 11.

### Box 1 Revisión de leyes generales

#### a) Marco ambiental

- **Artículo 47 de la Constitución (Reforma del año 2004) – Protección del Medio Ambiente** es de interés general, el agua como un recurso esencial para la vida y el acceso al agua potable como un derecho fundamental. La ley podrá prever sanciones.
- **Ley N° 16.112 (1990) – Creación del MVOTMA y Ley N° 16.170 (1990) – Atribuciones del MVOTMA:** Referentes a la protección de las aguas contra los efectos nocivos, incluso las que puedan alterar el equilibrio ecológico de la fauna y la flora, y dañar el medio ambiente.
- **Ley N° 16.466 (1994) – Ley de evaluación del impacto ambiental:** Se declara de interés general la protección del medio ambiente, así como la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y en su caso la recomposición del medio ambiente dañado por acciones humanas
- **Ley N° 16.517 (1994) – Convención Marco sobre el cambio climático (CMCC) y la Ley N° 17.279 (1997) – Protocolo de Kyoto:** Se ratifica la CMCC que busca estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, en un plazo que permita que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático.
- **Ley N° 17.283 (2000) – Ley General de Protección del Ambiente (LGPA)**
- **Decreto 238/009 (2009) – Creación del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y Variabilidad**
- **Decreto del Poder Ejecutivo 310/017 (2017) – Política Nacional de Cambio Climático (PNCC):** Promueve la adaptación y mitigación en la República Oriental del Uruguay ante el desafío del cambio climático.
- **Ley N° 19889 (2020) – Créase el Ministerio de Ambiente,** que tendrá competencia sobre las materias indicadas anteriormente por el MVOTMA en relación al sector ambiental.

#### b) Marco recursos hídricos

- **Decreto de Ley N° 14.859 – Código de Aguas:** Establece al Poder Ejecutivo como la autoridad a nivel nacional para limitar y otorgar derechos de usos y prevenir y controlar la contaminación, aplicar sanciones por incumplimiento y establecer cánones para el aprovechamiento de aguas públicas.
- **Ley N° 17.930 (2005) – Creación de la Dirección Nacional de Saneamiento (DINASA):** Se comete al MVOTMA la formulación de políticas nacionales de agua y saneamiento y se crea la DINASA.
- **Ley N° 18.610 (2009) – Política Nacional de Aguas:** Establece los principios rectores, enumera instrumentos de planificación y gestión, define lineamientos y la nueva institucionalidad para la gestión de las aguas. Define las aguas subterráneas de dominio público.
- **Ley N° 18.719 (2010) – Creación Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA):** Se modifica la denominación de DINASA a DINAGUA.
- **Decreto - Ley N° 205/017 (2017) – Plan Nacional de Aguas:** Instrumento técnico político para la planificación y gestión de las aguas considerando los diversos usos del recurso. Además, define los programas, proyectos y metas en relación a la conservación del agua.

#### c) Marco energético

- **Política Energética 2005 – 2030 (2008):** El objetivo central de la Política Energética es la satisfacción de todas las necesidades energéticas nacionales, a costos que resulten adecuados para todos los sectores sociales y que aporten competitividad al país, promoviendo hábitos saludables de consumo energético
- **Decreto N° 211.015 (2015): Aprueba el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2015 – 2024:** Establece las líneas de acción necesarias para promover la disminución eficiente de la demanda energética a nivel nacional, con el fin de alcanzar una meta de energía evitada de 1.690 ktep en el período 2012 – 2024.
- **Ley N° 18.597 (2009) - Ley de Promoción del uso eficiente de energía:** Declara de interés nacional el uso eficiente de la energía con el propósito de contribuir con la competitividad de la energía nacional, desarrollo sostenible y reducir los GEI. Creación de la Unidad de Eficiencia Energética dentro de la DNE del MIEM. Definición de un Plan Nacional de Eficiencia Energética.

## 7.1 Análisis y matriz de marco legal

Tabla 14 Matriz de marco legal

Rubro	Número de norma	Año	Título del documento	Descripción	Condición	Observación	Próximos pasos / Recomendaciones
Ambiente	Ley 16.466		Declárase de interés general y nacional la protección del medio ambiente	Se declara de interés general la protección del medio ambiente, así como la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y en su caso la recomposición del medio ambiente dañado por acciones humanas	Observación	¿Es necesaria una evaluación de impacto ambiental para esta tecnología? ¿Qué sucedería en relación a la reinyección de aguas en acuíferos en sistemas abiertos?	Llevar a cabo la evaluación de impacto ambiental para determinar el grado de afectación al ambiente del uso de sistemas abiertos, así como de la reinyección.
Recursos Hídricos	Decreto de Ley N° 14.859	1978	Código de aguas	El Capítulo VI (Título III): Aguas subterráneas y medicinales. Se define que el Ministerio competente autoriza y otorga permisos o concesiones para el uso y aprovechamiento de las aguas a través de perforaciones dependiendo del solicitante y la zona.	Observación	¿Sería necesaria la solicitud de aprovechamiento de agua para esta tecnología?	Desarrollar una normativa que regule la implementación y el uso de la energía geotérmica de baja entalpía.
	Decreto N° 253/979	1979	Normativa de calidad de aguas	Aprueba las normas de prevención y control de la contaminación del agua, clasifica los cuerpos de agua y establece las características fisicoquímicas y biológicas que deben de cumplir dichas fuentes. Además, establece al MVOTMA como encargado de su clasificación.	Observación	Laguna jurídica: no existe una clasificación para la prevención de la contaminación de aguas subterránea	Se recomienda definir la clasificación de las aguas subterráneas.
	Decreto N° 214/000	2000	Aprobación del Plan de Gestión del Acuífero Infrabasáltico Guaraní en territorio de la República Oriental del Uruguay	Otorga la facultad a DINAGUA de otorgar permisos de extracción y uso de agua subterránea del Acuífero Infrabasáltico Guaraní	Observación	No aplica si el uso sea en agua de pozos infra basálticos ya existentes	
	Decreto N° 86/004	2004	Aprobación de la reglamentación de norma técnica de construcción de pozos perforados para captación de agua subterránea	Señala que para realizar una perforación se debe contar con la previa autorización de la Dirección Nacional de Aguas y que dichas perforaciones solo pueden ser ejecutadas por empresas habilitadas por la autoridad de aguas (Licencia de Empresas Perforadoras). Si en el pozo se extraen más de 50 l/s, se deberá contar además con una Autorización Ambiental Previa.	Perforaciones para instalaciones de sistemas abiertos	Para realizar una perforación y registrarlo se debe demostrar que no produce afectaciones a otros derechos de uso de agua otorgados, y la vinculación jurídica con el predio afectado.	Implementar un nuevo artículo que incluya el uso de perforaciones de pozos para uso energético de la geotermia de baja entalpía.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Rubro	Número de norma	Año	Título del documento	Descripción	Condición	Observación	Próximos pasos / Recomendaciones
Energía	Ley Nº 18.597	2009	Ley de Promoción del uso eficiente de energía.	La energía geotérmica es una fuente energía renovable no convencional que permite la diversificación de la matriz energética.	Adaptable	Responde a los mecanismos de subvención: Fideicomiso Uruguayo de ahorro y eficiencia energética (FUDAE), y Certificados de Eficiencia Energética (CEE).	Divulgación de la energía geotérmica de baja entalpía como beneficiaria de los mecanismos de subvención.
	Resolución MIEM del 28-11-2014:	2014	Incorporación de los acondicionadores de aire y bombas de calor	Incorporación de los acondicionadores de aire y bombas de calor al Sistema Nacional de Etiquetado.	Adaptable	Requisitos que debe cumplir las BCG	Adicionar a las bombas de calor geotérmicas como parte esta clasificación.
UNIT - Normas Técnicas	UNIT 1170:2009	2009	Eficiencia Energética – Acondicionadores de aire y bombas de calor - Especificaciones y etiquetado	Establece las clases de Eficiencia Energética y la correspondiente etiqueta para los acondicionadores de aire y bombas de calor de uso doméstico o similar.	Adaptable	Requisitos que debe cumplir las BCG	Implementar una norma técnica que defina el uso de las bombas de calor geotérmicas o en su defecto adicionarlas a las normas técnicas ya existentes.
	UNIT-ISO 5151:2010	2010	Acondicionadores de aire y bombas de calor sin ductos. Ensayos de valoración y determinación de características de comportamiento.	Muestra las condiciones en las cuales se basa las valoraciones de capacidad y eficiencia de los acondicionadores de aire sin ductos refrigerados por aire y bombas de calor aire-a-aire sin ductos, así como los métodos de ensayo a considerarse para determinar estas características	Adaptable	Norma técnica base para la creación de una nueva para BCG	
	UNIT-ISO 5149-1:2014	2014	Sistemas de refrigeración y bombas de calor – Requisitos de seguridad y ambientales	Presenta requisitos a la seguridad de las personas y los bienes, protección del ambiente, y los procedimientos para la operación, mantenimiento, y reparación de sistemas de refrigeración y la recuperación de refrigerantes.	Adaptable	Requisitos que debe cumplir las bombas de calor geotérmicas	
Economía	Ley Nº 16.906	1998	Ley de Promoción de Inversiones	Declara de interés nacional la promoción y protección de inversiones realizadas en el territorio por inversores nacionales y extranjeros	Adaptable	Indicador de Producción más Limpia (P+L) promueve los proyectos de eficiencia energética y energías limpias.	Divulgación de la energía geotérmica de baja entalpía como beneficiaria de los mecanismos de subvención.
	Decreto Nº 354/009	2009	Régimen de Promoción Sectorial	Promoción de la conversión de equipos y/o incorporación de procesos destinados al Uso Eficiente de la Energía y de los servicios brindados por ESCO. El beneficio de exoneración de impuestos en relación a la conversión de equipos y/o incorporación de procesos destinados al uso eficiente de la energía, servicios brindados por ESCOs de categoría A; y fabricación nacional de maquinaria y equipos.	Observación	<i>Análisis de cambio:</i> Exoneración de impuestos es máximo hasta el 2020. Art 3, modificación de fechas de plazo.	Se recomienda establecer un nuevo régimen de promoción que impulse el desarrollo de la energía geotérmica de baja entalpía.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Rubro	Número de norma	Año	Título del documento	Descripción	Condición	Observación	Próximos pasos / Recomendaciones
	Decreto N° 002/012	2012	Régimen General de Promoción de Inversiones	Regula la metodología de evaluación de los proyectos de inversión. En lo que respecta a la reglamentación de la Ley de Promoción de Inversiones (Ley 16.906)	Adaptable	Brindan beneficios previstos a los impuestos: Impuesto al Patrimonio (IP), Tasas y tributos a la importación, Impuesto al Valor Agregado Nacional (IVA) e Impuesto a la Renta de las Actividades Económicas (IRAE)	Divulgación de la energía geotérmica de baja entalpía como parte de la promoción de inversiones.
Residencial (Económico)	Ley N° 13728	1968	Plan Nacional de Viviendas	El estado estimula la construcción de viviendas y asegura que los recursos asignados a este fin alcancen para la satisfacción de las necesidades, no sobrepasen las posibilidades de la economía y se usen racionalmente para alcanzar los objetivos señalados en esta ley.	Adaptable	Inversión privada en viviendas de interés social a partir del otorgamiento de exoneraciones tributarias.	Divulgación de la energía geotérmica de baja entalpía como tecnología de eficiencia energética para su implementación en viviendas en requerimientos de calefacción y/o climatización.
	Ley N° 18.795	2011	Acceso a la vivienda de interés social	Promueve la inversión privada en viviendas de interés social a partir del otorgamiento de exoneraciones tributarias.			
	Decreto N° 129/020	2020	Nuevo reglamento de la Ley N° 18.795. Modifica el Decreto N° 355/011	Promueven proyectos de construcción, reciclaje, ampliación y refacción de viviendas de acuerdo al área habitable, ya sean mono ambientes, de 1 o más dormitorios según la ley.			
Montevideo	Resolución N° 2928/09	2009	Normas para edificios destinados a vivienda:	Promueve el uso eficiente de la energía en Uruguay contribuyendo a un desarrollo sostenible y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, en relación a la transmitancia térmica de los techos y muros exteriores, así como los cerramientos vidriados	Adaptable	Acondicionamiento térmico mejora la eficiencia de la calefacción con bombas de calor geotérmicas	
	Resolución N° 3346/11 de julio de 2011 y por Resolución N° 4477/12 de octubre de 2012	2011	Plan Estratégico de Energía de Montevideo (PEDEM)	Es un marco y hoja de ruta para todas las acciones que la Intendencia de Montevideo le corresponde desarrollar en la materia, en el marco de sus competencias.	Adaptable	Busca promover a las energías renovables lográndose mediante geotérmica de baja entalpía	

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Rubro	Número de norma	Año	Título del documento	Descripción	Condición	Observación	Próximos pasos / Recomendaciones
	Resolución Departament al Nº 4.959/13	2013	Aprueba el Modelo SuAmVi	Instructivo creado para construcciones nuevas o en rehabilitación integral con el fin de otorgar una mayor sustentabilidad ambiental de las edificaciones, indicando cuáles son los requerimientos para lograr una edificación más sustentable, sin embargo, no prescribe herramientas específicas, técnicas, tecnologías, sistemas o medidas.	Adaptable	Uso de tecnología de eficiencia energética en viviendas	
Otro: Energía solar térmica	Ley Nº 18.585	2009	Energía solar térmica	Establece los límites de plazos que el sector comercial debe de instalar solares térmicas para calentamiento de agua	Referencia de modelo para el sector comercial	Establecimiento de condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones de sistemas geotérmicos	El desarrollo de la energía solar térmica sirve de base para implementar la energía geotérmica somera, desde un instructivo técnico propio de esta, los incentivos económicos para su desarrollo, así como las insuficiencias que pudo tener.
	Resolución S/n	2014	Instructivo técnico (IT) de energía solar térmica	Aprueba las condiciones técnicas mínimas de calidad, seguridad y eficiencia que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para ACS. Criterios de exoneración aplicables a todas las edificaciones, de obra nueva o rehabilitación integral del sector comercial.			
	Resolución Nº2365/14 – Energía Solar (Montevideo)	2014		Requisitos a cumplir por los equipamientos de energía solar térmica que se instalen en las edificaciones de obra nueva o rehabilitación integral en Montevideo.	Referencia implementación	Modelo para edificaciones	

## 7.2 Antecedentes internacionales

En el 2018, el abogado especialista en legislación ambiental Miguel Saldivia, a solicitud del Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA), elaboró el informe “Análisis de legislación comparada sobre energía geotérmica”. En este reporte, el autor compara las reglamentaciones de países cuyo desarrollo geotérmico pueden ser de interés.

La revisión de distintas leyes de geotermia, tanto en América Latina como en el mundo, revela que la mayoría contempla la regulación de los usos directos de la energía (ver Figura 39). De los países revisados, 10 del total de 14 casos hacen referencia ya sea a los distintos usos de la energía, a la clasificación de alta y baja entalpía, o la distinción por temperatura del recurso (Saldivia, 2018).

**Figura 39 Regulación de usos directos e indirectos de la geotermia.**

País	Regulación de uso directo	Regulación de uso indirecto
Argentina	No	Las concesiones geotérmicas se rigen por el Código de Minería, sin que haya referencia expresa al uso indirecto.
Bolivia	No	No se regula aunque se explota mediante contratos del Estado.
Colombia	Sí	Sí
Costa Rica	No	Sí
Chile	No	Sí
Ecuador	No	Sí
Filipinas	Sí	Sí
Indonesia	Sí	Sí
Islandia	Sí	Sí
Italia	Sí	Sí
Kenia	No	Sí
México	Sí	Sí
Nueva Zelanda	Sí	Sí
Perú	Sí, aunque no de manera expresa pues sólo se refiere a la explotación de fluidos geotérmicos de alta y baja temperatura.	Sí
Turquía	Sólo referencia sin distinguir en la tramitación.	Sí

Fuente: Miguel Saldivia (2018). Análisis de legislación comparada sobre energía geotérmica.

De los casos de estudio evaluados por Saldivia (2018), el autor pudo distinguir cuatro situaciones en relación al uso directo:

### a) Legislaciones en los que no se regulan los usos directos

En estos casos, la ley no distingue entre uso directo o indirecto, pero se interpreta que el objetivo principal de la explotación sólo es la generación eléctrica. En este tipo se encuentran Chile, Costa Rica, Ecuador y Kenia, además de los casos de Argentina y Bolivia.

**b) Legislaciones en las que se regulan, pero sin distinguir su autorización**

Existen algunas leyes, como las de Colombia, Perú, México y Filipinas, en las que sí se hace referencia al uso de la geotermia para fines no eléctricos. Sin embargo, estas legislaciones no distinguen en el permiso o autorización necesaria para su explotación. Por tanto, les aplicaría el mismo régimen de concesión o contratos aplicable para la generación de electricidad.

**c) Legislaciones que regulan el uso directo con un permiso especial**

Dentro de los casos revisados, existen regulaciones más desarrolladas que, junto con distinguir los distintos usos de la geotermia, también hacen diferencia en la tramitación del permiso necesario para el uso directo. En estos casos, se encuentran las legislaciones de Indonesia, Costa Rica e Italia.

**d) Legislaciones que regulan el uso directo sin necesidad de un permiso**

Finalmente, existen algunos casos, como Islandia y Nueva Zelanda, en lo que, aparte de diferenciar el uso directo de la energía, también se le atribuye un régimen especial y se le exime de cualquier permiso. Estos casos coinciden con el uso doméstico de la energía geotérmica.

Como conclusión, el autor recomienda una regulación respecto de los usos directos de la energía geotérmica, identificando cuáles pueden ser sus propósitos y cómo debe tramitarse su autorización. Se recomienda distinguir la solicitud de concesión para energía eléctrica del permiso para uso directo. Asimismo, se propone tener en consideración la envergadura de dicho uso al momento de fijar los requisitos de autorización. Es decir, se debiera distinguir entre usos directos con fines comerciales y uso directos con fines domésticos. En este último caso, se debiera analizar la conveniencia de no exigir un permiso o sólo exigir una autorización simplificada.

## 8 Capacidades del Uruguay

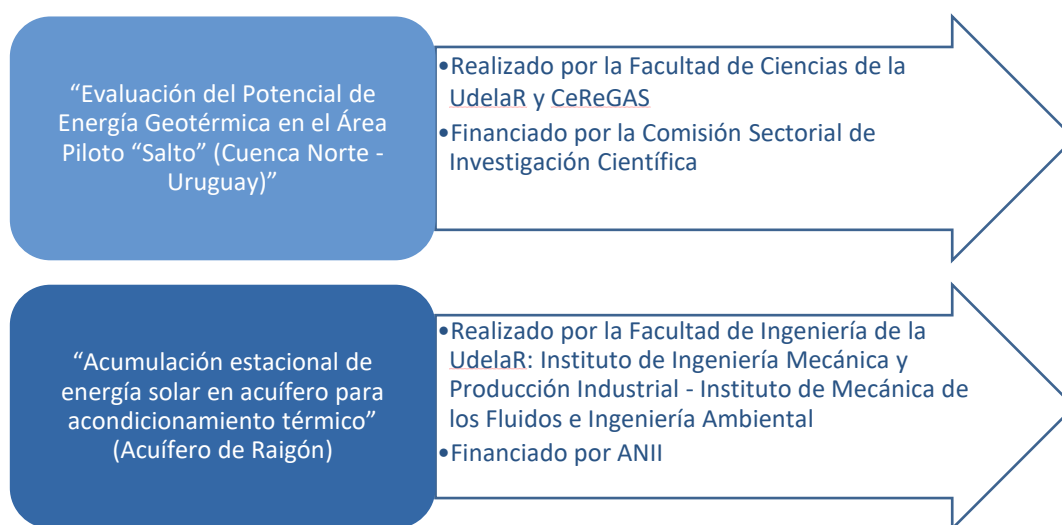
En la presente sección se resumirá las capacidades del Uruguay en el ámbito científico y tecnológico, desde las investigaciones en desarrollo hasta los proyectos de demostración vistos en la sección 6. Así como los centros y redes nacionales e internacionales con los cuales cuenta el país para el desarrollo de la tecnología y futura investigaciones o la formación de alianzas estratégicas que las refuercen.

En relación a las capacidades del país en relación al género, revisar la sección 11.

### 8.1 Investigaciones y proyectos

La investigación en el tema de energía geotérmica de baja entalpía aún es muy carente en Uruguay, sin embargo, existen dos investigaciones en desarrollo que se mencionan en la sección 5.3.4, ambas por la Universidad de la República (UdelaR), los cuales se resumen en la Figura 40. Por ejemplo, como parte de la colaboración de Italo Bove (académico de la UdelaR) con la Red de Geotermia Somera (RIGS), se está analizando la factibilidad de implementar geotermia en el sector residencial, de acuerdo con el recurso y condiciones técnicas en diversas ciudades de Iberoamérica. Entre estas ciudades se incluyen ciudades de Uruguay.

**Figura 40 Investigaciones en desarrollo**



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como se indicó en la sección 5.3.4, los proyectos que se han desarrollado a lo largo del tiempo han aprovechado, principalmente, el agua subterránea del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) y unidades pre – SAG, desde su uso del agua captada de pozos termales o del reúso de las aguas provenientes de las termas, mientras que muy pocos son los casos del uso de geotermia somera propiamente dicha. A continuación, se presenta un resumen de dichos proyectos en la Figura 41.

**Figura 41 Proyectos de demostración y desarrollo**

<b>Geotermia somera</b>	Uso de Bombas de Calor Geotérmicas		
	Centro Educativo Los Pinos		ESCO
	Climatizar ambientes y calentamiento de agua sanitaria por sistema abierto (2015)		ASUAN y Enersys
<b>Uso termal de agua subterránea</b>	Uso recreativo		Calefacción de estanques de piscicultura
	9 parques termales ubicados en los departamentos de Salto y Paysandú	1 perforación termal en el departamento de Rivera para fines turísticos (aún sin uso)	Termas de San Nicanor: experimento de cría de tilapias en tajarar de engorde
	Calefacción de invernaderos		
	Termas de Daymán		Posada del Siglo XIX
	Cultivo de tomates, zapallitos y pepinos (1981)	“Utilización de energía geotérmica de efluente termal para calefacción de invernaderos de tomates” (2013-2015)	Ensayo con chaucha de enrame y albahaca (2003)

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en el sector privado se han desarrollado proyectos de geotermia somera principalmente con fines de climatización residencial. A partir de las entrevistas con los actores claves registradas en el producto 2, se identificaron 2 empresas que habían instalado esta tecnología en viviendas: ASUAN y Enersys.

La empresa ASUAN ha desarrollado 2 proyectos de geotermia somera, en los cuales se utilizó agua subterránea como el medio para conectar las bombas de calor con el subsuelo. De la experiencia se destaca el excelente rendimiento de los equipos, especialmente en el caso de refrigeración. Sin embargo, existe la dificultad del trabajo del tratamiento del agua subterránea. Adicionalmente, la empresa ha evaluado instalaciones de geotermia somera con cuerpos de agua superficiales, los cuales no se han llevado a cabo.

