

# ANÁLISIS ECONÓMICO DE GEOTERMIA SOMERA EN DISTINTOS PAÍSES DE IBEROAMÉRICA

Daniela Canelas<sup>1, 2, 3</sup>, Katherine Jejen<sup>1, 2, 3</sup>, Mar Alcaraz<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Cartagena

<sup>2</sup> Red Iberoamericana de Geotermia Somera (RIGS-CYTED)

<sup>3</sup> Fundación Carolina

## Introducción

Ante el crecimiento de la geotermia somera en el mundo y el auge que han tenido las energías renovables, se propone incentivar este tipo de energía con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y la reducción de gases de efecto invernadero (GEI). El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la rentabilidad de la instalación de mejoras para la calefacción y refrigeración de viviendas para Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Uruguay y España. Se busca mostrar si este tipo de energía renovable es económicamente viable, así mismo, se pretende evaluar con qué porcentaje de disminución en el costo de la instalación geotérmica, es decir en la inversión inicial, se mejora la viabilidad de este tipo de energía.

## Metodología

Para realizar el análisis económico de geotermia somera se aplicó la metodología definida por Bourges y Gil (2014). Estos autores evaluaron tres tipologías de viviendas con tres grados de aislación (baja, media y alta) en Argentina para un periodo de amortización de 20 años.

En este trabajo ampliamos el tiempo de amortización a 50 años.

Los países considerados para el presente estudio han sido: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Uruguay y España. Para la amortización de las viviendas, se ha recopilado información del precio del metro cuadrado de la capital de cada uno de los países mencionados, así como el costo de su electricidad en kWh y el precio del gas natural en MBTU, los supuestos tomados fueron (Bourges & Gil, 2014):

- Se tomó como referencia una vivienda de 70 m<sup>2</sup>
- Se proponen tres escenarios de aislamiento térmico, baja, media y alta, para la misma vivienda. Tomamos un incremento del costo de la vivienda de aislamiento medio del 2% y del 4% para la vivienda de aislamiento alto respecto a la vivienda de aislamiento bajo.

- Tasa interna de retorno TIR del 7%
- Consumo promedio de energía anual 3.500 kWh para una vivienda con un aislamiento térmico bajo. Producto de requerimientos energéticos para agua caliente sanitaria (ACS), cocción de alimentos, iluminación, electrodomésticos, climatización y otros usos generales del hogar.

Para el costo de la instalación geotérmica se empleó un generador de precios para cada uno de los países tomados en consideración (CYPE Ingenieros, S.A., 2021). En la Figura 1 se muestran