La empresa Enersys ha desarrollado proyectos de geotermia somera principalmente con el uso de agua subterránea. En la experiencia de la empresa, la geotermia somera es una tecnología requerida por clientes que han utilizado estos sistemas de climatización en países de europeos. Se indica que el principal desafío de esta tecnología está en los intercambiadores de calor con el subsuelo. En el caso de los sistemas cerrados horizontales, muchas veces la dificultad está en el espacio disponible para emplazar el intercambiador de calor. Por otro lado, existen barreras que tienen relación con la administración del agua subterránea para ser utilizada en proyectos de geotermia.

Las experiencias tanto de ASUAN como Enersys nos indican que la geotermia somera tiene ventajas sobre otros sistemas de climatización en el sector residencial, las cuales tienen relación con la eficiencia y el alto grado de confort. Sin embargo, existe una barrera clara relacionada la construcción y utilización de los intercambiadores de calor. Hay aspectos constructivos que representan oportunidades de mejora y se requiere un entendimiento de la regulación que aplica en el caso de sistemas que utilizan agua subterránea.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

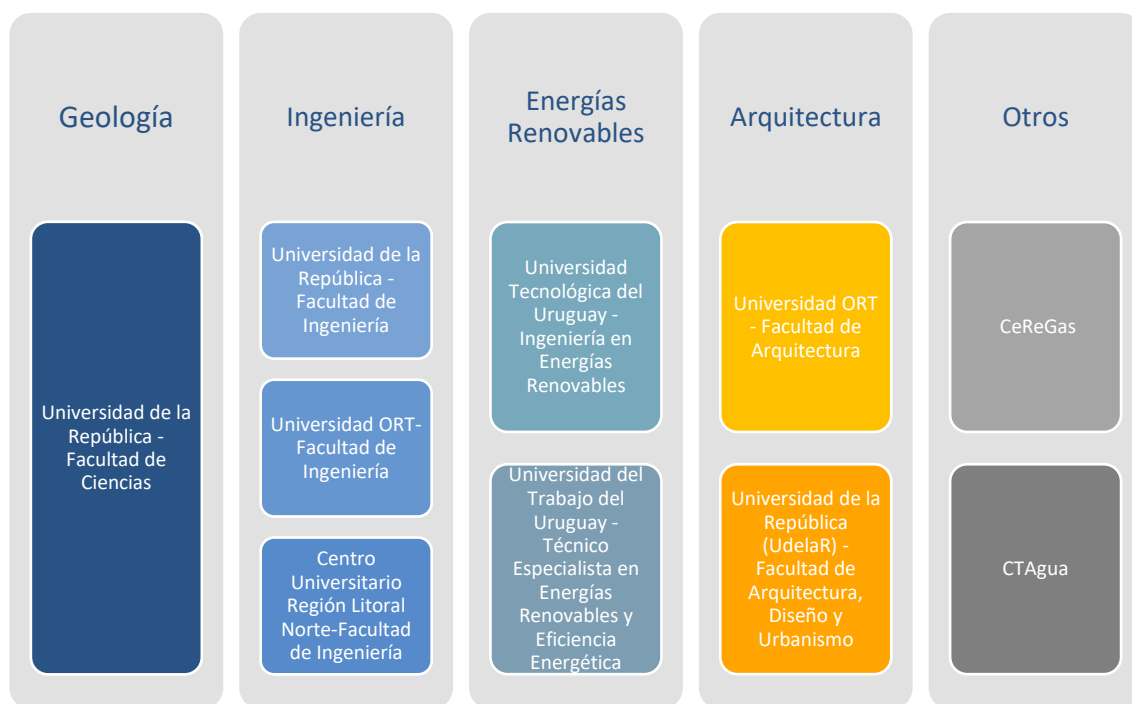
A partir de la entrevista mantenida con la empresa Bidegaray, se obtuvo información sobre el interés de unos de sus clientes en utilizar geotermia somera para refrigeración. Luego de mantener una reunión con DINAMA, se declinó el proyecto ante la imposibilidad de utilizar reinyección de agua subterránea.

## 8.2 Centros de investigación

Entorno a la academia y los centros de investigación existentes en Uruguay, se identificaron en la Figura 42 aquellos donde se imparten las carreras de geología, ingeniería, energías renovables y arquitectura, así como los centros dedicados a la investigación como el Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas América Latina y el Caribe (CeReGas) y el Centro Tecnológico del Agua (CTAgua).

Por un lado, CeReGAS presenta la experiencia en el estudio del recurso hídrico subterráneo en el país, trascendental para el aprovechamiento de estos cuerpos de aguas en sistemas abiertos de geotermia de baja entalpía. Mientras que CTAgua permite el desarrollo de la investigación en torno al uso eficiente del agua en las industrias, lo cual generaría el aprovechamiento del calor de las fuentes hídricas.

Figura 42 Academia y otros centros de investigación



Fuente: Elaboración propia.

A ello se suma la formación académica de capacidades mediante el dictado de cursos específicos a la energía geotérmica. Es así que la Universidad de la República presenta una maestría en su Facultad de Ingeniería enfocado al diseño de sistemas.

Por otro lado, la Universidad Tecnológica de Uruguay (UTEC) inició la divulgación científica en la Segunda Jornada Académica: Ingeniería en energías renovables, en donde se dio espacio a la geotermia en su segundo día con la participación de expertos en el tema e investigadores de

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

geotermia en el país, sentando así las bases para la divulgación futura de la tecnología y de los avances que se irán dando.

## 8.3 Redes nacionales e internacionales

Existen diversas redes internacionales que sirven de apoyo en el caso de la búsqueda de colaboradores para llevar a cabo proyectos de geotermia somera. Si bien el principal objetivo de las redes de colaboración es conectar personas de diversas instituciones y empresas bajo un interés común, también coordinan eventos y permiten el intercambio de información. A continuación, se describen las redes más importantes que incluyen el uso directo de geotermia en su ámbito de interés.

### 8.3.1 International Geothermal Association (IGA)

La International Geothermal Association (IGA) es la organización geotérmica que une al sector geotérmico en todo el mundo. La asociación tiene como objetivo ser la principal autoridad mundial en asuntos relacionados con la investigación y el desarrollo de la energía geotérmica al establecer estándares educativos y ofrecer soluciones energéticas globales y soporte técnico, con apoyo especial para países en las primeras etapas de desarrollo geotérmico. La IGA conecta a la comunidad geotérmica mundial, sirviendo como una plataforma para oportunidades de networking destinadas a promover y apoyar el desarrollo geotérmico global. La asociación tiene una amplia variedad de miembros que van desde la academia hasta representantes de la industria.

### 8.3.2 Red Iberoamericana de Geotermia Somera (RIGS)

La Red Iberoamericana de Geotermia Somera (RIGS) es parte del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (Cyted), creado por los gobiernos de los países iberoamericanos para promover la cooperación en temas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo armónico de Iberoamérica. En específico, el objetivo de RIGS es generar la unión de grupos de trabajo para contribuir a la instalación, desarrollo e integración de los sistemas de aprovechamiento energético del subsuelo para el desarrollo de actividades productivas y acondicionamiento térmico de edificaciones de distintas tipologías, tanto en medios urbanos como rurales e industriales, utilizando tecnologías probadas y disponibles en Iberoamérica. Esta red tiene una dedicación específica a la geotermia somera y representantes en Uruguay, por lo que es una plataforma ideal para coordinar actividades relacionadas al uso directo de la geotermia somera.

### 8.3.3 Women in Geothermal (WING)

Women in Geothermal (WING) es una red global que tiene como objetivo promover la educación, el desarrollo profesional y el avance de las mujeres en la comunidad geotérmica. Dentro de sus objetivos se destaca alentar y empoderar a las mujeres a tomar responsabilidades en los proyectos de geotermia y generar integración en los equipos de trabajo. Adicionalmente, se destaca una visión que considera el valor de los equipos de trabajo diversos, el respeto de estándares de calidad y el cuidado por el medioambiente.

## **Climate Technology Centre & Network (CTCN)**

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

### **8.3.4 International Renewable Energy Agency (IRENA)**

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) es una organización intergubernamental que apoya a los países en su transición hacia un futuro energético sostenible y sirve como la principal plataforma para la cooperación internacional, un centro de excelencia y un repositorio de políticas, tecnología, recursos y finanzas, conocimientos sobre energías renovables. IRENA promueve la adopción generalizada y el uso sostenible de todas las formas de energía renovable, incluida la bioenergía, geotermia, energía hidroeléctrica, oceánica, solar y eólica en la búsqueda del desarrollo sostenible, el acceso a la energía, la seguridad energética y el crecimiento económico y la prosperidad con bajas emisiones de carbono.

## 9 Análisis de Mercado

En esta sección se resumen las acciones y las partes interesadas que constituyen un mercado apropiado para el desarrollo de la geotermia de baja entalpía. Lo anterior, considera promotores y reguladores, formadores de capacidades y conocimiento, así como las empresas responsables de las acciones que son parte de la cadena de valor.

Además, se presenta un análisis específico de la cadena de valor el cual permite enfocarse en las oportunidades y sacar el máximo de provecho de las fortalezas. De la misma forma, permite establecer las acciones que permiten enfrentar las debilidades y amenazas.

### 9.1 Mercado de la geotermia de baja entalpía en Uruguay

El desarrollo de un mercado de la energía geotérmica de baja entalpía engloba diversos actores clave. Los actores clave se han agrupado en 4 grupos para facilitar el análisis en el marco del presente trabajo de la siguiente manera: (i) aquellos a cargo de generar las normativas y políticas públicas que proveen la estructura regulatoria necesaria para implementar proyectos con BCG y quienes podrían asesorarlos, (ii) instituciones que entregan fluidez y permiten llevar a cabo los proyectos, por ejemplo, las instituciones de innovación y desarrollo que proveen el financiamiento para llevar a cabo los primeros proyectos, (iii) academia y empresas privadas especializadas, las cuales tienen un rol importante en la formación de capital humano y establecer líneas base de conocimiento, y (iv) empresas privadas que llevan a cabo las actividades que son parte de la cadena de valor, desde el diseño hasta la operación y mantención de los equipos.

De acuerdo con el mapeo de actores y las entrevistas realizadas en el contexto del presente trabajo (ver el producto 2 de esta consultoría), las instituciones y empresas se han asignado a cada grupo de actores clave, como se muestra en la Figura 43 **Error! Reference source not found.**

Figura 43 Actores clave en el mercado geotérmico de baja entalpía en Uruguay



Fuente: Elaboración propia.

Entre los actores que desarrollan las políticas y normativas para el fomento, promoción y regulación del uso de la energía geotérmica de baja entalpía, se encuentran los ministerios e intendencias que tienen un alcance a escala nacional o local, respectivamente. Estos organismos muchas veces trabajan en conjunto con instituciones asesoras dedicadas a investigar y generar conocimiento relativo al recurso geotérmico (por ejemplo, CeReGAS) y la academia (pública y privada), dónde además de investigar y generar conocimiento se brindan capacitaciones.

Los actores que entregan fluidez en el mercado, son aquellos que permiten realizar inversiones en el uso directo de la geotermia. Estos actores entregan apoyo económico, tanto para instalaciones demostrativas como para establecer el potencial geotérmico. En este grupo destaca la Asociación Nacional de Investigación e Innovación (ANII), la cual apoya la investigación y desarrollo de tecnologías incipientes en el país. Además, en Uruguay existen antecedentes de entrega de incentivos económicos por implementar eficiencia energética y/o energía renovable por parte de UTE y la Dirección Nacional de Energía (DNE). En la industria existen asociaciones que promueven y fomentan el uso de tecnologías eficientes y renovables que agreguen competitividad en los procesos productivos, tales como la Cámara de Industrias del Uruguay (CIU) y el Centro Tecnológico del Agua (CTAgu). Finalmente, las empresas que funcionan con modelo ESCO, además de estar muy involucradas en la cadena de valor, entregan fluidez al mercado permitiendo la inversión en geotermia. Lo anterior, debido a los ahorros en operación que genera esta tecnología.

La formación de capital humano y la generación de conocimientos son muy importantes para el desarrollo de la geotermia de uso directo. Lo cual se debe a que es una tecnología incipiente en Uruguay y América Latina. Además, el recurso geotérmico de baja entalpía es más difícil de cuantificar con respecto a otras energías renovables (por ejemplo, solar y eólica), porque no es perceptible a la vista humana. En este contexto, la academia tiene un rol fundamental en la formación de especialistas en las áreas de la geología, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica y física, entre otras disciplinas que son afines a la utilización de geotermia de baja entalpía. Además, es importante contar con profesionales y técnicos que tengan una visión integrada de las energías renovables y la eficiencia energética.

Como se mencionó anteriormente, la generación de conocimiento con respecto al recurso es muy importante en el caso del uso de la geotermia de baja entalpía. En este ámbito, además de las universidades, las empresas encargadas de labores relativas al subsuelo aportan gran cantidad de información, la cual puede ser interpretada en términos del uso directo de geotermia. Con todo lo anterior, se reducen las brechas de información y se eliminan paradigmas con respecto al recurso y utilización de este tipo de energía renovable.

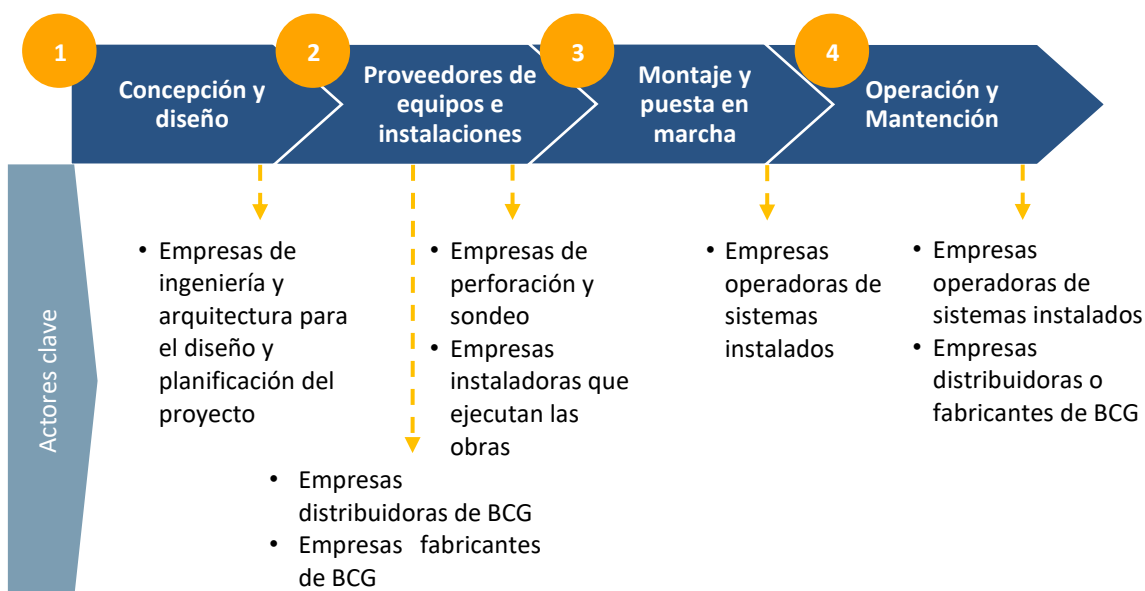
## 9.2 Cadena de valor

Dentro de la cadena de valor para el uso de la geotermia de baja entalpía se reconocieron diversas empresas que podrían llevar a cabo una o varias tareas. Se han identificado 4 amplias áreas de acción en la cadena de valor y en cada una de estas se ha establecido los tipos de empresas más compatibles.

Estas áreas son: (i) de concepción y diseño, donde se establece la factibilidad de cada proyecto, (ii) proveer los equipos e instalaciones, donde destacan los proveedores de bombas

de calor y perforistas de pozos, (iii) realizar el montaje y la puesta en marcha, y (iv) operación y mantenimiento, donde destaca el rol de las empresas ESCO. La **Error! Reference source not found.**, resume las 4 áreas descrita en el párrafo anterior.

Figura 44 Cadena de valor



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta se describen las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en cada una de las áreas involucradas en la cadena de valor de la geotermia de baja entalpía. Al mismo tiempo, se indican las empresas y experiencias más destacables como parte del análisis, para entregar una visión desde la realidad de Uruguay.

### 9.2.1 Concepción y diseño de proyectos

Para la concepción y diseño de proyectos se requieren empresas con experiencia en proyectos de clima en el sector residencial y sistemas térmicos en procesos productivos (calor y/o frío). Las empresas de ingeniería y/o arquitectura diseñan los proyectos y llevan a cabo o supervisan la instalación.

Si bien la fracción de la inversión que representan estas acciones dependen del tipo y tamaño de proyecto, representan un costo aproximado entre el 10% y 20% del total del proyecto, siendo una fracción considerable del costo total. Lo anterior, en base a la experiencia del equipo técnico, principalmente en Chile.

#### Fortalezas

Dentro de las fortalezas en Uruguay, se destaca la experiencia en la concepción y diseño de proyectos de geotermia de baja entalpía. Por ejemplo, Enersys diseñó el sistema de calefacción con geotermia del centro educativo Los Pinos en el barrio de Casavalle (Montevideo). Este proyecto se llevó a cabo en conjunto al geólogo Guillermo Popelka. De la misma forma, Bidegray & Asociados diseñó un proyecto de geotermia de baja entalpía con captación abierta en la industria. La empresa ASUAN tiene experiencia en 3 proyectos con geotermia de uso

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

directo en el sector residencial, todos ellos, con captación abierta. En la experiencia de ASUAN se destaca que han alcanzado rendimiento (Coefficient Of Performance, COP) de hasta 8 para los sistemas de intercambio de calor-frío. Finalmente, Alternativas Sustentables ha desarrollado 3 propuestas con energía geotérmica de baja entalpía en asociación con una empresa de perforaciones.

Otra fortaleza importante en Uruguay es que existe formación de profesionales, en las áreas de ingeniería, arquitectura o energías renovables, quienes por sus competencias e intereses pueden ser parte de una red de profesionales que participen en la concepción y diseño de proyecto de geotermia de baja entalpía. A partir de las entrevistas, se constató el interés de las universidades y la inclusión de la geotermia como parte de las asignaturas regulares en los planes de los programas de educación.

#### Oportunidades

Entre las oportunidades detectadas, se destaca la posibilidad de llevar a cabo las fases de concepción y diseño de proyectos junto a empresas con amplia experiencia en geotermia en otros países, donde esta tecnología es madura. Un antecedente importante es la experiencia de Lagomarsino & cía, quienes han diseñado proyectos de geotermia somera en España en conjunto con una firma española con experiencia en esta tecnología.

Los ahorros energéticos, debido a la notable eficiencia de la geotermia de baja entalpía con respecto a otras tecnologías, representa una *oportunidad para el modelo de negocio ESCO*. Justamente esta visión amplia del proyecto, desde la concepción hasta la operación, representa una gran oportunidad para que las empresas del rubro diseñen y proyecten soluciones energéticas con el uso directo de la geotermia.

En Uruguay las empresas ESCO tienen la capacidad de concebir, diseñar y proyectar soluciones energéticas con geotermia. Considerando este modelo de negocio, la oportunidad más relevante está en el sector productivo. Dentro de las empresas ESCO identificadas en el mapeo de actores y que fueron entrevistadas en el contexto de este trabajo se destacan SEG Ingeniería y MCT ingeniería.

#### Debilidades

Entre las debilidades, es importante tener en cuenta que se necesita aún más experiencia en proyectos de uso de geotermia de baja entalpía. Si bien existe experiencia, esta tiene que ser aún mayor y más diversa, para generar proyectos que respondan a las necesidades energéticas de Uruguay. De acuerdo con las entrevistas, se constató que existen diseños que no se implementan. Lo anterior, también representa una debilidad en las etapas de concepción y diseño, porque la experiencia aplicada tiene un rol importante, en la adaptación y mejoras del diseño de proyectos.

Es deseable que el equipo encargado de planificar el proyecto geotérmico sea multidisciplinario, contemplando todos los aspectos involucrados en la tecnología, tales como la geología del lugar, la presencia de agua subterráneas (si es necesario), los rendimientos deseados, los objetivos energéticos, los equipos necesarios, entre otros.

#### Amenazas

Una de las amenazas más destacables para la concepción de proyectos de geotermia de baja entalpía es la falta de regulación en las instalaciones. Esta condición genera una aversión a invertir en proyectos de uso directo de geotermia, debido a la desconfianza en mandantes y desarrolladores. Existe una situación particular con la reinyección de agua subterránea, para el caso de los sistemas con captación abierta, porque no hay un procedimiento establecido para regular los pozos de reinyección de agua. Por ejemplo, existe un proyecto que se estaba llevando a cabo por parte de Bidegray & Asociados que no se realizó, porque no fue posible lograr la autorización por parte de la DINAMA para la reinyección de agua subterránea.

#### 9.2.2 Proveedores de equipos e instalaciones

Es relevante contar con empresas que construyen o ensamblan los equipos necesarios para instalar geotermia de baja entalpía. Entre los equipos que se requieren destacan las bombas de calor, pero además se requieren equipos para administrar y distribuir el calor o frío, por ejemplo, acumuladores de calor, radiadores de calor o *fan-coil* (ventiloconvectores). Los *fan-coil*, son similares a los radiadores, pero incluyen ventiladores que fuerzan la convección en los espacios a calentar o refrigerar.

Por otro lado, dentro de las instalaciones, se destacan las labores de perforación de pozos o excavaciones subterráneas. En cualquier caso, son tareas en el orden de magnitud de captación de agua subterránea, nivelaciones de terreno o construcción de subterráneos para casas y edificios.

#### Fortalezas

En el caso de Uruguay, existen empresas que importan equipos y adaptan la electrónica para extender su vida útil y realizar mantenimientos. Por ejemplo, la empresa Enersys tiene experiencia con la importación y adaptación de bombas de calor desde Asia. De la misma forma, la empresa MCT ingeniería tiene experiencia importando e instalado equipos desde Europa. En ambos casos las experiencias han sido satisfactorias. Para el almacenamiento y distribución de calor y/o frío, los equipos no difieren de aquellos que se emplean con tecnologías tradicionales, por lo que existen equipos y experiencia suficientes para construir soluciones energéticas con geotermia de baja entalpía.

Las instalaciones subterráneas, pozos y excavaciones, son parte importante para la geotermia de baja entalpía. En este ámbito, existe una amplia gama de ofertas para la construcción de pozos y una parte de las empresas que realizan estas instalaciones cuentan con licencia de perforación otorgada por Dirección Nacional de Agua (DINAGUA). Las empresas perforadoras habilitadas por la DINAMA cumplen con el Decreto N° 86/004. En la actualidad se cuenta con 39 empresas con licencia de perforador, lo que indica un rubro robusto y se identifica como una fortaleza del país. En el caso de captaciones verticales abiertas o cerradas, las perforaciones son prácticamente iguales a las de captación de agua subterránea para consumo humano. Finalmente, para el caso de las captaciones horizontales cerradas, su construcción es más sencilla y se cuenta con una oferta de proveedores que están relacionados a la construcción o nivelación de terrenos.

#### Oportunidades

Con respecto a los equipos necesarios para instalar geotermia de baja entalpía, existe la oportunidad de representar equipos de marcas extranjeras en Uruguay. La representación de

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

marcas con prestigio internacional puede ampliar los clientes de una empresa o abrir nuevos mercados. De la misma forma, la adaptación y reparación de los equipos, representa una oportunidad de establecer contratos de mantención de equipos. Para el caso de las empresas de perforación de pozos y excavaciones subterráneas, la geotermia de baja entalpía representa una oportunidad para aumentar y diversificar clientes.

#### Debilidades

Las condiciones productivas de equipos en Uruguay no favorecen la fabricación de equipos en la industria local. Esto es una debilidad, porque genera pérdida de autonomía del mercado interno. Esta dependencia de las importaciones (por ejemplo, de bombas de calor) podría generar retrasos en las instalaciones.

#### Amenazas

La importación de equipos asiáticos ha permitido acceder a equipos (por ejemplo, bombas de calor) cada vez más económicos, pero de una confiabilidad desconocida. Lo anterior, puede representar una amenaza para esta tecnología, porque la larga vida útil de estas soluciones tecnológicas compensa la inversión inicial y es un atractivo de la geotermia. De la misma forma, la importación de equipos cada vez más económicos, afecta a las labores de mantención y reparación, siendo en algunos casos más económico reemplazar totalmente los equipos. Al ser una tecnología incipiente en Uruguay, la oferta de algunos equipos particulares (por ejemplo, la bomba de calor) es aún inmadura. Por lo anterior, en algunos casos la inversión inicial puede resultar inalcanzable, para instalaciones pequeñas, siendo esto una amenaza para la masificación de la tecnología.

Existen empresas dedicadas a la excavación de pozos no registradas en DINAGUA y, por lo tanto, de confiabilidad incierta. Esta falta de garantía o incertidumbre en la calidad de las excavaciones de pozos es una amenaza para el desarrollo de esta tecnología. En el caso particular de los sistemas abiertos que utilizan agua subterránea, la alteración del régimen hídrico por el cambio climático es una amenaza para esta tecnología. Si bien, el agua que se extrae luego se reinyecta, en caso de existir escasez hídrica, es prioritario autorizar la construcción de pozos para consumo humano por sobre sistemas de climatización. Lo anterior, se agrava más considerando que hoy día existe un número incierto de capacidades de agua subterránea no reguladas. Para subsanar esta amenaza podría ser necesario estudiar detalladamente el impacto de la posible respuesta de los diferentes acuíferos al cambio climático, datos que actualmente no se tienen.

### 9.2.3 Montaje y puesta en marcha

El montaje y la puesta en marcha de proyectos de geotermia de baja entalpía es similar a los proyectos que ocupan bombas de calor que intercambian calor con aire. En el caso residencial existe una diferencia entre el alcance de los equipos Split y la geotermia, porque los equipos Split a pequeña escala no necesariamente requieren un sistema de almacenamiento y distribución de calor y/o frío. Esta diferencia es relevante en la pequeña escala, porque la experiencia en Uruguay con equipos Split no se puede extrapolar directamente a la geotermia. Sin embargo, en el caso de proyectos más grandes a escala comercial o procesos productivos, la experiencia en sistemas de intercambio de calor con el aire o la recuperación de calor o frío en procesos industriales si es comparable a la geotermia de baja entalpía.

#### Fortalezas

Entre las fortalezas de Uruguay, se destaca la experiencia de empresas que han implementado geotermia de baja entalpía o proyectos que representan un grado de dificultad similar o que ocupan los mismos equipos. Enersys implementó el sistema de calefacción con geotermia del centro educativo Los Pinos. Por otro lado, ASUAN tiene experiencia en 3 proyectos con geotermia de uso directo en el sector residencial. Finalmente, la empresa MCT ingeniería tiene experiencia con bombas de calor agua-agua para trasladar calor tanto en el sector industrial como en el sector comercial.

Estas experiencias, si bien no son de geotermia, incorporan los mismos elementos para su montaje y puesta en marcha. Por ejemplo, en el caso del sector comercial, la experiencia de MCT ingeniería consiste en movilizar calor entre los distintos espacios del aeropuerto internacional.

#### Oportunidades

En el montaje de geotermia de baja entalpía, la principal oportunidad está en compatibilizar esta tecnología con el transporte de calor o frío entre los distintos ambientes de una misma edificación (sector residencial o comercial) o entre los distintos procesos en el ámbito productivo. La geotermia de baja entalpía ofrece la oportunidad de complementar o mejorar el transporte de calor o frío entre distintos ambientes o procesos, solo con la incorporación de una conexión al subsuelo. En este caso los equipos sobre la superficie son los mismos: bomba de calor, acumuladores de calor y sistema de distribución.

Otra oportunidad que se da principalmente en los sectores residencial y comercial es utilizar infraestructura subterránea como intercambiador de calor geotérmico. Por ejemplo, las pilas de entibación o fundación en edificios pueden adaptarse para incluir tuberías internas (a través de las cuales circula agua) que permite la transferencia de calor con el subsuelo.

Finalmente, en el sector productivo, los pozos para la captación de agua subterránea (cuando existen) pueden constituir los pozos de extracción para implementar geotermia, siendo necesario solo perforar pozos de reinyección. Inclusive, en el caso de Uruguay, existen varios pozos para captación de aguas termales (algunos actualmente sin uso) los cuales pueden ser secundariamente utilizados para geotermia en instalaciones o emprendimientos aledaños.

#### Debilidades

La principal debilidad en el montaje de la geotermia de baja entalpía está en la falta de experiencia práctica en la habilitación de intercambiadores de calor subterráneos. Si bien existen ejemplos en Uruguay, es necesario más diversidad en tamaño y estilo, para que el montaje de estas instalaciones sea totalmente confiable. Un caso particular lo representan los sistemas abiertos, donde la reinyección de agua no es común, porque no está regulada y tampoco existen investigaciones sobre sus posibles impactos en el subsuelo uruguayo. De hecho, la reinyección de agua se evita por parte de las empresas que realizan pozos.

#### Amenazas

El aumento en la eficiencia y masificación de los sistemas que intercambian calor con el aire tipo Split, son una amenaza para la geotermia en el sector residencial. Lo anterior, porque los costos de inversión son considerablemente menores con respecto a la geotermia. La falta de estándares constructivos en los primeros proyectos son una amenaza para la confiabilidad de la tecnología, porque la reducción de costos podría afectar la calidad de las instalaciones, comprometiendo la reputación de la geotermia de baja entalpía.

#### 9.2.4 Operación y mantención de proyectos

De acuerdo a la experiencia internacional, las principales ventajas de la geotermia con respecto a otras alternativas de calefacción son la larga vida útil de los equipos y los bajos costos de operación. Estas características son especialmente favorables para el modelo de negocio ESCO.

##### Fortalezas

Considerando que la operación de geotermia es favorable, para implementar modelo de negocio ESCO, una de las fortalezas más importantes en Uruguay es que existen empresas que funcionan en esta modalidad que han llevado a cabo proyectos de gran escala. A partir del mapeo de actores y las entrevistas, se destacan las empresas MCT ingeniería y SEG ingeniería.

##### Oportunidades

Tal como se mencionó anteriormente, es una oportunidad *implementar el modelo de negocio ESCO con la geotermia*. En la actualidad, estas experiencias se registran principalmente en el sector productivo. Sin embargo, considerando los bajos costos de mantención y la larga vida útil de los equipos e instalaciones subterráneas, existe la posibilidad de ampliar este modelo de negocio al sector comercial y residencial.

En el sector residencial existe la posibilidad de generar calor, frío y agua caliente sanitaria con los mismos equipos e implementar sistemas para la distribución de calor y frío asociados a una fuente de calor/frío común. Esta forma de proveer servicios de calor y frío se podría clasificar como sistemas distritales. Sin embargo, es importante reconocer que los límites de temperatura y tamaño de las instalaciones lo hacen compatible para edificios individuales o condominio de hasta 50-60 casas.

Para sistemas más grandes, la evaluación tiene que ser caso a caso. Considerando que esta tecnología considera, en la mayoría de los casos acumulación de calor, la geotermia ofrece una buena oportunidad de *almacenar la generación de calor y frío*, y gestionar la demanda eléctrica. Con lo anterior, se puede consumir electricidad cuando en las horas del día de precios más convenientes y bajar los consumos eléctricos en los momentos de mayor demanda.

##### Debilidades

La principal debilidad en la operación y mantención de estos sistemas podría estar en los sistemas abiertos. Esto se debe a que existe la posibilidad de corrosión y precipitación de minerales contenidos en el agua subterránea. Esta situación, de existir, debe evaluarse caso a caso y entonces, representa un grado de incertidumbre. Es importante destacar que el problema de corrosión o precipitación de minerales podría haber sido detectado en otras instalaciones cercanas que utilizan agua subterránea.

### **Amenazas**

Para el caso de los sistemas de suministro de calor y frío compartidos entre departamentos y casas, una amenaza es la falta de regulación de sistema distritales. Lo anterior, podría afectar a la gestión de la fuente de calor/frío cuando es compartida y es necesaria para planificar mantenimiento y así evitar fallas del sistema.

## **9.3 Oportunidades para desarrollo de proyectos**

Entendiendo por una parte, el momento actual de la tecnología geotérmica de baja entalpía en Uruguay, y los resultados presentados en la en la sección 6.2, donde se muestra que existiría ámbito de competencia económica para las bombas de calor geotérmica en Uruguay, y recogiendo algunas de las consultas e ideas del ciclo de entrevistas con partes interiores realizadas en el marco de la asesoría, a continuación se identifican algunas ideas y oportunidades para intervención de parte del gobierno uruguayo, con el objeto de generar las instancias iniciales que puedan dar paso a un mayor desarrollo de la tecnología en Uruguay.

### **9.3.1 Proyectos piloto en edificios públicos**

Una buena plataforma para dar inicio a la inserción de una tecnología comercial en cualquier país es el desarrollo de proyectos piloto aplicados en edificios públicos. De esta forma, es posible alcanzar diversos objetivos combinados: promoción tecnológica sin sesgos empresariales, posibilidad de documentar el proceso y mostrarlo dentro de la gestión del año, oportunidad para proveedores locales para despertar interés en ampliar su negocio, reforzar el lineamiento con alguna determinada política pública que esté en promoción, adquirir experiencia de campo y, por supuesto, adquirir el beneficio que la tecnología en promoción otorga.

En el caso de tecnología geotérmica de baja entalpía, una opción de un proyecto a implementar en un edificio público podría ser el recambio del sistema de acondicionamiento térmico por una alternativa centralizada de bomba de calor.

Si bien este tipo de experiencias podrían probarse en todo el Uruguay con sistemas de intercambio de calor horizontales, un lugar natural para realizar este tipo de experiencias son aquellos departamentos con buen potencial geotérmico (Salto, Paysandú), para asegurar el retorno económico se puede aprovechar un pozo preexistente.

### **9.3.2 Programas de apoyo al desarrollo de proyectos en ámbito privado**

La barrera más evidente que enfrentará cualquier promotor al momento de considerar una solución de acondicionamiento térmico basado en geotermia de baja entalpía será sin duda el costo de inversión asociado, que puede llegar a ser hasta 3 veces mayor que la solución de caso base (bomba de calor aire-aire, caldera de biomasa, etc.). En segundo lugar, estarán los estudios técnicos de diseño de la solución y evaluación de potencial (en el caso de considerar el aprovechamiento de una fuente termal o la construcción de un pozo de agua), los cuales, por complejidad y desconocimiento, podrían contribuir a descartar la alternativa sin siquiera evaluarla.

Para evitar que los eventuales beneficios de ahorro en la operación, mejora de competencia y eventual colocación de productos de manufactura trazable en mercados específicos se pierdan por desconocimiento o falta de especialización, los proyectos pueden apoyarse tanto financiera como técnicamente a través de instituciones de origen estatal y/o programas de apoyo/aceleración de proyectos, además de redes de soporte de conocimiento técnico.

A nivel de financiamiento, quizá más factible que apoyo individual, es adecuado pensar en alternativas de financiamiento para carteras de proyectos y concursos públicos para obtención de ayuda. Por su parte, es del caso notar que los mecanismos de promoción de inversiones en Uruguay a través de beneficios tributarios y mecanismos de exención ya son suficientes e inclusivos para apoyar incursiones en esta materia. No se requiere de mayor desarrollo en ese ámbito particular.

A nivel de soporte técnico, la existencia de una oficina técnica que tenga cierto nivel de dedicación a la promoción y apoyo al diseño de los proyectos entregará confianza a los promotores individuales para la incursión en estos proyectos.

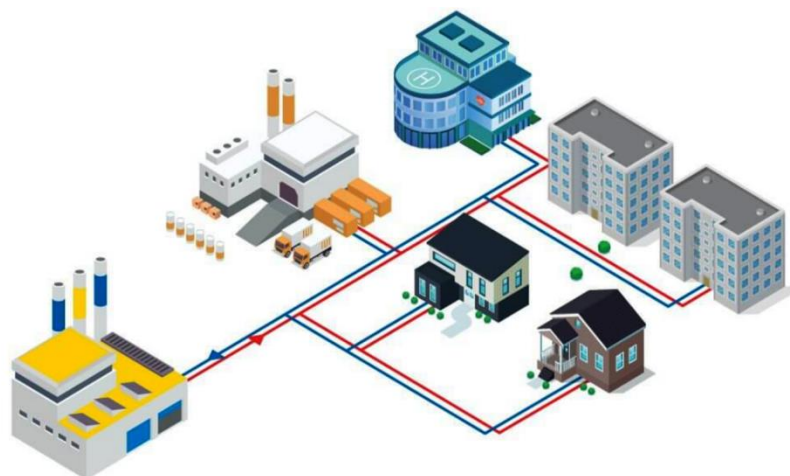
### 9.3.3 Proyectos residenciales/comerciales de agregación de demanda

Atendiendo las economías de escala asociadas al tamaño y nivel de uso de bombas de calor geotérmico para acondicionamiento térmico, en lugar de promocionar recambios individuales de equipos en el sector residencial / comercial, una alternativa a considerar es el desarrollo de proyectos de agregación de demanda y aplicación de soluciones conjuntas (o “distritales” como se les denomina en Europa).

Este tipo de soluciones consiste en la implementación de un número limitado de equipos de tamaño mediano/grande como fuente de calor, junto con la implementación de una red de transporte de calor. Dicha red puede funcionar con agua circulante (u otro fluido afín) y el empalme con cada usuario se realiza a través de algún mecanismo de intercambio de calor (radiadores, lozas radiantes, etc.). En la Figura 45 se muestra un esquema ejemplo de distintos edificios conectados a través de una red distrital de calor.

Este tipo de proyectos son buenas alternativas no solo para aprovechar la economía de escala tecnológica, sino también para recoger adecuadamente las externalidades positivas (reducción de emisiones, contaminación intradomiciliaria, etc.), además de aprovechar los bajos costos de operación por parte de los usuarios finales. Se entiende a partir de los resultados de este trabajo, que es posible pensar en este tipo de soluciones para agrupaciones de viviendas sociales, por ejemplo.

Figura 45 Esquema ejemplo de red distrital de calor



Fuente: Battisti, R. (2019)

### 9.3.4 Gestión de demanda eléctrica con bombas de calor geotérmico

Actualmente en Uruguay se está llevando a cabo el programa de redes inteligentes, promocionado por UTE. Entre otras cosas, este programa busca la integración de equipamientos con inercia térmica, gestión activa de demanda y aprovechamiento de inercia en la red, con el fin de aumentar el factor de utilización de las redes de transmisión y distribución.

En ese ámbito, es posible identificar una sinergia interesante entre bombas de calor (tanto aerotérmicas como geotérmicas) y redes inteligentes, toda vez que la tecnología usualmente permite programar el funcionamiento de la bomba (timer-setting) y en variados modelos a nivel comercial, o bien ya se incluye de fábrica un sistema de acumulación de calor o se puede adquirir un sistema de acumulación de calor por separado, en caso que la bomba de calor no lo traiga. Los sistemas de acumulación de calor compatibles con bombas de calor no son nada extraño a nivel comercial.

De esta forma, un usuario determinado puede adaptar su consumo eléctrico al funcionamiento de la red, sin necesidad de cambiar sus requerimientos de calefacción, toda vez que el mismo equipo de acondicionamiento térmico se hace cargo de la interfaz con la red eléctrica.

El programa de redes inteligentes ya cuenta con incentivos a nivel de tarifa que pueden ser aprovechados por los respectivos usuarios. Sin embargo, para una integración de este tipo de tecnologías en el programa todavía haría falta la promoción económica y difusión de la alternativa. Afortunadamente, este tipo de iniciativas no son extrañas en Uruguay, siendo la más reciente el programa solar térmico. Las bombas de calor con acumuladores podrían integrarse en un programa similar.

## 10 Evaluación de emisiones

La evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero o GEI, representa la situación actual del país y contribuye a desarrollar medidas de mitigación factibles, así como establecer políticas para su adaptación y cumplir los compromisos ambientales.

Según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el 2017, el sector energía fue el segundo que más contribuyó en las emisiones de GEI con un 19,2% de 34.781 Gg CO<sub>2</sub> eq según el potencial de calentamiento global (GWP<sub>100AR2</sub>) y con un 31,5% de 19.140 Gg CO<sub>2</sub> eq según el potencial de cambio de temperatura global (GTP<sub>100AR5</sub>). Además, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fue el principal gas emitido en ambos casos, siendo las industrias manufactureras y de la construcción aportantes en un 14% y 15%, el comercio e institucional en 1%, y residencial en 7% y 8%, en relación al GWP y GTP, respectivamente.

En este capítulo, se abordarán los compromisos asumidos con las partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), sobre todo los de mitigación asumidos por el país para analizar cómo la exploración del potencial geotérmico de baja entalpía contribuiría con ellos, a partir de la evaluación de GEI provenientes del recurso geotérmico.

### 10.1 Compromisos de mitigación en Uruguay

Las medidas de mitigación son aquellas que se dirigen a las causas del cambio climático, es decir, buscan disminuir las emisiones y aumentar las remociones de gases de efecto invernadero. Las medidas asumidas por Uruguay parten de la Política Nacional de Cambio Climático, que tiene como objetivo general promover la adaptación y mitigación en el país ante el cambio climático, así como el desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes que contribuyan a disminuir los GEI y profundizar la diversificación de la matriz energética. Adicionalmente, se crea la primera Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (CDN) cuyo objetivo es atender las obligaciones asumidas con la ratificación del Acuerdo de París bajo la Política Nacional de Cambio Climático.

#### 10.1.1 Contribución Determinada a nivel Nacional (CDN)

En la primera CDN del Uruguay (2017) se definen los objetivos de mitigación del cambio climático (primera sección) y el contexto y principales medidas que aportan al alcance de los objetivos de mitigación (segunda sección) establecidos por Uruguay para el año 2025. Los objetivos se agrupan en 3:

- Objetivos globales de intensidad de emisiones de GEI al respecto de la evolución de la economía;
- Objetivos específicos de intensidad de emisiones de GEI al respecto de la producción de alimentos, en relación a la producción de carne vacuna;
- Objetivos específicos del Sector UTCUTS (Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura).

De ellos, solo el primer objetivo hace referencia a los fines del estudio y se muestra en la Tabla 15.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

**Tabla 15 Primer objetivo de la CDN**

Metas	Tipo	GEI	Sectores	Institución referente	Meta 2025	Valor Actual	% Avance
Reducir la intensidad de emisiones de CO <sub>2</sub> por unidad de PBI	Condicional	CO <sub>2</sub>	Energía, incluido el Transporte; y Procesos Industriales	MGAP/ MIEM/ MVOTMA	29%	27%	93%
	Incondicional				24%	27%	113%
Reducir la intensidad de emisiones de CH <sub>4</sub> por unidad de PBI	Condicional	CH <sub>4</sub>	Energía; Agricultura, incluida la Ganadería; Residuos; y Procesos Industriales	MGAP/ MIEM/ MVOTMA	59%	54%	92%
	Incondicional				57%	54%	95%
Reducir la intensidad de emisiones de N <sub>2</sub> O por unidad de PBI	Condicional	N <sub>2</sub> O	Energía; Agricultura, incluida la Ganadería; Residuos; y Procesos Industriales	MGAP/ MIEM/ MVOTMA	52%	46%	88%
	Incondicional				48%	46%	96%

Fuente: Sistema de programación, medición, reporte y verificación de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y la Contribución Determinada a nivel Nacional (CDN)

### 10.1.2 Medidas de mitigación

La Política Nacional de Cambio Climático establece y plantea las medidas para ser implementadas por el país que aportan al logro de los objetivos incondicionales y condicionales de las CDN vistas en la Tabla 15.

Entre ellos, las medidas que se adaptan más a los objetivos de la asistencia técnica y el uso de energía geotérmica de baja entalpía, se resumen en la Tabla 16.

**Tabla 16 Medidas de mitigación**

Medida de mitigación	Objetivo	Tipo de medida /Avance	Contribución de la Asistencia Técnica
Piloto viviendas Montevideo	Mejorar la intensidad energética útil en las viviendas de forma de reducir el consumo de las distintas fuentes de energía para calefacción, refrigeración y ventilación de ambientes	Incondicional 50%	Reducción de la demanda energética en sistemas de calefacción y mejora del confort en hogares de recursos medios, a cargo del gobierno departamental y su Plan de mejoramiento de viviendas.
Etiquetado edificaciones	Mejorar la intensidad energética útil en las edificaciones de forma de reducir el consumo de las distintas fuentes de energía para calefacción, refrigeración y ventilación de ambientes	Incondicional 50%	Reducción de la demanda energética en sistemas de calefacción y mejora del confort en viviendas aisladas y edificios de viviendas.
Sello verde turístico (SVT)	Reducción de las emisiones de GEI de los establecimientos turísticos de alojamiento, como resultado de la incorporación de las buenas prácticas en sostenibilidad turística vinculadas con incorporación de energías	Condicional 0%	Incorporación de energía geotérmica como fuente renovable para calentamiento de agua sanitaria y calefacción de complejos turísticos.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Medida de mitigación	Objetivo	Tipo de medida /Avance	Contribución de la Asistencia Técnica
	renovables para calentamiento de agua sanitaria, calefacción y generación eléctrica; otras medidas; gestión de aguas residuales y de residuos sólidos incluyendo reciclaje y compostaje.		
Piloto viviendas nacional	Mejorar la intensidad energética útil en las viviendas de forma de reducir el consumo de las distintas fuentes de energía para calefacción, refrigeración y ventilación de ambientes.	Condicional 0%	Reducción de la demanda energética en sistemas de calefacción en hogares. En distintos planes de viviendas financiados por el Estado o por privados.
Redes inteligentes en dos barrios	Profundización de redes inteligentes incluyendo electrodomésticos y medidores inteligentes en dos barrios o localidades a 2025	Condicional 0%	Al identificarse los patrones de consumo de los usuarios se espera ser una estrategia de la gestión activa de la demanda eléctrica, que garantice la eficiencia de la utilización de la red eléctrica reduciendo el uso de fósiles en sistemas de calefacción

Fuente: Sistema de programación, medición, reporte y verificación de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y la Contribución Determinada a nivel Nacional (CDN)

## 10.2 Emisiones de la geotermia de baja entalpía

Las emisiones de gases de los recursos geotérmicos de baja temperatura son normalmente insignificantes. Existen estudios que han determinado los factores de emisión de estos y demuestran que dependen del tipo de sistema a usar:

- **Sistemas abiertos**

El factor de emisión puede considerarse insignificante o en el rango de 0-1 gCO<sub>2</sub>/kW, dependiendo del contenido de carbonatos en el agua. Por ejemplo, para la calefacción de distrito de Reykjavik, la emisión de CO<sub>2</sub> de las áreas de baja temperatura es de aproximadamente 0,05 mgCO<sub>2</sub>/kW, o en los sistemas de calefacción de distrito geotérmicos en China (Beijing, Tianjin y Xianyang) son menos de 1 gCO<sub>2</sub>/kW (Gunnlaugsson, 2007).

- **Sistemas cerrados:**

El factor de emisión es nulo. Por ejemplo, el sistema de calefacción de distrito en Klamath Falls, Oregon, EE. UU tiene cero emisiones ya que toda el agua geotérmica se usa y se reinyecta en un sistema cerrado (IPCC, 2008).

- **Bombas de calor geotérmicas**

Kaltschmitt (2000) publicó cifras de 180-202 gCO<sub>2</sub>/kW para las bombas de calor geotérmicas utilizadas en un sistema de calefacción urbana de baja temperatura en Alemania, donde las emisiones liberadas durante la producción (y construcción) del sistema de calefacción se consideraron insignificantes en comparación con las emisiones liberadas durante la operación de dicho sistema. En consecuencia, las emisiones dependen en gran medida del sistema que proporciona energía eléctrica.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Por lo indicado anteriormente, la generación de emisiones de gases de efecto invernadero de las bombas de calor geotérmicas (o de cualquier tipo), dependen del tipo de fuente de energía utilizada para la generación de electricidad, es decir, que son de emisión cero si la electricidad se genera a partir de energías renovables.

Los resultados muestran que la bomba de calor geotérmicas, COP igual a 4, accionadas eléctricamente reducen la emisión de CO<sub>2</sub> en un 45% en comparación con una caldera de aceite y en un 33% en comparación con una caldera de gas (IPCC, 2008).

Es por ello que para la evaluación de la reducción de las emisiones de GEI con el uso de bombas de calor geotérmicas se considerará como factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Uruguay, el cual es determinado por el MIEM cada año. En la Tabla 17, se observa que este valor es de 25 tCO<sub>2</sub>/GW (MIEM, 2019a).

**Tabla 17 Factor de emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Interconectado Nacional (SIN)**

Factores	Año: 2018
Emisiones de CO <sub>2</sub> por centrales eléctricas servicio público (Gg CO <sub>2</sub> )	316,7
Electricidad generada y entregada al SIN (GWh)	12.876
Factor de Emisión del SIN (t CO <sub>2</sub> /GWh)	25

Fuente: Balance Energético Nacional Uruguay (MIEM, 2019a)

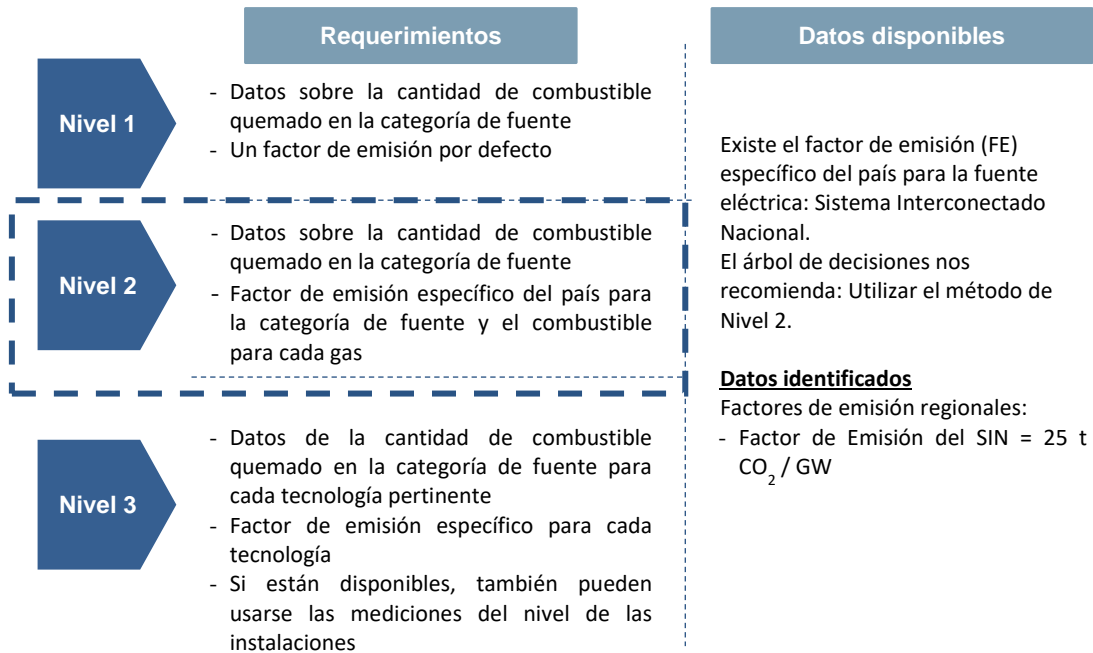
## 10.2.1 Metodología para el cálculo de emisiones

Para estimar las emisiones procedentes de la energía geotermia de baja entalpía, se seguirá la metodología de las Directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) del año 2006.

### 10.2.1.1 Emisiones provenientes del uso de BCG

Se trabajará con la sección correspondiente a energía para combustión estacionaria, la cual cuenta con 3 niveles para estimar las emisiones dependiendo de la cantidad y calidad de los datos disponibles. Para ello, se hace uso del árbol de decisiones del IPCC de dicho capítulo resultando en un Nivel 2 para la estimación de emisiones totales, el cual se explica en la Figura 46.

**Figura 46 Metodología para el cálculo de emisiones del IPCC**



Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de emisiones se utiliza siguiente fórmula, donde el consumo de combustible es la cantidad de combustible quemado (TJ) y el factor de emisión es específico del país (kg gas/TJ).

$$Emisiones_{GEI} = Consumo_{combustible} \times Factor\ de\ emisión_{GEI,combustible}$$

- **Factores de emisión (FE)**

Es importante mencionar que para dicha evaluación de reducciones de emisiones se hará una comparación entre los actuales equipos tecnológicos que se usan en el país y la energía geotermia de baja entalpía, la cual acompañará a los casos propuestos en la determinación del potencial de uso geotérmico, en la sección 6. Es por ello que presentamos todos los factores de emisión por fuente energética del país a ser consideradas en la Tabla 18.

Recordar para el cálculo de emisiones de otras fuentes no eléctricas, se consideran los factores de emisión dados por el IPCC, es decir por defecto al no contar el país con estimaciones propias. Es por ello, que en estos casos el nivel de estimación de emisiones es de 1.

**Tabla 18 Factores de emisión de CO<sub>2</sub> para diferentes combustibles**

Energético según BEN	Energético asociado según IPCC	Unidad	FE CO <sub>2</sub>
Biodiesel	Biodiesel	Kg/TJ	70.800
Bioetanol	Biogasolina	Kg/TJ	70.800
Carbón vegetal	Carbón vegetal	Kg/TJ	112.000
Coque de carbón	Coque para horno de coque	Kg/TJ	107.000
Coque de petróleo	Coque de petróleo	Kg/TJ	97.500
Diésel oíl	Gas/diésel oíl	Kg/TJ	74.100

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Energético según BEN	Energético asociado según IPCC	Unidad	FE CO <sub>2</sub>
Fueloil	Fuelóleo residual	Kg/TJ	77.400
Gas fuel	Gas de refinería	Kg/TJ	57.600
Gas manufacturado	Otros productos del petróleo	Kg/TJ	73.300
Gas natural	Gas natural	Kg/TJ	56.100
Gasoil	Gas/diésel oíl	Kg/TJ	74.100
Leña	Madera	Kg/TJ	112.000
Gasolina automotora	Gasolina para motores	Kg/TJ	69.300
Gasolina aviación	Gasolina para la aviación	Kg/TJ	70.000
Nafta liviana	Nafta	Kg/TJ	73.300
Propano	Gases licuados de petróleo	Kg/TJ	63.100
Queroseno	Otro queroseno	Kg/TJ	71.900
Residuos de biomasa	Otra biomasa sólida primaria	Kg/TJ	100.000
Supergás	Gases licuados de petróleo	Kg/TJ	63.100
Turbo combustible	Queroseno para motor a reacción	Kg/TJ	71.500

Fuente: Balance Energético Nacional Uruguay (MIEM, 2019a)

Cabe señalar que el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de la biomasa (por ende, de la leña) para el sector energético se realiza con fines informativos, puesto que se deben de estimar y declarar según el IPCC, en el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU). Esto es, porque en el proceso de la fotosíntesis durante el crecimiento de las especies vegetales se da la absorción de dióxido de carbono.

Sin embargo, en este informe se realizará la contabilización con el fin de informar las emisiones de gases de efecto invernadero y hacer las comparaciones respectivas. Mas no se considerará como resultado final.

### 10.2.1.2 Otro tipo de emisiones

- **Emisiones provenientes de perforaciones**

Es importante señalar que no se conoce un factor de emisión (Boettcher, 2020) en relación a las perforaciones realizadas para el uso de energía geotérmica (tanto de alta como de baja entalpía). Sin embargo, cualquier perforación conducirá a la liberación de gases en capas subterráneas, donde se espera que las liberaciones cerca de la superficie sean muy bajas.

El IPCC hace mención a las emisiones antropogénicas asociadas con el uso de la energía geotérmica. Si bien estas no son medidas como emisiones fugitivas porque no hay ninguna metodología para estimarlas, se las puede medir declarándolas en la categoría de fuente 1.B.3 «Otras emisiones provenientes de la producción de energía», correspondiente al Capítulo 4: Emisiones fugitivas (IPCC, 2006).

Sin embargo, estas perforaciones de pozos consideran como fuente de emisión la quema en antorcha y venteo, actividad que no se realiza en una perforación para fines de uso geotérmico de baja entalpía del subsuelo o de pozos de agua, por lo que no se tomará en cuenta para la presente contabilización.

- **Almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>**

En relación a las emisiones por “almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>”, correspondiente al capítulo 5 (IPCC, 2006), las únicas vías de emisiones que deben tomarse para el cómputo son las fugas de CO<sub>2</sub> a la superficie terrestre o al lecho marino desde el reservorio de almacenamiento geológico, como gas libre o disuelto en agua subterránea que llega a la superficie.

Sin embargo, al tratarse del aprovechamiento de energía geotérmica de baja entalpía, los sistemas cerrados no tienen contacto con el agua, y en sistemas abiertos la reinyección evitaría las fugas de gases.

## 10.3 Cálculo y análisis de gases de efecto invernadero

### 10.3.1 Ejercicio de evaluación de emisiones

Para el cálculo de las emisiones de GEI evitadas por la implementación de la geotermia de baja entalpía en relación a otras tecnologías, se considerarán los 10 casos desarrollados en la evaluación económica de la sección 6, el cual considera la capacidad del equipo en kilovatios-hora, el factor de utilización y la demanda anual de calefacción y/o climatización necesaria dependiendo del tipo de consumo que se da en los sectores residencial, comercial e industrial (para mayor entendimiento revisar la Tabla 12 Definición de casos de la evaluación).

Por otro lado, se consideran los factores de emisión descritos en la Tabla 17 y Tabla 18 (convertidos en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por Gigavatios-hora). Las tecnologías analizadas fueron: bombas aerotérmicas con un COP de 3, las estufas de leña, de biomasa y supergás, con una eficiencia del 90%, y las bombas geotérmicas con un COP de 4.

Cabe precisar que el factor de emisión utilizado para la quema de leña y biomasa (extraído de los factores de emisión utilizados por el BEN Uruguay) son los mencionados por el IPCC para el sector residencial con fines energéticos. Sin embargo, estos factores, y por lo tanto sus cálculos, solo se realizan con fines informativos (no pueden ser sumados en el total del balance de emisiones nacional porque ya están incluidos en el sector AFOLU).

Los resultados de las toneladas emitidas para cada uno de los casos analizados se muestran en la Tabla 19.

**Tabla 19 Cálculo de gases de efecto invernadero de los casos de evaluación**

Información del caso evaluado				Toneladas de CO <sub>2</sub> eq emitidos por tecnología				
Caso	Capacidad Equipo [kW]	Factor Utilización	D Anual [kW]	Bomba de calor aerotérmica	Estufa de leña	Estufa de biomasa	Estufa de supergás	Bomba de calor geotérmica
C1	5 kW	15%	6600	0.06	2.96	2.64	1.67	0.04
C2		34%	15000	0.13	6.72	6.00	3.79	0.09
C3	25 kW	15%	33000	0.28	14.78	13.20	8.33	0.21
C4		50%	109500	0.91	49.06	43.80	27.64	0.68
C5	50 kW	50%	219000	1.83	98.11	87.60	55.28	1.37
C6		80%	350400	2.92	156.98	140.16	88.44	2.19
C7	100 kW	50%	438000	3.65	196.22	175.20	110.55	2.74

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

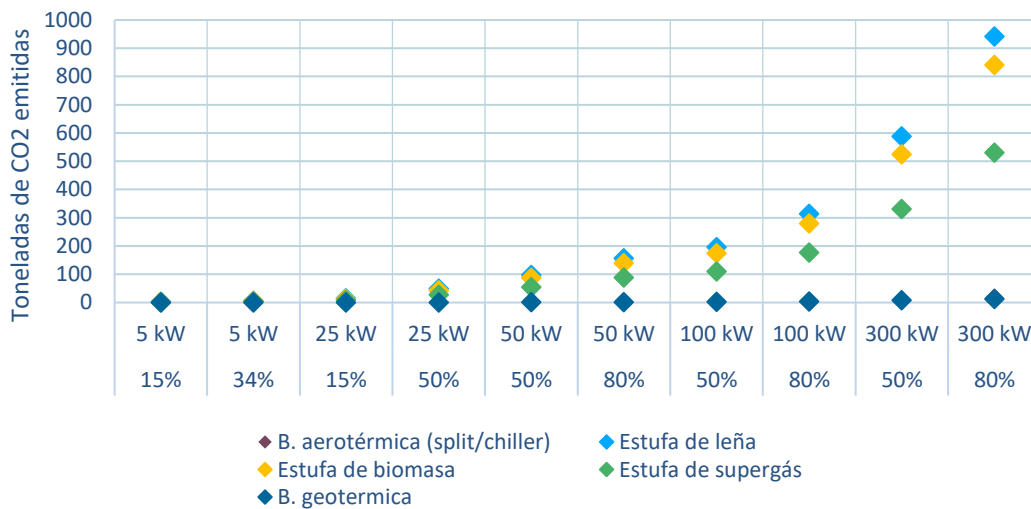
Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Información del caso evaluado				Toneladas de CO <sub>2</sub> eq emitidos por tecnología				
Caso	Capacidad Equipo [kW]	Factor Utilización	D Anual [kW]	Bomba de calor aerotérmica	Estufa de leña	Estufa de biomasa	Estufa de supergás	Bomba de calor geotérmica
C8	300 kW	80%	700800	5.84	313.96	280.32	176.88	4.38
C9		50%	1314000	10.95	588.67	525.60	331.65	8.21
C10		80%	2102400	17.52	941.88	840.96	530.65	13.14

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 47 se observa que la diferencia de gases de efecto invernadero evitados aumenta en relación al consumo energético en kW. Esta mitigación producida se acentúa más cuando se produce un intercambio de tecnologías, en relación a las estufas a leña, biomasa o supergás.

**Figura 47 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

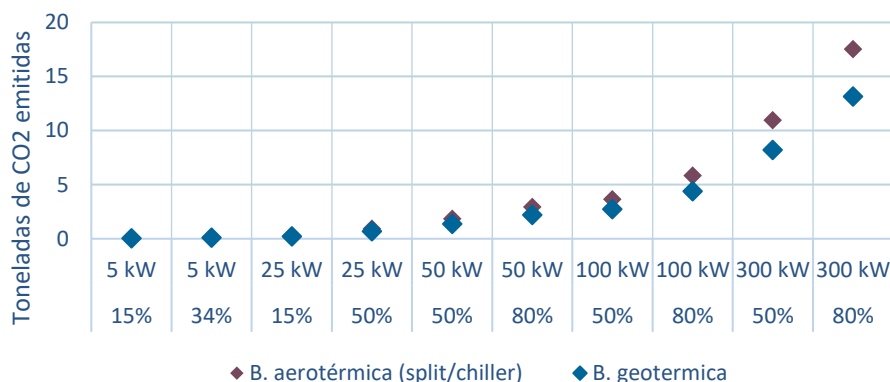


Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la diferencia de emisiones de GEI es menor cuando se compara con otra tecnología cuya fuente energética es eléctrica, como es el caso de las bombas aerotérmicas (ver Figura 48). Ello se justifica por la matriz eléctrica del Uruguay, la cual se abastece con un 98% de energías renovables.

La diferencia entre estas dos tecnologías se debe al Coeficiente de Rendimiento o COP, el cual beneficia a las bombas geotérmicas con un valor de 1 kW de potencia generado adicional, que generaría una bomba aerotérmica, por cada kW de potencia consumido. Por ejemplo, en el caso de la aerotermia si se generan 3kW térmicos por cada 1 kW eléctrico, mientras que con geotermia se generan 4kW térmicos por cada 1 kW eléctrico. Sin embargo, la diferencia se acentúa a medida que aumenta la cantidad de potencia requerida, así como el aumento de su rendimiento.

**Figura 48 Relación de GEI emitidos entre bomba aerotérmica y geotérmica**

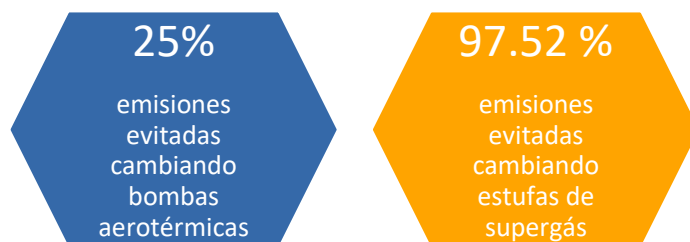


Fuente: Elaboración propia

### 10.3.2 Evaluación de los casos

El uso de bombas de calor geotérmicas en el sector residencial contribuiría a mitigar los gases de efecto invernadero emitidos por las fuentes de calefacción actuales en Uruguay. En relación a las bombas aerotérmicas, la reducción es del 25 % y con un cambio de las estufas de supergás, se tendría una reducción del 97,52 % de CO<sub>2</sub> eq emitidas. La Figura 49, muestra, estas diferencias.

**Figura 49 Porcentaje de emisiones evitadas mediante el uso de bombas de calor geotérmicas**



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, cuando se trata de combustibles sólidos como es el caso de la leña y la biomasa, se evitaría un 98,6 % y 98,44 % de emisiones de CO<sub>2</sub> eq, en el proceso de combustión, respectivamente. Sin embargo, estos datos no consideran el secuestro de carbono que se da en el crecimiento de la biomasa que da origen al combustible.

Finalmente, cabe mencionar que a primera instancia los resultados obtenidos demuestran que un cambio de las estufas de supergás por bombas de calor geotérmicas resultarían en una reducción las emisiones de gases de efecto invernadero, además de su contribución a seguir hacia una matriz energética renovable y el cumplimiento de las CDN del país reduciendo la intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de PBI en el 2% faltante para alcanzar la meta condicional de reducción del 29%.

Si bien el cambio por las bombas de calor aerotérmicas no es significativo a diferencia de los combustibles fósiles al usar la misma fuente energética que las bombas de calor geotérmicas,

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

en el futuro se puede optar por el uso de la geotermia para evitar seguir intensificando las emisiones y por la mayor eficiencia energética que tiene esta tecnología.

## 10.4 Emisiones evitadas por sector

Adicionalmente al cálculo de emisiones evitadas en base a los casos propuestos por el estudio, se estimaron las posibles reducciones de gases de efecto invernadero a partir del intercambio de tecnologías actuales utilizadas por la implementación de bombas de calor geotérmicas. Para ello, se tomó como referencia la matriz energética en Uruguay y los datos recolectados de calefacción y/o climatización en el sector residencial y comercial, y sistemas de calor y/o frío en el sector industrial, los cuales se ajustarían al uso de la energía geotérmica de baja entalpía.

El ejercicio consta del siguiente supuesto: *las actuales fuentes van a ser reemplazadas por las bombas de calor geotérmicas*. Solo se consideran las fuentes eléctricas y de fuentes fósiles (fuel oil, supergás, gas natural, entre otros), no se consideran fuente de biomasa y del uso de leña puesto que las emisiones (como se menciona en la subsección anterior) de estas no son contabilizadas en el sector energético, sino en el AFOLU.

Cabe mencionar que en cada sector se consideran supuestos adicionales, los cuales son explicados en cada uno de ellos, a continuación.

### 10.4.1 Emisiones en el sector Residencial

Según la sección 5.2.4, el acondicionamiento térmico en el sector residencial se debe principalmente a las fuentes de energía eléctrica empleada en bombas aerotérmicas (23.9%) y la leña (39.51%) y el supergás (23.81%) empleados en estufas. Además, se estimó el consumo de energía para calefacción residencial durante el año 2019 en 37.6 ktep<sup>11</sup>.

Tomando en cuenta lo anterior, se estimaron las emisiones de GEI actuales en ton CO<sub>2</sub> eq para dichas fuentes. Asimismo, se estimó la disminución de emisiones de GEI en el escenario en que las fuentes actuales de electricidad y supergás son reemplazadas por BCG, empleando los porcentajes de reducción determinados anteriormente. Los resultados se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20 Estimación de emisiones para el sector residencial de GEI

Fuente de calefacción actual			Cambio a BCG			
Fuente	Cantidad consumida anual (GW)	FE (t CO <sub>2</sub> /GWh)	Emisión actual (Gg CO <sub>2</sub> )	Emisión con BCG (Gg CO <sub>2</sub> )	Reducción de emisiones (Gg CO <sub>2</sub> )	Porcentaje evitado total
Electricidad	104,73	25	2,62	1,96	0,66	25%
Supergás	104,25	227,16	23,68	0,59	23,09	97,52%
Total			26,30	2,55	23,75	90,30%

Fuente: Elaboración propia

<sup>11</sup> Dicha estimación se realizó asumiendo que el porcentaje del uso en calefacción residencial dada por la Encuesta de Consumo y Uso de la Energía en el Sector Residencial (2013) no presenta una variación representativa a la actualidad; y la energía total en ktep proviene del Balance Energético Nacional (2019) del sector residencial.

### 10.4.2 Emisiones en el sector Industrial

En la evaluación de emisiones provenientes de este sector, se tomaron los valores del Balance Nacional en Energía útil Uruguay - Sector industrial (BNEU industrial) en el 2016 visto en la sección 5.2.5.

Para este caso se consideran las actividades de: frío de proceso, generación de vapor, otros equipos de calor, los usos no productivos (solo las fuentes que se asegura su uso como transferencia de calor mas no trabajo mecánico, como es el caso de la electricidad), y uso de calor directo (solo considerando la electricidad para su comparación, puesto que las fuentes fósiles generan en su mayoría altas temperaturas a las cuales las BCG no son compatibles).

Los cálculos de las emisiones de las fuentes energéticas a reemplazar se harán utilizando el consumo energético del sector para las actividades ya mencionadas o energía neta, mientras que, para el cálculo de las emisiones producidas por una bomba de calor geotérmica, se trabajará con la demanda energética o energía útil total a cubrir. Dichos resultados se presentan en la Tabla 21.

**Tabla 21 Estimación de emisiones para el sector industrial de GEI**

Fuente	Fuente de calor y/o frío actual <sup>12</sup>			Cambio a BCG		
	Consumo de energía neta (ktep)	Emisión actual (Gg CO <sub>2</sub> )	Demanda de energía útil (ktep)	Emisión con BCG (Gg CO <sub>2</sub> )	Reducción de emisiones (Gg CO <sub>2</sub> )	Porcentaje evitado total
Gas Natural	4,24	9,96	3,79	1,10	8,86	88,94%
Supergás	0,65	1,72	0,57	0,17	1,55	90,30%
Gas Propano	0,82	2,17	0,67	0,19	1,98	91,07%
Gas Oil	1,07	3,32	0,95	0,28	3,05	91,72%
Fuel Oil	46,11	149,42	40,13	11,67	137,75	92,19%
Electricidad	49,55	14,41	31,10	9,04	5,36	37,24%
Total	102,44	181,01	77,21	22,45	158,56	87,60%

Fuente: Elaboración propia

### 10.4.3 Emisiones en el sector Comercial

Debido a la falta de datos se estimó la energía consumida en calefacción en 31,97 ktep a partir del total consumido en el sector comercial en el año 2019 (308,5 ktep) según lo indica la sección 5.2.6 y de los estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas realizado en el 2006. Asimismo, se tomó este estudio como referencia para la estimación del porcentaje de consumo por fuente. Los resultados se muestran en la Tabla 22.

<sup>12</sup> No se considera la fuente de energía solar, por ser energía renovable no convencional, ni la leña y biomasa por no poder ser contabilizada para fines energéticos. Además, en los usos no productivos se consideró solo las fuentes que generarían transferencia de calor (electricidad) mas no trabajo mecánico. Tampoco se considera las fuentes de calor directo, excepto la fuente eléctrica, por ser las otras fuentes de combustibles fósiles cuyos alcances de temperatura en los procesos industriales son muy altos para la geotermia de baja entalpía.

**Tabla 22 Estimación de emisiones GEI para el sector comercial**

Fuente de calor y/o frío actual				Cambio a BCG		
Fuente	Consumo de energía neta (ktep)	Emisión actual (Gg CO <sub>2</sub> )	Demanda de energía útil (ktep)	Emisión con BCG (Gg CO <sub>2</sub> )	Reducción de emisiones (Gg CO <sub>2</sub> )	Porcentaje evitado total
Gas Natural	0,83	1,95	0,24	0,070	1,88	96,40%
Supergás	1,05	2,79	0,29	0,086	2,70	96,93%
Kerosene	0,42	1,25	0,04	0,011	1,24	99,10%
Gas Oil	0,80	2,48	0,21	0,062	2,42	97,49%
Fuel Oil	8,28	26,83	13,96	4,060	22,77	84,87%
Electricidad	15,31	4,45	5,52	1,605	2,85	63,95%
<b>Total</b>		<b>39,75</b>	<b>20,27</b>	<b>5,894</b>	<b>33,86</b>	<b>85,17%</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 10.4.4 Evaluación de emisiones

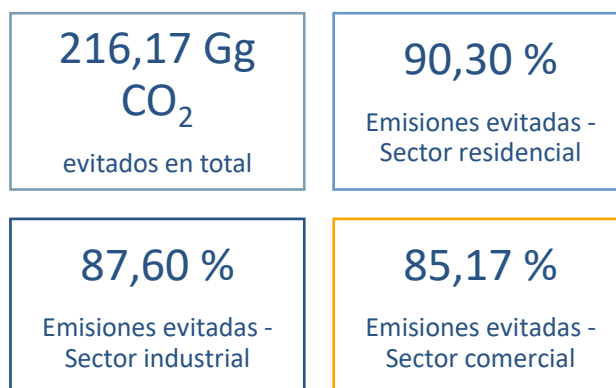
Los resultados obtenidos representan un valor de reducción hipotética de emisiones en un escenario donde las bombas geotérmicas serían el mejor intercambio, considerando un cambio en fuentes fósiles y de electricidad en cada uno de los sectores. Cabe recordar lo siguiente:

- Para el sector residencial y comercial, se considera un cambio total de la fuente fósil y del actual uso eléctrico, asumiendo que son bombas de calor de aerotérmicas.
- Para el sector industrial, se consideró la energía neta para las emisiones actuales y la energía útil para las emisiones de las BCG. Se tomó en cuenta el uso industrial de frío de proceso, generación de vapor y otros equipos de calor para todas las fuentes, sin embargo, para uso de calor directo no se consideran las fuentes fósiles por los altos requerimientos de temperatura de obtenidos en estos procesos industriales, difíciles de ser sustituidos por geotermia de baja entalpía.

Finalmente, se debe de considerar otros factores no vistos en el estudio, como la eficiencia de los procesos en el intercambio de tecnología o la exclusión de casos específicos donde el intercambio energético por la geotermia de baja entalpía a través de las bombas de calor no sea viable.

Puesto que, si bien se pueden cubrir demandas energéticas altas con el uso de BCG y siendo estas más viables económicamente (ver sección 6), la temperatura requerida es uno de los factores principales a tener en cuenta principalmente en procesos industriales, volviendo no viable su sustitución de fuente actual por la geotermia de baja entalpía. En la Figura 50, se presenta un resumen de los datos obtenidos en este estudio.

Figura 50 emisiones evitadas



Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados son una aproximación a la posible mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero que podría generarse en el escenario presentado. Por lo que se augura resultados positivos en la entrada de un mercado geotérmico por los altos porcentajes de emisiones evitadas en los cálculos realizados tanto en la sección 10.3, como en la presente.

## 10.5 Precio al Carbono

Los instrumentos de precio al carbono pretenden enviar señales políticas y económicas claras al mercado para estimular la descarbonización costo efectiva de manera más flexible y con menores costos para la sociedad. De esta forma se pretende impulsar el uso de energías alternativas y la inversión en nuevas tecnologías bajas en emisiones de GEI. Los instrumentos de precio al carbono como el impuesto al carbono, los permisos de emisión transable (ETS) y los mecanismos de compensación u offsets son utilizados en diferentes países a nivel sectorial y/o doméstico (en el propio país) para estimular una economía baja en carbono.

Actualmente, la fijación del precio al carbono o *carbon pricing* se ha desarrollado en algunos países en forma de impuestos a las emisiones. En algunos países de Latinoamérica ya se ha estimado dichos impuestos al carbono a la producción e importación de los combustibles fósiles. Entre ellos se encuentra Chile, Colombia, Argentina y México, cuyos precios van desde los 2,5 USD/t CO<sub>2</sub> hasta los 10 USD/t CO<sub>2</sub>, como se observa en la Tabla 23 (Trinidad, 2019).

Tabla 23 Precios de carbono en América Latina

País	Año de inicio	Metas	Entidades reguladas	Precio
Argentina	2017	Neutro para los ingresos	Productores e importadores de combustibles fósiles (excepto el gas natural y el jet fuel)	10,0 USD/t CO <sub>2</sub>
Chile	2017	Financiar la reforma educativa Establecer el marco para otros impuestos ecológicos	Plantas con más de 50 MW de capacidad potencial (calderas y turbinas)	5,0 USD/t CO <sub>2</sub>
Colombia	2017	Desalentar el uso de combustibles fósiles Promover la innovación tecnológica	Productores e importadores de combustibles fósiles (excepto el carbón)	Aproximadamente 7,0 USD/t CO <sub>2</sub>

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

País	Año de inicio	Metas	Entidades reguladas	Precio
México	2014	Reducir las emisiones de GEI Aumentar los ingresos del gobierno	Productores e importadores de combustibles fósiles	Aproximadamente 2,5 USD/t CO <sub>2</sub>

Fuente: Trinidad (2019). Precio al carbono en América Latina.

Como se ha mencionado, existe una variedad de instrumentos para poner un precio al carbono. La principal diferencia entre éstos es que los impuestos fijan un precio a las emisiones, pero no consideran el control de la cantidad de emisiones. Por el contrario, los permisos de emisión transables (ETS) fijan un límite a la cantidad de emisiones que pueda emitir un sector regulado, pero no establece un precio fijo a ellas, sino que permite que el comercio de dichos permisos regule el nivel de precio de las emisiones, basado en el mercado de dichas emisiones y las alternativas disponibles para el abatimiento de éstas. Un instrumento complementario que otorga cierta flexibilidad de adecuación y beneficio del impuesto verde y los eventuales permisos de emisión transables antes mencionados son los mecanismos de compensación de emisiones u offsets, por su denominación en inglés. Estos mecanismos permiten que cuando sectores regulados bajo el control de sus emisiones no sean capaces de conseguir mayores reducciones, o bien las alternativas no les sean costo-eficientes, éstos pueden salir a adquirir reducciones certificadas en otros sectores donde conseguir dichas reducciones sí sea costo eficiente en su ámbito nacional o internacional.

Establecer en Uruguay un instrumento de precio al carbono y su respectivo mercado bien regulado permitirá mediante certificaciones de reducción de emisiones no solo generar un nuevo mercado, sino reducir las emisiones provenientes del acondicionamiento térmico y uso de calor para el sector industrial, residencial y comercial por fuentes fósiles.

Siendo la energía geotérmica de baja entalpía una solución que reemplaza procesos que utilizan combustibles fósiles para su proceso o que reduce el consumo eléctrico de las necesidades de acondicionamiento térmico, existe el potencial de generar un atractivo mayor por desarrollar proyectos de eficiencia energética usando geotermia de baja entalpía para la venta de reducciones (offsets) apoyando la inversión en ellos no solo en los ahorros generados sino también en la oferta de offsets (reducción de emisiones) como ingreso al flujo para la recuperación de la inversión. El uso de impuestos puede provocar también la implementación de proyectos en geotermia para disminuir la carga económica tributaria de las empresas e incluso un sistema ETS puede generar una demanda importante de proyectos de tecnologías bajas en emisión donde la geotermia de baja entalpía puede encontrar un lugar.

Cualquier instrumento de precio al carbono que se establezca en Uruguay ayudará a promover un mayor espacio de competencia de la geotermia principalmente en el sector industrial y comercial. Así mismo, el artículo 6.4 del Acuerdo de París se prepara por establecer un mecanismo de desarrollo sostenible (MDS) que pretende funcionar como mercado de offsets similar al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) o al Mecanismo voluntario de Carbono (MVC).

El MDS implicará un uso más estratégico de compensaciones dado que, a diferencia del MDL, los países ya han definido estrategias y compromisos de mitigación dando preferencia por lo tanto a las reducciones nacionales o domésticas antes de “exportar” dichas emisiones. Con esto se adopta un enfoque estratégico y cuidadoso de evaluar sus propios presupuestos de

## **Climate Technology Centre & Network (CTCN)**

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

carbono y la proporción de las reducciones que deberán quedarse dentro de las fronteras para alcanzar sus propias NDC antes de contribuir con las de otros países.

Por ello, contar con instrumentos de precio al carbono apoyados en un posible MDS en el marco del Acuerdo París representa un importante catalizador y condición habilitante para generar un atractivo mayor sobre la geotermia de baja entalpía.

## 11 Balance de género

El objetivo principal del presente balance de género es analizar la situación de las mujeres de Uruguay en distintos ámbitos relevantes y los recursos con que cuenta el país para garantizar la inclusión de género en el proyecto **“Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial”** en los lineamientos de un futuro Plan de Acción, los cuales se desarrollaran en el Producto 4 de la asistencia técnica.

En primer lugar, se exponen brevemente las características socio políticas y económicas del Uruguay. En segundo lugar, se analiza la situación y posición social de las mujeres y su grado de contribución a distintas dinámicas sociales y políticas del país, en particular, al proceso de institucionalización de la agenda de género en el Estado. En tercer lugar, se examinan las estrategias de incorporación de género en las instituciones y políticas públicas, proceso que a través de los años ha dado lugar a una arquitectura de género dentro del Estado y a estrategias de transversalización de género en distintos sectores y políticas públicas, prestando una especial atención a la incorporación de género en los ministerios y otras instituciones que tienen mayores responsabilidades para la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático. El balance de género realizado permitirá evaluar los tipos de recursos que garantizan el cumplimiento de los requerimientos de género que solicita el Fondo Verde a los proyectos que aplican a éste.

Agradecemos especialmente a quienes gentilmente accedieron a ser entrevistadas/os y compartieron sus experiencias respecto de los temas de igualdad de género, su institucionalidad y la relación con la política de cambio climático. Asimismo, les agradecemos habernos compartido la documentación que sustenta en gran medida este documento al:

- Ministerio de Ambiente: Dirección de Cambio Climático
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM): Coordinadora Unidad de Desarrollo Social y Género de la Dirección Nacional de Energía
- Instituto Nacional de las Mujeres (INMujeres): directora (2015 – 2020)
- Mesa Interinstitucional de Mujeres en Ciencia, Innovación y Tecnología (MIMCIT)

El presente Balance de Género se basa en una amplia revisión y análisis de diversas fuentes secundarias y entrevistas a informantes claves, que aportaron con sus conocimientos y experiencias sobre la situación del Uruguay, de las mujeres y de los procesos de institucionalización de género. La información secundaria analizada en la elaboración de este documento fue obtenida de reportes estadísticos, documentos institucionales, páginas web de diferentes organismos e investigaciones y estudios; todos estos presentes en la sección 12.1.

### 11.1 Aspectos generales

La República Oriental del Uruguay cuenta con una densidad poblacional de 20 habitantes por km<sup>2</sup>. El último censo de población realizado en 2011 permite estimar la población del Uruguay al año 2019 en 3.449.299 habitantes (INE, 2019). De acuerdo al Anuario Estadístico 2019, el 51,6% de la población son mujeres y el 48,4% son hombres, de igual forma muestra otros datos resumidos en la Tabla 24 .

**Tabla 24 Resumen de indicadores sociodemográficos**

Indicadores sociodemográficos	
Población total	<b>3.449.299</b>
Proporción mujeres	51,6%
Proporción hombres	48,4%
Proporción población urbana	95%
Proporción población rural	5%
Esperanza de vida total (en años)	77,7
• Mujeres	80,9
• Hombres	74,2
Tasa bruta natalidad	11,4 por mil
Tasa bruta de mortalidad	9,7 por mil
Tasa de alfabetización	98,7%
• Mujeres	99,0%
• Hombres	98,4%

Fuente: Elaboración propia, en base al Anuario Estadístico, INE (2019)

El Uruguay ha sido un país de emigrantes y también una nación receptora de inmigrantes, donde destacan las migraciones españolas e italianas. Recientemente, el flujo de extranjeros está compuesto principalmente de sudamericanos: argentinos, brasileños, peruanos y, últimamente venezolanos.

Además, se destaca en América Latina por ser una sociedad más igualitaria que otras de la región, por su alto ingreso per cápita, sus bajos niveles de desigualdad y pobreza y por la ausencia casi total de indigencia. En términos relativos, su clase media es la más grande de América y representa más del 60% de su población.

En relación con la desigualdad en 2018, el índice de GINI es de 0,380. Respecto del Índice de Desarrollo Humano (IDH), el país ocupa el lugar 55 de un total de 186 países y es de 0,804. En cuanto a la desigualdad de género, el país presenta un valor de 0,270 en el Índice de Desigualdad de Género (PNUD), en el puesto 57 de 160; este índice está compuesto por indicadores de salud reproductiva, empoderamiento y desigualdad del mercado laboral de las mujeres.

Un aspecto que destaca al Uruguay respecto de los otros países de la región son las políticas sociales inclusivas que se han enfocado en ampliar la cobertura de los programas, por ejemplo, alrededor del 90% de la población de más de 65 años está cubierta por el sistema de pensiones, una de las coberturas más altas en América Latina.

Su economía se basa en la agroexportación, cuyos recursos fundamentales son los productos agrícolas (arroz, trigo, maíz, girasol, sorgo, cebada, soja y caña de azúcar) y ganaderos (vacunos, ovinos). Las industrias principales son las derivadas de la producción pecuaria: frigoríficos, lechería y derivados; en segundo lugar, las industrias textil, del papel y cartón, de los fertilizantes, de los alcoholes, del cemento y la refinación de hidrocarburos. Destaca también el sector de servicios (financieros, logística, transporte, comunicaciones), así como la pujante industria de las tecnologías de la información, en particular el desarrollo de software y servicios vinculados. Otro de los principales ingresos económicos del país es el turismo.

**Tabla 25 Resumen de indicadores económicos**

Indicadores económicos	
PIB per cápita	US\$15.650
Población en situación de pobreza	8,1%
Hogares en situación de pobreza	5,3%
Índice de GINI	0,380
Índice de Desarrollo Humano (IDH)	0,804 Lugar 55 de 186
Índice de Desigualdad de Género (PNUD)	0,270 Lugar 57 de 160

Fuente: Tercer Informe Bienal de Actualización. MVOTMA (2019)

### 11.1.1 Historia política reciente

Como otros países del cono sur y a través de procesos semejantes, Uruguay sufrió una larga dictadura militar (1973 a 1985) marcada por la prohibición de los partidos políticos, la ilegalización de los sindicatos, control de los medios de prensa y la persecución y encarcelamiento de opositores. Pese a ello, bajo la dictadura surgieron movimientos sociales importantes entre los que destaca el movimiento feminista y de mujeres que incursionaron en nuevas formas de hacer política y en nuevos planteamientos acerca de la ciudadanía e igualdad.

En 1985, comenzaron los gobiernos elegidos democráticamente. La profunda crisis económica del año 2002 asociada a la insolvencia financiera, provocó el virtual colapso del sistema económico del país. En estas circunstancias, el 2005 asume el Frente Amplio (FA), una coalición de partidos de izquierda y de ciudadanos independientes<sup>13</sup> que gobernó durante tres períodos consecutivos.

Se propuso a articular las dimensiones sociales y económicas y participativas para superar la pobreza y avanzar en un desarrollo equitativo con inclusión social, atender las demandas de mayor igualdad y participación, así como garantizar el ejercicio y respeto de los Derechos Humanos. Además de avanzar hacia el “Uruguay social” (énfasis en el combate a la exclusión), “Uruguay democrático” (abrir canales a la participación popular en la gestión de instituciones y políticas públicas, investigar el destino de los desaparecidos durante la dictadura), “Uruguay inteligente” (políticas de promoción de la innovación, la ciencia y la tecnología), “Uruguay productivo” (una nueva política económica) y “Uruguay integrado a la región y el mundo” (la integración al MERCOSUR como plataforma hacia otros mercados). De hecho, estas cinco líneas de trabajo constituyeron la columna vertebral de las políticas del gobierno.

### 11.1.2 La representación política de las mujeres

La política es la esfera donde se observan las mayores brechas entre hombres y mujeres en Uruguay, aunque paradójicamente fue el primer país de América Latina y uno de los primeros del mundo en otorgar en 1932 la ciudadanía política a las mujeres sin ningún tipo de restricciones (ATENEA, PNUD y ONU MUJERES, 2017).

<sup>13</sup> El Frente Amplio es una fuerza política uruguaya con definición progresista, democrática, popular, anti oligárquica y antiimperialista ubicada a la centro-izquierda del espectro político. Fue fundado el 5 de febrero de 1971 como fruto de la coalición de varios partidos políticos, la convocatoria de ciudadanos independientes y la creación de un movimiento político

La presencia de mujeres en el Poder Ejecutivo ha sido históricamente baja en Uruguay, hasta ahora ninguna mujer ha sido elegida como presidenta del país y por primera vez asume una mujer como vicepresidenta, en marzo de 2020. La presencia de mujeres en los gabinetes de los distintos gobiernos desde 1985 tampoco ha sido muy significativa. Fluctuaron entre 8,3% (1985-1990) y 0% en los períodos (1990-95 y 2000-2005); desde 2005 a la fecha ha experimentado un aumento de la presencia de mujeres en los gabinetes a un 28,6% (2005-2010), luego un descenso a un 14,3% (2010-2015) y nuevamente aumentó a un 35,7% (2015-2020). En la actual administración hay dos ministras (Ministerio de Economía y Finanzas y Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial) de un total de 13 ministerios, lo que representa un 15,4%.

En relación con la inclusión de mujeres en el Poder Legislativo, desde el retorno a la democracia en 1985, el porcentaje de legisladoras ha ido de un 0,8% en el primer quinquenio y ha seguido creciendo hasta el período 2015-2020, que alcanzó el mayor porcentaje de participación femenina con un 17,7% (14 diputadas y 9 senadoras). En la Tabla 26 se observa la participación de las mujeres en el Congreso en los gobiernos, desde 1985, durante el período democrático.

**Tabla 26 Mujeres electas titulares para ocupar cargos en el parlamento según periodo de gobierno**

Período	Diputadas	Senadoras	Legisladoras	Legisladoras (%)
1985 – 1990	1	-	1	0,8
1990 – 1995	7	-	7	5,4
1995 – 2000	8	2	10	7,7
2000 – 2005	13	3	16	12,3
2005 – 2010	11	3	14	10,8
2010 – 2015	15	4	19	14,6
2015 – 2020	14	9	23	17,7

Fuente: Poder Legislativo

### 11.1.3 El sector salud y las mujeres

El Sistema Nacional Integrado de Salud (SNIS), creado en 2007, está compuesto por un sector público y uno privado. El principal prestador de servicios públicos es la Administración de Servicios de Salud del Estado (ASSE), que cuenta con una red de establecimientos de cobertura nacional y que al 2015 cubre el 30% de la población, básicamente las personas de escasos recursos sin cobertura de la seguridad social. La prestación de servicios privada la dominan las Instituciones de Asistencia Médica Colectiva (IAMC), que son asociaciones de profesionales privadas sin fines de lucro que ofrecen atención integral al 59,5% de la población (Oficina de Planeamiento y Presupuesto, 2016a).

En base a un diagnóstico y su evolución en las últimas tres décadas, el perfil de salud de las mujeres respecto de los patrones de mortalidad y morbilidad no han tenido modificaciones significativas, así como tampoco su distribución en hombres y mujeres, predominando las enfermedades crónicas no transmisibles. El país, como se mencionaba anteriormente, se caracteriza por una alta esperanza de vida al nacer y el envejecimiento de la población ha ingresado en la agenda pública siendo materia de políticas y de investigación. En relación con el peso de los factores de riesgo para la salud asociados a los comportamientos individuales, se puede observar que las mujeres realizan menos actividad física que los hombres.

En relación con la salud sexual y reproductiva y los derechos a ella vinculados son, como ocurre en todos los países, un campo de disputa política, ideológica, moral y económica. En el caso de Uruguay, las políticas en salud basadas en un enfoque de género y derechos sexuales y reproductivos se comienzan a gestar en el país a inicios del año 1996. Se amplían hacia el año 2000 y adquieren rango de ley en el año 2008 con la promulgación de la ley sobre la Defensa al Derecho a la Salud Sexual y Reproductiva (Ley N° 18.426). Un hito relevante en este campo es la aprobación, en 2012, de la ley sobre Interrupción Voluntaria del Embarazo - IVE (Ley N° 18.987), lo que significó un paso también muy importante y colocó al país como uno de los pocos de Latinoamérica en haber reconocido el derecho de las mujeres a abortar.

Finalmente, un aspecto que ha ingresado en la agenda pública es lo relacionado con el papel de las mujeres en el cuidado de las personas dependientes, sus efectos en la salud y el bienestar de las mujeres, la sobrecarga laboral y emocional que implica.

#### **11.1.4 La educación y las mujeres**

La educación uruguaya es una de las más avanzadas de la región, que es considerada como un derecho y no un producto de mercado (OPP, 2016). Se considera la educación como el agente más importante en la formación de una ciudadanía saludable, responsable, tolerante y con conciencia social. Se rige por principios como la libertad de pensamiento, de enseñanza, de cátedra, laicidad, obligatoriedad, gratuidad y principio de autonomía de la enseñanza con respecto del Poder Ejecutivo (ver Ley N° 18.437).

**Tabla 27 Porcentaje de establecimientos y estudiantes de educación primaria común, según tipo de administración**

Establecimientos	Porcentajes
Establecimientos públicos	85%
Establecimientos privados	15%
Estudiantes	
Estudiantes públicos	83%
Estudiantes privados	17%

Fuente: Elaboración propia en base a Tendencias en la educación de varones y mujeres en Uruguay (OPP, 2016).

En relación a la situación de educación de hombres y mujeres, los diagnósticos señalan que los últimos años presentan una tendencia de aumento de los años educativos de varones y mujeres al mismo tiempo que un incremento de la brecha de género a favor de las mujeres, fundamentalmente por la incorporación masiva de las mujeres a los estudios universitarios. Las mujeres obtienen mayores logros educativos en todos los niveles educativos (primaria, secundaria y estudios superiores) en cuanto a culminación de ciclos educativos, asistencia a establecimientos, rezago y repetición de forma independiente al quintil de ingresos. El desempeño educativo es similar en matemáticas y ciencias básicas para ambos sexos en la educación media, pero con mejores desempeños de lectura en las mujeres (OPP, 2016).

La matrícula universitaria presenta una tendencia hacia la feminización – de 41% en 1960 a 64% en 2014 – así como los egresos de las carreras, logrando las mujeres mayor culminación de los estudios superiores. Sin embargo, se ha mantenido un gran nivel de segregación por sexo expresado en una mayor elección de las mujeres de carreras humanísticas y de carreras artísticas y un predominio de los varones en ciencias básicas, tecnologías y matemáticas (OPP, 2016).

### 11.1.5 El trabajo y las mujeres

La participación de las mujeres en el mercado laboral se expande fuertemente en los años 90 por efecto de cambios sociales, culturales y económicos. Entre los cambios más significativos se mencionan: la reconversión de sectores más masculinizados, una tendencia al aumento del sector servicios, una mayor incorporación de tecnología lo cual habilita una mayor inserción femenina al trabajo remunerado, y cambios en las pautas culturales respecto al rol de las mujeres, de madres y cuidadoras a ser también proveedoras de ingresos.

La tasa de actividad en 2018 de las mujeres es de un 54,9% y la de los hombres es de un 70,7%, mientras que la tasa de desempleo es mayor en las mujeres que la de los hombres, algo más que dos puntos porcentuales, 10,1% y 6,9% respectivamente. Sin embargo, como en la mayoría de los países del mundo, las mujeres asumen la mayor parte del trabajo reproductivo que incluye el trabajo doméstico y de cuidados no remunerados en el hogar, lo que limita sus opciones de trabajo remunerado.

Desde el año 2003, estuvo en la agenda política y en los programas de gobierno el tema de los cuidados como problema público. En el año 2010, para responder al problema de cuidado el Poder Ejecutivo crea un grupo interministerial para diseñar un sistema integrado de cuidados. En 2015, se crea mediante una ley el Sistema Nacional de Cuidados del Uruguay (Ley N° 19.353) que se ha constituido en un referente para la región, algunos de los objetivos en relación al género son:

- Promover la participación articulada y coordinada de prestadores de servicios y prestaciones de cuidados, públicos y privados.
- Profesionalizar las tareas de cuidados a través de la promoción de la formación y capacitación de las personas que presten servicios de cuidados, incentivando su desarrollo profesional continuo, el trabajo en equipos interdisciplinarios, la investigación científica, fomentando la participación activa de trabajadores y personas en situación de dependencia.
- Propiciar el cambio de la actual división sexual del trabajo, integrando el concepto de corresponsabilidad de género y generacional como principio orientador.
- Impulsar la descentralización territorial, buscando contemplar las necesidades específicas de cada comunidad y territorio, estableciendo acuerdos y acciones conjuntas con los Gobiernos Departamentales y Municipales cuando correspondiere.

Diversos análisis concluyen que las brechas persisten a pesar de la importante mejora en la participación laboral y el nivel educativo de las mujeres (CIEDUR y PIT-CNT, 2017). Entre las principales brechas se mencionan:

- La división sexual del trabajo que se acentúa entre hombres y mujeres que viven en pareja en el interior del país y en los hogares de menores ingresos.
- Mayor dificultad para insertarse en el mercado de trabajo en el caso de mujeres jóvenes, pobres y del interior del país.
- **Se mantiene la segregación ocupacional.** Las mujeres ocupadas se concentran principalmente en los siguientes sectores de actividad: comercio (17,6%), salud (14,3%), servicio doméstico en hogares privados (13,7%) y educación (10,7%). Las ramas de actividad más feminizadas son el servicio doméstico (90% mujeres), servicios sociales y de salud (76% mujeres) y enseñanza (75% mujeres). Las más masculinizadas corresponden a construcción (95% hombres), actividades agropecuarias y explotación

de minas y canteras (82% hombres) y transporte y comunicaciones (80% hombres) (INE, 2018).

- **Subempleo e informalidad algo mayor para las mujeres.** El empleo fuera del sector formal de las mujeres es de un 29,3% (incluye a las personas no cubiertas por la legislación laboral y que laboran en los hogares). En los hombres es de un 24,5% (ILOSTAT, 2018).
- **Se mantiene la brecha salarial en el sector privado.** A pesar de su reducción en los últimos años, es de 16 puntos porcentuales para las trabajadoras y trabajadores no dependientes, 12 puntos porcentuales para las asalariadas y asalariados privados y en los salarios públicos en general, verifican una brecha favorable a las mujeres.
- **Jornadas laborales más acotadas, pero carga global de trabajo mayor para las mujeres.** La carga semanal de trabajo remunerado de las mujeres ocupadas es, en promedio, 7 horas menor que la de los hombres. Sin embargo, estas tienen una carga global de trabajo que supera a la de los hombres en 12 horas, por su mayor dedicación al trabajo no remunerado (trabajo reproductivo), doméstico y de cuidados (INE, 2007, 2013).

Otro aspecto a destacar es la importancia del sindicalismo que, en 1986 comienza a reorganizarse en un país con una tradición social y democrática, en la que el sindicalismo siempre ha tenido un lugar en el sistema político. En relación a la tasa de sindicalización, en Uruguay no existe una institución oficial que construya dicho indicador, sin embargo, una estimación habla de un valor en torno al 40% que, junto a Argentina, es de los más altos de la región.

La única central sindical, PIT - CNT (Plenario Intersindical de Trabajadores - Convención Nacional de Trabajadores), participa activamente en la vida política especialmente durante los gobiernos del Frente Amplio, período en que aumentó sustancialmente la capacidad de interlocución de los sindicatos frente a los empresarios y el Estado. Entre otros, se destaca especialmente la reactivación de los Consejos Salariales y la ampliación de los derechos colectivos, acompañados de una mayor autonomía para sindicatos y empresarios. Las transformaciones abarcaron por primera vez también sectores que tradicionalmente habían quedado al margen del enfoque sindical, como son los trabajadores del campo y las empleadas domésticas.

A pesar del rol del sindicalismo en el sistema político del Uruguay, llama la atención la escasa presencia de mujeres en la central como en los sindicatos afiliados, lo que es visto como el mayor déficit del sindicalismo uruguayo. Las mujeres conforman casi la mitad de la PEA<sup>14</sup> y ha habido un aumento de la tasa de ocupación, sin embargo, ello no se ve reflejado en las estructuras sindicales. En el 2003, la presencia de mujeres en las instancias de decisión del PIT-CNT durante el periodo 2001-2003 se limitó a un 15% en el Secretariado Ejecutivo y 9% en la Mesa Representativa. Para superar este desfase, se votó en el 2003 por una cuota mínima de 30% por género, pero la decisión congresal cayó en el olvido (Wachendorfer, A. y Padrón, A., 2017). En 2017, el Secretariado del PIT-CNT estaba compuesto por 18 hombres y ninguna mujer y en la Mesa Representativa de los 44 titulares, actualmente 9 son mujeres.

---

<sup>14</sup> PEA: Población Económicamente Activa

### 11.1.6 Compromisos Internacionales de Uruguay en materia de género

Los compromisos suscritos se enmarcan en una perspectiva de derechos humanos. En este sentido, se reconocen como derechos humanos aquellos atributos inherentes a las personas por el mero hecho de serlo, dado que resultan indispensables para vivir con dignidad. Los derechos humanos son universales e involucran al conjunto del sistema político, económico y cultural; son irrenunciables, integrales, interdependientes e indivisibles, ya que se relacionan unos con otros conformando un sistema; y son jurídicamente exigibles, al estar reconocidos por los Estados en la legislación internacional y nacional (García, S., 2004).

Los derechos humanos, en tanto sistema complejo e inacabado que recoge las expectativas de igualdad y justicia de las sociedades, en sus distintos momentos históricos, incluyen los derechos civiles, políticos, económicos, sociales, culturales, ambientales y los derechos de los pueblos en el sentido más amplio. Desde la dimensión de igualdad de género se prioriza: el derecho a una vida libre de violencia para las mujeres y las niñas; el derecho al acceso a una educación y cultura sin estereotipos de género; el derecho a una vida saludable; los derechos sexuales y reproductivos; los derechos a mejores oportunidades de desarrollo en el mundo del trabajo productivo y empresarial; el derecho a la tierra y recursos productivos; al empleo de calidad y al desarrollo de capacidades laborales; el derecho a los cuidados y a la protección y seguridad social; a la participación paritaria en todos los ámbitos de la vida política, económica y social; entre otros.

**Tabla 28 Convenios, tratados, convenciones y declaraciones ratificados por Uruguay**

<p><b>DE LOS DERECHOS HUMANOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Convención Americana sobre Derechos Humanos (1969)</li><li>• Convención Interamericana para Prevenir, Sancionar y Erradicar la Violencia contra la Mujer («Convención de Belém do Pará») (1994)</li><li>• Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (1979)</li><li>• Convención sobre Derechos Políticos de la Mujer (1953)</li><li>• Declaración Universal de Derechos Humanos (1948)</li><li>• Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (1966)</li><li>• Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1966)</li><li>• Protocolo Facultativo a la Convención Americana de Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1988)</li><li>• Protocolo Facultativo de la Convención sobre la Eliminación de Todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (1999)</li></ul> <p><b>OFICINA INTERNACIONAL del TRABAJO (OIT) CONVENIOS INTERNACIONALES SOBRE IGUALDAD DE GÉNERO EN EL MUNDO DEL TRABAJO</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• C111 Discriminación en el empleo y ocupación (1958)</li><li>• C100 Igualdad de remuneraciones (1951)</li><li>• C103 Protección a la maternidad (1952)</li><li>• C156 Trabajadores con responsabilidades familiares (1981)</li><li>• C189 Trabajo doméstico (2011)</li><li>• C190 Violencia y acoso (2019)</li></ul>
<p><b>OTROS COMPROMISOS INTERNACIONALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Agenda Regional de Género (CEPAL)</li><li>• Agenda 2030 (ONU)</li><li>• Convención Internacional para la Eliminación de Todas las formas de Discriminación hacia la Mujer (CEDAW). Recomendaciones que emitió para el Estado uruguayo su Comité de Seguimiento (2016)</li><li>• Convención Internacional sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Racial (CERD), y las recomendaciones emitidas para el Estado uruguayo por su Comité de Seguimiento (2017)</li><li>• Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (DESC) y las recomendaciones a Uruguay emanadas de su Comité (2017)</li><li>• Estrategia de Montevideo para la Implementación de la Agenda Regional de Género en el Marco del Desarrollo Sostenible hacia 2030</li><li>• «Conclusiones convenidas» aprobadas por la Comisión sobre la Condición Jurídica y Social de la Mujer (CSW) en su sexagésimo primer período de sesiones (2017) sobre el empoderamiento de las mujeres en el cambiante mundo del</li></ul>

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

trabajo

- Agenda Regional de Género en el marco del Desarrollo Sostenible hacia 2030: constituida a partir de los compromisos asumidos por los países a través de los diversos consensos emanados de las diversas Conferencias Regionales de América Latina y el Caribe (CEPAL), la Convención Interamericana sobre la Protección de los Derechos Humanos de las Personas Mayores, aprobada en la Organización de Estados Americanos (OEA) en 2015 y la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y su Protocolo Facultativo, aprobados en 2016 por las Naciones Unidas

Fuente: Elaboración propia en base al Consejo Nacional de Género (2019)

## 11.2 La inclusión del género en el Estado y las políticas públicas

Bajo la dictadura (1973-1984), el movimiento feminista y de mujeres en Uruguay constituyó una fuerza anti - dictatorial importante. La recuperación de la democracia en 1985 fortaleció el campo político a favor de la igualdad de género integrado por actores procedentes de distintos espacios: sociales, académicos, políticos y aun estatales. Al mismo tiempo, las conferencias y cumbres globales convocadas a partir de los años 90 a las que asistieron gobiernos de países de las distintas regiones y organizaciones de la sociedad civil y política, abrieron espacios al debate transnacional en torno a una agenda común de género de la cual se hizo parte el movimiento feminista y otros actores del campo político mencionado. A lo largo de estos años, los movimientos feministas y de mujeres han ido aportado sustantivamente a la incorporación de temas de la desigualdad en las agendas públicas e institucionales, en plantear alternativas a los paradigmas de acción del Estado y en propuestas de nuevas políticas públicas que integren como objetivo la igualdad de género y autonomía de las mujeres.

El gobierno del Frente Amplio en 2005 reconoció, junto a las desigualdades sociales históricamente consideradas, las de género, de etnia y raza, generacionales y territoriales. Por otro lado, la implementación de políticas de inclusión social contribuyó a esclarecer los problemas de desigualdad de género, al ser las mujeres más numerosas en los sectores excluidos. Por otra parte, por primera vez se nombra un número significativo de ministras en el gabinete, en las carteras de Defensa, Interior, Educación y Cultura, Salud Pública y Desarrollo Social.

### 11.2.1 El comienzo de la arquitectura de género

En el año 2005 se crea el Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES) en la órbita del Ministerio de Desarrollo Social con la responsabilidad de definir las líneas estratégicas de las políticas públicas de género (Consejo Nacional de Género, 2019). En el año 2007, mediante la ley de Igualdad de Derechos y Oportunidades entre Hombres y Mujeres (Ley N° 18.104), se conforma el Consejo Nacional de Género. Este Consejo es un espacio interinstitucional integrado por responsables jerárquicos de los ministerios y otros organismos del Estado y por representantes de la Universidad de la República y de la sociedad civil organizada.

La mencionada ley mandata la elaboración de un Plan Nacional de Igualdad de Oportunidades y Derechos que dé cumplimiento a los compromisos contraídos por el país en los instrumentos ratificados o firmados en el ámbito internacional de las Naciones Unidas, Organización de los Estados Americanos y Mercado Común del Sur, relativos a la no discriminación de las personas por razones de género. La ley obliga al Estado a adoptar las medidas necesarias para asegurar el diseño, la elaboración, ejecución y seguimiento de políticas públicas que integren la perspectiva de género, así como también a rendir cuentas anuales sobre las acciones realizadas en este campo.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

El INMUJERES, que está a cargo de la dirección del Consejo, promueve y fortalece una trama de mecanismos institucionales al interior del Ejecutivo a nivel nacional y territorial encargados de la transversalización de género en las políticas de los distintos sectores. Ellos son los responsables de difundir, de asesorar y de promover la ejecución del Primer Plan Nacional de Igualdad de Oportunidades y Derecho (PIODNA).

En breve la estrategia de transversalización de género se sustenta en las siguientes líneas de acción:

- Creación de nuevas instancias que visibilicen y enriquezcan los contenidos de la desigualdad en sus distintas expresiones en el ámbito de las responsabilidades ministeriales.
- La producción de normas, guías, protocolos de atención para orientar la acción de los funcionarios/as que implementan las políticas en cuestión, definir patrones de acción, facilitar la planificación, monitoreo, evaluación y la rendición de cuentas. Las normas constituyen un esfuerzo consciente para contrarrestar la inercia de la acción pública, de las normas informales de la cultura institucional, de los procedimientos y de las rutinas.
- Actividades de sensibilización y capacitación dentro y fuera del Estado; producción de información y de conocimientos que profundiza la comprensión sobre la complejidad con que operan los sistemas de desigualdades de género, construyen nuevos sentidos comunes y corrientes de pensamientos en torno a algunas problemáticas.
- Finalmente, una última línea se refiere a la adecuación de los servicios a las distintas experiencias y necesidades de usuarios y usuarias.

## 11.2.2 La institucionalidad de género en la actualidad

La aprobación de la ley sobre Igualdad de Derechos y No Discriminación entre Mujeres y Varones de diciembre 2019 (N° 19.846), promovida por el Consejo Nacional de Género<sup>15</sup> e INMUJERES, consolida la experiencia adquirida en los procesos de transversalización del género a partir de la anterior ley de 2007, Igualdad de Derechos y Oportunidades entre Hombres y Mujeres (Ley N° 18.104), enriquece los principios y los objetivos de acción para incluir la igualdad de género en las políticas públicas y plantea alternativas para superar las deficiencias identificadas relativas, entre otras, a la heterogeneidad que revestían los distintos mecanismos de género en cuanto a posiciones jerárquicas en el sector, niveles de decisión, atribución de funciones y recursos humanos y económicos asignados (montos, horas, personal).

La nueva ley define la existencia de un Sistema Nacional de Género del cual forman parte el INMUJERES y del Consejo Nacional de Género y las Unidades Especializadas de Género.

El Sistema Nacional de Género está integrado por el conjunto articulado de organismos e instituciones que tienen como finalidad garantizar la igualdad de género. Todos los organismos del Estado deben coordinar sus acciones para la Igualdad de Género para garantizar el cumplimiento de los objetivos de la nueva ley sobre Igualdad de Derechos y No Discriminación entre Mujeres y Varones.

---

<sup>15</sup> El Consejo está integrado por representantes de los Ministerios, del Poder Judicial, del Congreso de Intendentes y de otras instituciones públicas y por representantes de organizaciones de la sociedad civil, como ser de mujeres rurales y feministas, entre otras.

**Figura 51 Principios y orientaciones del Sistema Nacional de Género**

**1. Principios**

Prioridad de los Derechos Humanos; Integralidad; Inclusión; Participación Ciudadana; Transparencia y Rendición de cuentas.

**2. Orientaciones**

- Modificar los patrones socioculturales, creencias sobre los roles de varones y mujeres que generan prejuicios y prácticas que hacen natural la subordinación de las mujeres, tanto en el ámbito público como en el privado.
- Fortalecer la autonomía económica de las mujeres, a través del acceso y control de la tierra y a otros bienes, a recursos productivos, financieros y a asistencia técnica, promoviendo mecanismos que garanticen su participación igualitaria en las actividades económicas.
- Reforzar la prevención y el combate de la discriminación hacia las mujeres afrodescendientes, rurales o en situación de discapacidad; se adoptarán medidas temporales para mejorar su acceso a la educación, la salud, el trabajo, la vivienda y la justicia.
- Acceso a una educación libre de discriminación basada en género en todas las etapas del ciclo educativo.
- Acceso integral y con equidad a los servicios de salud, con énfasis en salud sexual y reproductiva, a lo largo de toda la vida, en el marco del Sistema Nacional Integrado de Salud.
- Reparto equitativo y corresponsable entre mujeres y varones del trabajo productivo y del doméstico.
- Participación equitativa de mujeres y varones en los cargos de responsabilidad y toma de decisiones en los ámbitos político, social, económico y cultural.
- Prevención, atención, investigación y sanción de la violencia basada en género hacia las mujeres a lo largo de toda su vida y la reparación de los daños producidos.
- Acceso a cuidados de calidad en un marco de corresponsabilidad social y no discriminación por condiciones socio-económicas o territoriales, al amparo de lo establecido en la Ley sobre el Sistema Nacional Integrado de Cuidados.
- Reparto equitativo y corresponsable entre mujeres y varones del trabajo productivo

Fuente: Elaboración propia en base a la Ley sobre Igualdad de Derechos y No Discriminación entre Mujeres y Varones (2019)

La nueva ley sobre Igualdad de Derechos y No Discriminación entre Mujeres y Varones asigna al Instituto Nacional de las Mujeres como órgano rector de la política nacional de igualdad de género.

**Figura 52 Cometidos del Instituto Nacional de las Mujeres**

- Promover que los organismos adopten medidas para la aplicación del principio de igualdad y no discriminación por razones de género.
- Definir la Política Pública Nacional para la Igualdad de Género y proponer normas que la favorezcan.
- Impulsar la integración del principio de igualdad y no discriminación en base al género en las políticas públicas de todos los organismos.
- Elaborar planes y herramientas para cumplir con la política nacional de igualdad de género y con los instrumentos internacionales firmados por el país.
- Dar seguimiento a la política nacional de género y la ejecución de los planes, en coordinación con los organismos especializados.
- Rendir cuentas todos los años a la Asamblea General sobre los avances en la ejecución de las políticas de igualdad de género.

Fuente: Elaboración propia en base a la Ley sobre Igualdad de Derechos y No Discriminación entre Mujeres y Varones (2019)

La nueva ley establece que el Consejo Nacional de Género es un organismo interinstitucional para la definición de prioridades, el asesoramiento, apoyo, articulación y coordinación de las políticas públicas en materia de género.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

**Figura 53 Funciones del Consejo Nacional de Género**

- Definir prioridades, asesorar, apoyar, articular y coordinar las políticas públicas en materia de género.
- Vigilar el cumplimiento de la Política Pública Nacional de Igualdad de Género y contribuir a coordinar las distintas acciones, políticas y programas.
- Proponer los cambios normativos necesarios para integrar los principios de igualdad y no discriminación por género.
- Informar, difundir y rendir cuentas de las acciones implementadas por el Consejo.

Fuente: Elaboración propia en base a la ley sobre Igualdad de Derechos y No Discriminación entre Mujeres y Varones (2019)

Las Unidades Especializadas en Género se instalan en todos los organismos públicos, con el objetivo de favorecer la aplicación de los derechos y principios establecidos en la ley.

**Figura 54 Competencias de las Unidades Especializadas en Género**

- Asesorar al Organismo al que pertenecen para transversalizar la perspectiva de género en la planificación, en la gestión humana, en el cumplimiento de sus funciones y en el presupuesto.
- Dar seguimiento y evaluar el cumplimiento en el Organismo de la Política Pública Nacional de Igualdad de Género, así como de las políticas y planes intrainstitucionales para la igualdad de género.
- (c) Participar en las redes interinstitucionales a nivel nacional e internacional.
- Elaborar informes que generen insumos para las instancias de rendición de cuentas sobre la implementación de las políticas de igualdad de género que desarrolla el Organismo del cual dependen.
- Elaborar estudios con la finalidad de promover la igualdad de género en las áreas de actividad del Organismo.
- Proponer y coordinar capacitaciones en la temática para el personal del Organismo.
- Dar visibilidad a la política de igualdad y desarrollar estrategias de comunicación a esos efectos.

Fuente: Elaboración propia en base a la ley sobre Igualdad de Derechos y No Discriminación entre Mujeres y Varones (2019)

El Instituto de la Mujer y el Consejo Nacional de Género elaboraron en forma participativa una Estrategia Nacional para la igualdad de género al 2030. Esta estrategia se enmarca en la defensa de los humanos y cristaliza en sus propuestas los avances conceptuales y políticos nacionales e internacionales relativos a la igualdad de género.

Esta estrategia permitirá dar orientación a los planes específicos de los diferentes grupos de trabajo del Consejo Nacional de Género, así como acordar los pilares sustantivos para la transversalidad de la política de igualdad con participación ciudadana y de las diversas organizaciones sociales. Por otro lado, los datos y estudios prospectivos específicos revelan los desafíos que se debe asumir para superar las barreras sociales, económicas, políticas y culturales y transformar la realidad actual en un futuro donde cada ciudadano y ciudadana pueda ejercer efectivamente sus derechos y responsabilidades sociales (Consejo Nacional de Género, 2019).

Vemos entonces que al año 2020 el Estado de Uruguay cuenta con una arquitectura de género consolidada que sustenta el Sistema Nacional de Género cuyos ejes son, como veíamos, el INMUJERES como organismo rector, el Consejo Nacional de Género y las Unidades de Género.

Adicionalmente a la arquitectura de género, las estrategias políticas adoptadas en noviembre de 2019 sobre igualdad de género, los siguientes partidos políticos de Uruguay -Partido Nacional, Partido Colorado, Cabildo Abierto, Partido de la Gente- elaboran consensuadamente

una suerte de agenda de género compartida que denominan como “Compromisos por las mujeres”. La Figura 55 **Error! Reference source not found.** busca mostrar gráficamente la actual arquitectura de género en el Uruguay.

Figura 55 Arquitectura de género en Uruguay



Fuente: Elaboración propia en base a Consejo Nacional de Género (2019).

## 11.3 El sector energético y las mujeres

### 11.3.1 Aspectos generales

En los últimos años se registraron cambios importantes en la matriz primaria, debidos fundamentalmente a la diversificación y a una mayor participación de las fuentes de energía renovables (MIEM, 2019).

El sector energético está integrado por 10.491 personas, siendo un sector muy masculinizado dado que casi tres cuartos de los trabajadores son hombres (7.686) y una de cada cuatro trabajadoras son mujeres (2.805) (MVOTMA, 2019). Mientras que, en el sector de suministro de electricidad y gas, las mujeres ocupadas son el 0,3% y los hombres el 0,4%; y en el suministro de agua, las mujeres el 0,4% y los hombres el 1% (INE, 2019).

La composición etaria el 56,2% de las personas tiene entre 25 y 49 años y el 43,8% son mayores de 50 años. En el caso de las mujeres, el 56,8% (1.594 mujeres) se encuentra en etapa reproductiva (hasta 49 años). Y los trabajadores mayores de 50 años, un 31% son varones y un 69% mujeres. La categoría ocupacional de los asalariados/as es la principal; el 98,4% pertenece a dicha categoría, tanto del sector público como privado. El asalariado privado representa el 28,4%, mientras el público representa el 70%. El resto corresponde a las categorías “cuenta propia con local o inversión” (el 100% de estos casos corresponde a varones) o “programa

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

social de empleo” (la relación que se observa es de dos mujeres por cada varón) (ver Tabla 29 **Error! Reference source not found.**).

“Las mujeres se encuentran más representadas en las franjas de remuneración de menores ingresos; su participación va disminuyendo progresivamente a medida que aumenta la remuneración, hasta llegar a desaparecer en la franja de ingreso más alto” (MVOTMA, 2019)

Tabla 29 Mujeres en el sector energético

SECTOR ENERGÉTICO	MUJERES	HOMBRES	TOTAL
Edad			
• entre 25 y 49 años	56,8%	43,2%	56,2%
• mayores de 50 años	69,0%	31,0%	43,8%
Categoría ocupacional			
• Asalariado/a			98,4%
• Cuenta propia o programa social de empleo			1,6%

Fuente: Elaboración propia, en base a Tercer Informe Bienal de Actualización, Uruguay. MVOTMA. (2019).

### 11.3.2 La transversalización de género en las políticas de cambio climático

El compromiso con los marcos jurídicos internacionales de respeto a los derechos humanos, incluyendo la igualdad y autonomía de género, la preservación del medio ambiente y las políticas de adaptación y mitigación al cambio climático, favoreció que los ministerios responsables del cambio climático y la energía empezaran a incluir en sus políticas los principios la igualdad de género, avanzaran en promover cambios normativos a favor de la igualdad de género e implementaran programas específicos para beneficiar a grupos de mujeres<sup>16</sup>.

El Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) reconoce que “el cambio climático es un problema de toda la humanidad y que, al adoptar medidas para hacerle frente, las Partes deberían respetar, promover y tener en cuenta sus respectivas obligaciones relativas a los derechos humanos, el derecho a la salud, los derechos de los pueblos indígenas, las comunidades locales, los migrantes, las niñas y niños, las personas en situación de discapacidad y las personas en situaciones vulnerables y el derecho al desarrollo, así como la igualdad de género, el empoderamiento de la mujer y la equidad intergeneracional”.

Por su parte el Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés) reconoció que la *vulnerabilidad social* al cambio climático es de carácter multidimensional y producto de factores no climáticos. Significa que hay poblaciones más vulnerables, con riesgos diferenciados creados por la intersección de desigualdades económicas, sociales, culturales, étnicas, transversalizadas por desigualdades de género que afectan fundamentalmente a las mujeres (IPCC, 2014).

Desde el ámbito de la convención se ha avanzado en esta integración, marcando un hito la adopción de un Plan de Acción en Género (PAG 2017-2019) por parte de la 20ª Conferencia de

<sup>16</sup> Los compromisos Internacionales del Estado Uruguayo en materia de cambio climático son: Acuerdo de Escazú de prevención y penalización de agresiones ambientales, ratificado en 2019. Acuerdo de París [De la Convención Marco sobre el Cambio Climático], ratificado en 2016. Protocolo de Kyoto [De la Convención Marco sobre el Cambio Climático], ratificado en 2001. Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, ratificado en 1994.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

las Partes en Lima en 2014 que promueve reforzar las cuestiones de género en todas las actividades relativas a la adaptación, la mitigación y los medios de aplicación conexos de los países miembros (la financiación, el desarrollo y la transferencia de tecnología y el fomento de la capacidad) (Decisión 21/CP.22, CMNUCC).

Ya en el año 2009, previo al Acuerdo de París se creó en Uruguay por Decreto del Poder Ejecutivo número 238/09 del 20 de mayo de 2009 el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y variabilidad (SNRCC), que coordina las políticas, los planes y las acciones nacionales sobre el cambio climático. En este marco interinstitucional, la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC, 2016) constituye un documento estratégico con un horizonte temporal al año 2050, con medidas previstas para el corto, mediano y largo plazo, que guía las acciones de adaptación y mitigación del país ante el desafío del cambio climático.

En el año 2016, en el marco del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, Uruguay diseñó la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) (SNRCC, 2019).

La PNCC cuenta con el involucramiento de diversos Ministerios del país, sin embargo, considerando los fines de la presente asistencia técnica y los roles que ejecuta el Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), son estos dos Ministerios los considerados como principales.

Adicionalmente, dada la reciente separación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) se consideran las funciones trascendentales del antiguo ministerio, hoy Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, para el desarrollo de la asistencia técnica.

“El MVOTMA como instrumento del Estado y del Poder Ejecutivo, con su capacidad técnica y presupuestal, busca atender los desequilibrios sociales y económicos a través de la dotación de viviendas, de un hábitat digno, y hacer realidad el derecho de todos a la ciudad, atendiendo el ordenamiento territorial y al derecho humano al agua de calidad y al saneamiento, así como el derecho a vivir en un ambiente sano y sostenible respetando la naturaleza. En este marco de acción se integraron a la gestión ministerial temas transversales tan fundamentales como el respeto a los derechos humanos, las políticas de género y el respeto a las ideas y valores culturales y democráticos” (MVOTMA, 2020).

Este ministerio, además, se ha comprometido con la “desnaturalización” de las desigualdades de género y con políticas contra la violencia de la mujer a través de campañas, programas de capacitación a nivel nacional y departamental y la instalación de alternativas habitacionales para mujeres en proceso de salida de violencia doméstica de género, trata de personas o explotación sexual. Al mismo tiempo, promovió una nueva ley de cotitularidad de viviendas cooperativas (modificación de la Ley 18.407 de cooperativas propuesta por el Ministerio, (artículos 119 y 141) que contemplan la titularidad compartida de las unidades en el marco de una cooperativa de vivienda y permanencia en la vivienda de la persona que es víctima de violencia intrafamiliar o de violencia de género. Asimismo, ambos integrantes de la pareja deban dar su consentimiento para las grandes decisiones que tienen relación con la vivienda, que además es un elemento de uso familiar.

Las responsabilidades del Ministerio de Ambiente con las políticas del cambio climático están establecidas en los Artículos 19 y 18 de la Ley General de Protección del Medio Ambiente N°

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

17.283. La Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente lidera el funcionamiento del Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC) y la implementación de la Política Nacional de Cambio Climático comprometida por Uruguay. El SNRCC busca cumplir con las obligaciones del país con los acuerdos ambientales multilaterales sobre cambio climático y protección de la capa de ozono. Los objetivos del cambio climático comprometen las políticas públicas de varios ministerios: Ministerio de Ambiente; Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP); Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP); Secretaría Nacional de Ambiente, Agua y Cambio Climático (SNAACC). Entre los organismos invitados se cuenta: Ministerio de Defensa Nacional (MDN); Ministerio de Economía y Finanzas (MEF); Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM); Ministerio de Relaciones Exteriores (MRREE); Ministerio de Salud Pública (MSP); Ministerio de Turismo (MINTUR) y el Congreso de Intendentes. Su composición al año 2020 presenta un equilibrio de género entre sus integrantes.

A través de la agenda climática, el Ministerio de Ambiente se compromete a integrar en forma igualitaria a mujeres y hombres que, debido a distintos procesos de socialización y acceso a recursos, cuentan con habilidades, capacidades y conocimientos diferentes y complementarios. Un ejemplo es el transporte eléctrico: no solo reduce emisiones sino al ser un cambio tecnológico implica capacitación, transferencia de conocimiento, que al ser distribuida equitativamente puede disminuir la brecha de género presente en un sector masculinizado, como se mencionaba anteriormente.

La Tabla 30 **Error! Reference source not found.** muestra en una línea temporal el proceso de inclusión de la perspectiva de género en la Política Nacional de Cambio Climático.

**Tabla 30 Proceso de inclusión de género en la PNCC**

2009	Se crea el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y variabilidad (SNRCC). Decreto 238/009.
2016	Se elabora la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) que establece en su objetivo la necesidad de contribuir al desarrollo sostenible con una perspectiva de género, intergeneracional de equidad y derechos humanos, en línea con el Acuerdo de París.
2017	Se presenta la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional (CDN) de Uruguay al Acuerdo de París.
2018	Se adopta la Estrategia Nacional de Igualdad de Género 2030 (Decreto 137/18), que incorpora entre sus líneas la promoción de medidas de adaptación al cambio climático. Se crea el Grupo de Trabajo de Género y Cambio Climático en el marco del SNRCC.
2018 / 2019	Se elabora la Estrategia de Género y Cambio Climático a 2030, esta estrategia se nutre de la experiencia adquirida y orienta el proceso de implementación de la integración de género en los instrumentos principales de la política climática nacional. Está enmarcada en las medidas de mitigación y adaptación establecidas en la Primera Contribución Determinada a nivel Nacional de Igualdad de Género (Decreto 137/2018), y en relación a la Convención Marco de Naciones Unidas frente al Cambio Climático. Igualmente responde a los compromisos del país en relación al Plan de Trabajo de Lima sobre Género y su Plan de Acción en Género (Resoluciones 18/CP.20). Es por ello que la estrategia se propone categorizar las medidas de la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional según su potencial impacto sobre las desigualdades de género; promover la reducción de brechas de género en los procesos productivos y económicos que impliquen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); según su potencial impacto sobre las desigualdades de género; promover la reducción de brechas de género en los procesos productivos y económicos que impliquen emisiones de GEI.
2020	Se proyecta la generación de un Plan de Acción en Género 2020–2025 con el objetivo de transversalizar el género en la implementación de la Política Nacional de Cambio. Este plan se propone las siguientes líneas estratégicas: 1) Incorporación de acciones de género responsivas en los instrumentos de implementación de la Política Nacional de Cambio Climático, incluyendo la CNG. 2) Sistematización de las acciones de integración de género en la Primera Comunicación de Adaptación (Agropecuaria; Costero; Ciudades e Infraestructuras; Energía; y Salud). 3) Fortalecimiento de las capacidades para atender los temas de género y cambio climático en forma complementaria en los ámbitos de actuación respectivos.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

Fuente: Elaboración propia.

El Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), como integrante del Consejo Nacional de Género y en el marco de la Estrategia para la Igualdad 2030, se compromete a trabajar para eliminar la segregación educativa en las áreas de conocimiento y ampliar el acceso de las mujeres al ámbito productivo, empresarial y laboral, a la ciencia, tecnología e innovación. Objetivos que garantizan a las mujeres no ser excluidas de los avances de los desarrollos de la ciencia, tecnología e innovación.

En esta perspectiva, el año 2016 se crea la Mesa Interinstitucional de Mujeres en Ciencia, Innovación y Tecnología (MIMCIT) con el fin de fortalecer y proponer políticas públicas para el desarrollo científico, tecnológico y la innovación con enfoque de género. La mesa participa del proyecto SAGA (STEM and Gender Advancement) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Se trata de diseñar políticas y acciones para reducir las brechas de género en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM por sus siglas en inglés), para lo cual era necesario tener una mirada global sobre las brechas persistentes en la participación de varones y mujeres en estas áreas, tanto a nivel educativo como laboral, y también sobre las políticas y actividades implementadas, sus orientaciones, objetivos y poblaciones destinatarias. En base a este análisis, el informe de la mesa incluye recomendaciones de política pública, como requisito fundamental para avanzar en el proceso de desarrollo del país, con sostenibilidad e igualdad de género<sup>17</sup>.

Dentro de las actividades del MIEM destaca también el Programa Innova Mujer realizado en conjunto con la cátedra Unesco y con el instituto SARAS (Anticipación Sociocultural y Resiliencia). Este programa busca promover capacidades y competencias con equidad de género en la actividad productiva.

Finalmente, el Ministerio de Industria, Energía y Minería suscribió el año 2018 la adhesión al Modelo de Calidad con Equidad, que impulsa el Instituto Nacional de las Mujeres que dota a los ministerios de herramientas para certificar la calidad de políticas, programas y procedimientos de la cartera desde un enfoque de género y promover acciones destinadas a transversalizar el género en sus políticas y programas.

## 11.4 Conclusiones

Nos encontramos frente a una sociedad que se destaca por sus avances en la posición social de las mujeres y por los grados de institucionalización de género en el Estado y en sus políticas. Sin embargo, existen ámbitos donde las brechas de género son resistentes al cambio y, por

<sup>17</sup> Participaron de este documento los/as integrantes de la Mesa interinstitucional Mujeres en Ciencia, Innovación y Tecnología (MIMCIT), coordinada por la Asesoría en Género de la Oficina y Planeamiento y Presupuesto (OPP) e integrada por: Administración Nacional de Educación Pública (ANEP) a través del Consejo Directivo Central (CODICEN) y Consejo de Educación Técnico Profesional - Universidad del Trabajo del Uruguay (CETP-UTU); Agencia de Gobierno Electrónico y Sociedad de la Información y el Conocimiento (AGESIC); Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII); Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional de Presidencia de la República (AUCI); Cámara Uruguaya de Tecnologías de la Información (CUTI); Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE); Instituto Nacional de Estadística (INE); Instituto Nacional de las Mujeres-Ministerio de Desarrollo Social (Inmujeres -MIDES); Ministerio de Educación y Cultura (MEC); Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM); Centro Ceibal para el Apoyo a la Educación de la Niñez y la Adolescencia (Centro Ceibal); Programa de Desarrollo de Ciencias Básicas (PEDECIBA); Universidad de la República (UDELAR) a través de Facultad de Ingeniería, Comisión Sectorial de investigación Científica (CSIC), Red Temática de Género-UDELAR, Dirección General de Planeamiento (DGPLAN); Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC) y la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT)

ello, más lentas en superarse. Entre otras, la división sexual del trabajo y la redistribución del trabajo doméstico y de cuidado, la segregación por género en el mercado laboral, la representación política de las mujeres y la segregación de género a nivel de la formación técnica y profesional.

Si bien existen condiciones para integrar las necesidades energéticas de las mujeres al proyecto “Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial”, es preciso que éste se proponga identificar las necesidades energéticas particulares de las mujeres derivadas de su posición en el sistema desigual de relaciones de género y asociadas a la realización de las actividades domésticas y reproductivas, a la calidad de la vivienda y al uso del espacio urbano y el acceso a los servicios así como a las actividades asociativas y productivas en que ellas participan. Al mismo tiempo, el proyecto debe poner especial atención en la transferencia de conocimientos técnicos específicos y favorecer la participación de las mujeres en la toma de decisiones en las distintas etapas de la implementación del proyecto (diagnóstico, implementación y evaluación).

Al año 2020, antes que se declarara la pandemia, el país contaba con una arquitectura institucional, estrategias y políticas de género en los distintos ministerios, incluidos aquellos responsables de las políticas de cambio climático, que han suscrito los compromisos internacionales sobre género y cambio climático. Esto ha favorecido la incorporación de la perspectiva de género en la política y las acciones de cambio climático en los Ministerio de Ambiente y Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM). Un avance importante de estos ministerios es el propósito de abordar integralmente la situación de las mujeres lo que ha facilitado que los ministerios asociados al cambio climático propongan normativas para redistribuir recursos entre mujeres y hombres en el ámbito de la vivienda y de las cooperativas y consideren en sus políticas temas relativos a la violencia contra las mujeres y la situación de las mujeres migrantes y la trata de persona. Por otra parte, se han fortalecido las capacidades en género de sus funcionarios/as a través de capacitación y la generación de datos desagregados por sexo, así como la construcción de indicadores de género.

Sin embargo, estos logros necesitan afianzarse para ser sustentables, legitimados e institucionalizados con mayor profundidad. De acuerdo con las entrevistadas, esto exigirá producir conocimientos muy específicos sobre el impacto de las políticas de género en el cambio climático, fomentar y mejorar herramientas innovadoras que demuestren y midan la fuerza transformadora del liderazgo de las mujeres y niñas en la modificación de los patrones de consumo para la reducción de las emisiones de carbono. Se debe fortalecer el monitoreo, seguimiento y evaluación de impacto de las medidas de género y elaborar indicadores que combinen la medición de los objetivos de las políticas de género con indicadores de emisiones de gases efecto invernadero y adaptación.

## 11.5 Algunos desafíos e interrogantes

Dos hechos de distinta naturaleza pueden afectar la continuidad de la estrategia de incorporación de género en las políticas de energía y cambio climático. Por un lado, los efectos económicos socio culturales y sanitarios de la pandemia del COVID 19. Por otro lado, la llegada a la presidencia de una nueva coalición política, y de una primera vicepresidenta mujer, después de tres gobiernos del Frente Amplio, lo que puede significar algunos cambios en las prioridades otorgadas a las políticas y estrategias de género.

Las condiciones socioeconómicas y culturales y las características de las instituciones influyen en los impactos de la pandemia sobre la salud, el empleo y los ingresos, las relaciones intrafamiliares, así como en los brotes de violencia dentro de los hogares. En el caso de Uruguay, el carácter público del sistema de salud y educación y la implementación de políticas de inclusión social protegen a la ciudadanía, así como la incorporación de las desigualdades de género en los debates públicos y culturales y en las instituciones del Estado, facilitan que, en la elaboración de las políticas frente a la pandemia, se consideren sus efectos en las mujeres y en las relaciones de género.

Las medidas para contener la pandemia tienen graves consecuencias de corto, mediano y largo plazo sobre la actividad económica y el bienestar y en la superación de las desigualdades que estructuran los países. El aislamiento y la distancia social, la reducción de la movilidad y el cierre de colegios, el cuidado de enfermos, tienen consecuencias económicas diferentes para los hogares y entre hombres y mujeres, las cuales ven intensificado el trabajo reproductivo. En estas condiciones las mujeres son más vulnerables a la violencia de género. Los hogares más pobres tienen una escasa o nula capacidad de ahorro, bajo nivel de acumulación de activos, condiciones de informalidad en el empleo, poca capacidad de trabajar en forma remota por las características de las ocupaciones que desempeñan y no tienen acceso al crédito (Leites, Perazzo y Reyes 2020). Las mujeres debido a la segregación sexual del mercado laboral han perdido sus fuentes de empleo en mayor medida que los hombres<sup>18</sup>. En el estudio realizado por Espino y de los Santos, en el contexto de ONU Mujeres se señala basándose en otro estudio que por lo menos 59% de los y las trabajadoras uruguayas se desempeñan en ocupaciones que son incompatibles con la relación entre el teletrabajo y el trabajo mediante TIC o tecnologías móviles (T/TICM) (ONU, 2020). Finalmente, los emprendimientos de las mujeres tienen menor antigüedad, y cuentan con menor acceso a financiamiento externo por falta de garantías.

Las políticas adoptadas por el gobierno han tendido a contrarrestar los efectos de las políticas sanitarias con medidas tales como: diferimiento de impuestos y la posibilidad de pagarlo en cuotas sin intereses, aplazamiento del pago de los aportes patronales para mono tributistas, subsidio por desempleo, créditos entre otras.

Sin embargo, las diferencias entre las situaciones de mujeres y hombres aconsejan incluir la perspectiva de género en la elaboración y evaluación de las políticas implementadas para contrarrestar los efectos económicos en el bienestar. Se requiere igualmente fortalecer políticas específicas de salud y fortalecer los servicios de prevención y asistencia a la violencia.

Como se afirma en el documento de la ONU ya citado, el desafío es doble: proteger las conquistas en materia de igualdad de género alcanzadas en las últimas décadas, y continuar superando los obstáculos que todavía se interponen para avanzar.

---

<sup>18</sup> Las mujeres se encuentran sobrerrepresentadas en el sector de los Servicios sociales y la salud humana (76% de los ocupados son mujeres) y la Educación (74% son mujeres), ambos de potencial bajo impacto ante la crisis. Está marcada sobrerrepresentación se relaciona con un menor riesgo percibido para las mujeres en términos de pérdidas de empleo o reducción de horas de trabajo en el corto plazo: 42% de las mujeres ocupadas se desempeña en estos sectores vs. 16% de los hombres ocupados. A pesar de esto, una proporción muy similar de mujeres y de hombres en términos agregados, se ocupa en aquellos sectores donde la crisis tendrá un nivel alto de impacto (37-38%). Los hombres por su parte, se encuentran sobrerrepresentados en sectores que podrían verse afectados en un nivel medio, como la producción agropecuaria, la construcción o el transporte y almacenamiento.

## 12 Referencias bibliográficas

- Andersen MS. (2017). "Co-benefits of climate mitigation: Counting statistical lives or life-years?", *Ecological Indicators*, 79(11).
- AIGUASOL. (2016). Estado de desarrollo de proyectos de bombas de calor geotérmicas instalados en Chile. Informe final. Estudio desarrollado para el Centro Nacional para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables (CIFES) y el Ministerio de Energía. Santiago, Chile
- Barbazza, C. (2006). "Análisis económico del reúso del agua termal en actividades productivas". Informe de Pasantía en la Secretaría General del Proyecto Guaraní, en el marco del Programa de Fortalecimiento Institucional. Uruguay.
- Battisti, R. (2019). Apoyo a la calefacción urbana renovable en Eslovenia [en línea]. *Solar Thermal World*. Disponible en: <https://www.solarthermalworld.org/news/support-renewable-district-heating-slovenia>
- Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T. et al. (2018) "Mapas de clasificación climática de Köppen-Geiger presentes y futuros con una resolución de 1 km". [en línea]. Disponible en: [10.1038/sdata.2018.214](https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214)
- Beretta, R. (1983). Resumen de las actividades correspondientes a los ensayos 82/83 en la Estación Experimental Agronómica Termas de Daymán. 2ª Jornadas Internacionales sobre Hidrogeología Termal, Salto, Uruguay.
- Briseño, D. Fernández. García, C. y Pérez, R. (2011). "La carga económica de la EPOC. Análisis de los costos a nivel internacional", *NCT*, 70 (2), p118-126.
- Cattin, S. (2002). *Infos- Géothermie n° 4*. Suisse énergie.
- Cernuschi, F. (2014). "Energía geotérmica: Potenciales aplicaciones para la diversificación de la matriz energética de Uruguay", *Revista SUG*, 19, p1-14.
- Chiodi, L., Filipovich E., Esteban L., Pesce H. y Stefanini A. (2020) *Geothermal Country Update of Argentina: 2015-2020*.
- COMAP (2020). Criterios de Elegibilidad de los proyectos de inversión. Tercera versión. Uruguay. [en línea]. Disponible en: [http://comap.mef.gub.uy/innovaportal/file/24971/6/criterios-de-elegibilidad-de-los-proyectos-de-inversion\\_decreto-143-018-v3-convertido.pdf](http://comap.mef.gub.uy/innovaportal/file/24971/6/criterios-de-elegibilidad-de-los-proyectos-de-inversion_decreto-143-018-v3-convertido.pdf)
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (2015). Manual acondicionamiento térmico. Criterios de intervención. Cámara Chilena de la Construcción. Chile. [en línea]. Disponible en: <https://www.cchc.cl/centro-de-informacion/publicaciones/publicaciones-manuales-tecnicos/manual-de-acondicionamiento-termico-criterios-de-intervencion>
- Corporación Regional de Desarrollo Productivo. (2017) *Energía geotérmica de baja entalpía*. Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Chile.
- Cortés, Alejandra, & Ridley, Ian. (2013). "Efectos de la combustión a leña en la calidad del aire intradomiciliario: La ciudad de Temuco como caso de estudio", *Revista INVI*, 28(78), p257-271. [en línea]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-8358201300020000>
- De Saldamando, L. (2018). Análisis del Consumo y Generación de Agua Caliente Sanitaria en el Sector Residencial Uruguayo. Tesis de magíster. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- De Souza, S., Manganelli, A., Bertolotto, J., Leys, P. y García B. (2004). "Optimización de la gestión de un complejo termal mediante el reúso del agua de rebalse". 2ª Reunión de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial del Mercosur, Montevideo, Uruguay
- Department of Energy (2011) "Guide to Geothermal Heat Pumps", Department of Energy of the United States, 2p.
- DINAMIGE. (2009). Estimación de la extracción de agua subterránea: principales acuíferos de Uruguay. Informe de Hidrogeología MIEM – DINAMIGE. Uruguay.
- Ezzati, M. y Kammen, M. (2003). "Evaluating the health benefits of transitions in household energy technologies in Kenya", *Energ Policy*, 30, p815-826.
- García, A. Martínez, I. (2012). "Estado actual de desarrollo de las Bombas de Calor Geotérmico", *Geotermia*, 25 (2), p58-68. [en línea]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/geotermia/articulo/estado-actual-de-desarrollo-de-las-bombas-de-calor-geotermico>
- Guilleminot, C. (2007). "Explotación racional de las termas". *Revista N°3 Uruguay Ciencia*.
- Hamza, V., Gomes, A., y Ferreira, L. (2005). "Status Report on Geothermal Energy Developments in Brazil". *Proceedings World Geothermal Congress 2005*.
- Hofmann, H. (16 de mayo del 2020). *Energía geotérmica en Brasil – Entrevista a Hélène Hofmann / Entrevistada por Carlos Jorquera*. *Revista Piensa Geotermia*. Disponible en: <https://www.piensageotermia.com/energia-geotermica-en-brasil-entrevista-a-helene-hofmann/>
- Instituto Nacional de Estadísticas (2020a). Encuesta Continua de Hogares. [en línea]. Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/encuesta-continua-de-hogares1>

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

- Instituto Nacional de Estadísticas (2020b). Unidad indexada. [en línea]. Disponible en: <https://www.ine.gub.uy/ui-unidad-indexada>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2014). Síntesis del Estudio: Parques de Bombas de Calor de España. España. [en línea]. Disponible en: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documento\\_s\\_Bombas-de-calor\\_FINAL\\_04ee7f42.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documento_s_Bombas-de-calor_FINAL_04ee7f42.pdf)
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, e Instituto Geológico y Minero de España. (2008). Manual de geotermia. Madrid.
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- IPCC. (2008). IPCC scoping meeting on renewable energy sources. [en línea]. Disponible en: <https://archive.ipcc.ch/pdf/supporting-material/proc-renewables-lubeck.pdf>
- Kaltschmitt, M. (2000). "Environmental effects of heat provision from geothermal energy in comparison to other sources of energy". Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu - Tohoku, Japan, 28 mayo - 10 junio 2000.
- Lund, J. y Toth, A. (2020). "Direct Utilization of Geothermal Energy 2020 Worldwide Review". In Proceedings World Geothermal Congress 2020. Reykjavik, Iceland, 26 abril - 2 mayo 2020. [en línea]. Disponible en: <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2020/01018.pdf>
- Ministerio de Energía de Chile. (2019) Estudio GIZ y Sylvae Consultores. Calderas y quemadores de biomasa para autoconsumo. Una guía para empresas e industrias. Estudio GIZ y Sylvae Consultores. Chile.
- Ministerio de Energía de Chile y GIZ. (2020). Bombas de Calor: Una Guía para el Usuario. Proyecto de Apoyo a la NAMA "Energías Renovables para Autoconsumo". Chile. [en línea]. Disponible en: <https://4echile-datastore.s3.eu-central-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/10/05150539/Gu%C3%ADa-Bombas-de-Calor.pdf>
- Ministerio de Energía de Chile, GIZ y Aiguasol. (2020). Índice de precios: Bombas de calor geotérmicas y aerotérmicas en Chile. Proyecto de Apoyo a la NAMA "Energías Renovables para Autoconsumo". Chile. [en línea]. Disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/indice-de-precios\\_bombas\\_de\\_calor\\_2020.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/indice-de-precios_bombas_de_calor_2020.pdf)
- Ministerio de Energía de Chile, GIZ y Sylvae Consultores. (2020). Uso de Biomasa para Calefacción y Agua Caliente Sanitaria. Índice de precios de calefactores, calderas y pellets comercializados en Chile, versión 2019. Proyecto de Apoyo a la NAMA "Energías Renovables para Autoconsumo". Chile. [en línea]. Disponible en: [https://energia.gob.cl/sites/default/files/biomasa\\_-\\_indice\\_de\\_precios.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/biomasa_-_indice_de_precios.pdf)
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2013). Consumo y uso de la energía en el sector comercial y servicio. Uruguay. [en línea]. Disponible en: [https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe\\_encuesta\\_comercial\\_y\\_servicios\\_datos\\_2013.pdf](https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_encuesta_comercial_y_servicios_datos_2013.pdf)
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2016). Encuesta de Consumo y Uso de la Energía en el Sector Residencial. Uruguay. [en línea]. Disponible en: [https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe\\_encuesta\\_residencial\\_2013\\_3.03.2016.pdf](https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/informe_encuesta_residencial_2013_3.03.2016.pdf)
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2018). Certificados de eficiencia energética. Programa de eficiencia energética. Uruguay. [en línea]. Disponible en: [http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/56459/CEE\\_web\\_nov16.pdf/e0cb4070-b2fa-4716-88f6-b92afe387d66](http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/56459/CEE_web_nov16.pdf/e0cb4070-b2fa-4716-88f6-b92afe387d66)
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2019a). Balance Energético Nacional del 2018. Uruguay.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2019b). Consumo de energía en la industria: Datos 2018. Uruguay. [en línea]. Disponible en: [https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/folleto\\_informe\\_ind\\_2018\\_1\\_0.pdf](https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/folleto_informe_ind_2018_1_0.pdf)
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2019c). Marco de incentivos y beneficios fiscales existentes en Uruguay para la energía solar. Programa: Energía Solar. Uruguay. [en línea]. Disponible en: <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/marco-legal/beneficios#Dec143>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2020a). Balance Energético Nacional del 2019. Uruguay.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2020b). Balance Nacional de Energía Útil del sector industrial - Datos 2016. Uruguay.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería. (sin fecha). Fuentes de energía renovable. Programa: Eficiencia energética. Uruguay. [en línea]. Disponible en: [http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/-que-es-la-energia-?p\\_p\\_auth=XMNbfW06&p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_urlTitle=fuentes-de-energia-renovables&\\_101\\_redirect=%2F-que-es-la-energia-&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_type=content&\\_101\\_assetEntryId=63094](http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/-que-es-la-energia-?p_p_auth=XMNbfW06&p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_urlTitle=fuentes-de-energia-renovables&_101_redirect=%2F-que-es-la-energia-&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_type=content&_101_assetEntryId=63094)
- Ministerio de Salud (2020). Mortalidad por Enfermedades No Transmisibles Uruguay. Diciembre 2019. Uruguay. [en línea]. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-salud-publica/comunicacion/publicaciones/mortalidad-enfermedades-transmisibles-uruguay-diciembre-2019#dropdown>
- Mínguez, A. (2015). Distintas aplicaciones de bombas de calor acopladas al terreno en la zona geotérmica de la comarca de Cartagena. Tesis de maestría. Universitat Politècnica de Cartagena. España.

## Climate Technology Centre & Network (CTCN)

### Elaboración de una hoja de ruta nacional para el uso de energía geotérmica de baja entalpía para el acondicionamiento térmico en los sectores residencial, industrial y comercial

---

- MINVU (2013). "Manual Sistemas Solares Térmicos". Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile.
- Montaño, J. & Peel, E. (2003) "Geothermalism in the Guaraní Aquifer System, Uruguay". Geothermal Resources Council Transactions, 27, p.623-627.
- Morales, et al (2020). Geothermal Gradients and Heat Flow in the Norte Basin.
- Muffler P. & Cataldi R. (1978) "Methods for regional assessment of geothermal resources", Geothermics, 7, p 53-89.
- Nevárez, A. Castro, A. García, F. Cisneros, N. (2017). "Costos médicos directos en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva Crónica en México". Value in Health Regional Issues. 14, p.9-14. [en línea]. Disponible en: 10.1016/j.vhri.2017.03.004.
- Nowak, T. (2018). Heat Pumps. Integrating technologies to decarbonise heating and cooling. European Copper Institute. [en línea]. Disponible en: [https://www.ehpa.org/fileadmin/red/03\\_Media/Publications/ehpa-white-paper-111018.pdf](https://www.ehpa.org/fileadmin/red/03_Media/Publications/ehpa-white-paper-111018.pdf)
- Oficina de Planeamiento y Presupuesto. (2019). Aportes para una estrategia de desarrollo 2050. Uruguay. ISBN: 978-9974-742-44-4. [en línea]. Disponible en: [https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Estrategia\\_Desarrollo\\_2050.pdf](https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Estrategia_Desarrollo_2050.pdf)
- Pesce, A. (2015). Argentina Country Update. World Geothermal Congress 2015 10, 24-29.
- Potencial del efluente de los parques geotermales del Sistema Acuífero Guaraní para la calefacción de invernáculos. Núm. 14 jul-dic (2017): INNOTEC
- Proyecto Guaraní. (2008). Estudio Socio-económico - Reúso Efluente Termal- Proyecto Piloto Salto Concordia-Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. GEF/Banco Mundial/OEA.
- Reus, G. (2018). Metodología de cálculo simplificado para el consumo energético en acondicionamiento de edificios residenciales en clima templado. Tesis de doctor. Universidad Nacional de la Plata en conjunto con Universidad de Sevilla. La Plata, Argentina.
- Rybach, L., 2020. "Geothermal Heat Pumps". Encyclopedia of Solid Earth Geophysics, p1-4.
- Saldivia, M (2018). "Análisis de legislación comparada sobre energía geotérmica". Reporte Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes.
- Sanner, B. (2001). Shallow Geothermal Energy. Justus-Liebig University, Giessen, Germany. [en línea]. Disponible en: <https://geothermalcommunities.eu/assets/elearning/6.2.art4.pdf>
- Self, S, Reddy, B, y Rosen, M. (2013). "Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options". Applied Energy 101, p341-348.
- SEG Ingeniería (2020a). 'Indicadores energéticos'. Reporte de Indicadores Energéticos, (143), 16 mayo. [en línea]. Disponible en: [https://www.segingeneria.com/wp-content/uploads/2020/06/Indicadores-Energ%C3%A9ticos\\_2005.pdf](https://www.segingeneria.com/wp-content/uploads/2020/06/Indicadores-Energ%C3%A9ticos_2005.pdf)
- SEG Ingeniería (2020b). 'Indicadores energéticos'. Reporte de Indicadores Energéticos, (144), 16 julio. [en línea]. Disponible en: [https://www.segingeneria.com/wp-content/uploads/2020/07/Indicadores-Energ%C3%A9ticos\\_2006-1.pdf](https://www.segingeneria.com/wp-content/uploads/2020/07/Indicadores-Energ%C3%A9ticos_2006-1.pdf)
- Silva L, Saldiva S, Saldiva P, (2012). "Dolhnikoff M. Impaired lung function in individuals chronically exposed to biomass combustion", Environ Res, 112, p111-117.
- Smith KR. (1997). "Fuel combustion, air pollution exposure and health in developing countries", Ann Rev Energ Environ, 1993(18), p29-566
- Stevens, G. (1995). "Comparative Assessment of Economics of Nuclear Power and Other Options". Paper presented to the International Symposium on Electricity, Health and the Environment: Comparative Assessment in Support of Decision Making. IAEA, Wien. 1995.
- Techera, J., Massa, E., Izquierdo, D. y Pérez, S. (2017). Mapa del Sistema Acuífero Guaraní en Uruguay. MIEM-DINAMIGE. [en línea]. Disponible en: [www.dinamige.gub.uy](http://www.dinamige.gub.uy)
- Trinidad, C. (2019). Precio al carbono en América Latina, tendencias y oportunidades. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Fundación Konrad Adenauer. [en línea]. Disponible en: ISBN: 978-612-4261-46-6
- Ulloa, P. Contreras, C. Collados, E. (2011). "Medidas costo-efectivas para reducir la contaminación del aire generada por la combustión de leña en ciudades del sur de Chile". División Políticas y Regulaciones Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. Chile
- Unidad de Apoyo al Sector Privado (2018). Matriz de indicadores. Ministerio de Economía y Finanzas. Uruguay. [en línea]. Disponible en: <http://unasep.mef.gub.uy/innovaportal/file/25035/1/p-ara-la-web-menu-promocion-de-inversiones-decreto-143-018-matriz-indicadores.pdf>
- US Department of Energy (2011). Guide to Geothermal Heat Pumps. Energy efficiency and Renewable Energy. [en línea]. Disponible en: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/guide\\_to\\_geothermal\\_heat\\_pumps.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/guide_to_geothermal_heat_pumps.pdf)
- UTE. (2020a). En cifras. Uruguay. [en línea]. Disponible en: <https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/generico/UTE%20en%20Cifras%202019%20TRIPTICO%20%20al%202020-04-16.pdf>
- UTE. (2020b). "Pliego Tarifario: tarifas eléctricas vigentes en Uruguay desde el 01/04/2020". Gerencia Análisis

Tarifario. [en línea]. Disponible en: <https://portal.ute.com.uy/sites/default/files/docs/Pliego%20Tarifario%20Vigente.pdf>

Vocale, P., Morini, GL. y Spiga, M. (2014). "Influence of Outdoor Air Conditions on the Air Source Heat Pumps

Performance", Energy Procedia, (45), p653-662. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.070>.

World Health Organization (WHO). (2014). Indoor air quality guidelines: household fuel combustion.

Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2020b). Programa Género y Energía. [en línea]. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/politicas-y-gestion/programas/programa-genero-energia>

Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2020c). Programa: Mesa Interinstitucional Mujeres en Ciencia, Innovación y Tecnología. [en línea]. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/politicas-y-gestion/programas/mesa-interinstitucional-mujeres-ciencia-innovacion-tecnologia-mimcit>

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (2019). *Tercer Informe Bienal de Actualización*. Uruguay.

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (2020). *Informe de gestión 2015-2020*. Uruguay.

Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático y variabilidad – SNRCC. (2020). Estrategia de género y cambio climático: hacia un plan de acción 2020-2025.

Oficina de Planeamiento y Presupuesto - OPP. (2016a). Diagnóstico prospectivo en brechas de género y su impacto en el desarrollo Salud en Uruguay: tendencias y retos en clave de género. [en línea]. Disponible en: [https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/Genero\\_salud.pdf](https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/Genero_salud.pdf)

Oficina de Planeamiento y Presupuesto - OPP. (2016b). Tendencias en la educación de varones y mujeres en Uruguay. [en línea]. Disponible en: [https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/Genero\\_educaci%C3%B3n.pdf](https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/Genero_educaci%C3%B3n.pdf)

Torres, S. (2019). Uruguay: Perfil económico-productivo, desafíos para la transformación social-ecológica. FES Uruguay. Análisis N° 23.

Universidad de la República (2014) Energía y género: Sistematización de experiencias latinoamericanas. [en línea]. Disponible en: [https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/energia\\_y\\_genero\\_experiencias\\_latinoamericanas.pdf](https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/energia_y_genero_experiencias_latinoamericanas.pdf)

Wachendorfer y Padrón. (2017). Uruguay: caminos hacia la construcción de poder sindical. Revista Nueva sociedad. NUSO N° octubre 2017.

## 12.1 Sección género

ATENEA, PNUD, ONU MUJERES. (2017.) Uruguay: una democracia consolidada aún muy lejos de la paridad. Diagnóstico sobre las condiciones para ejercer el derecho a la participación política de las mujeres.

Banco Mundial en Uruguay. (2019). Uruguay: panorama general. [en línea]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/country/uruguay/overview#3>

Cepal (sin fecha). Uruguay – Perfil de País. [en línea]. Disponible en: <https://oig.cepal.org/es/paises/22/profile>

CIEDUR, PIT-CNT. (2017). Mapa de Género del Mercado de Trabajo. Uruguay.

Consejo Nacional de Género. (2017). *Estrategia Nacional para la Igualdad de Género 2030*. Ministerio de Desarrollo Social: Instituto Nacional de las Mujeres, Uruguay. [en línea]. Disponible en: [https://oig.cepal.org/sites/default/files/uruguay\\_estrategia\\_nacional\\_para\\_la\\_igualdad\\_de\\_genero\\_2030.pdf](https://oig.cepal.org/sites/default/files/uruguay_estrategia_nacional_para_la_igualdad_de_genero_2030.pdf)

Consejo Nacional de Género. (2019). *Desafíos 2020 – 2025*. Ministerio de Desarrollo Social: Instituto Nacional de las Mujeres, Uruguay.

Equipo de Investigación del Instituto Cuesta Duarte - PIT – CNT. (2006). *El sector energético en Uruguay*. Estudios sectoriales. [en línea]. Disponible en: [http://www.inefop.org.uy/docs/Sector\\_energetico.pdf](http://www.inefop.org.uy/docs/Sector_energetico.pdf)

Instituto Nacional de Estadística. (2019). Anuario Estadístico Nacional. Uruguay.

Inmujeres (2017). *Estadísticas de Género*. Ministerio de desarrollo social: Sistema de Información de Género.

Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2018). Balance Energético Nacional. [en línea]. Disponible en: [www.miem.gub.uy/energia](http://www.miem.gub.uy/energia)

Ministerio de Industria, Energía y Minería. (2020a). *El enfoque de género y desarrollo social sostenible: Rendición 2015-2019*. Unidad De Desarrollo Social Y Género: Comisión De Desarrollo Social Sostenible Y Equidad De Género, Uruguay. [en línea]. Disponible en: [https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/original\\_miem\\_unidad\\_de\\_genero\\_libro\\_version\\_digital.pdf](https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/original_miem_unidad_de_genero_libro_version_digital.pdf)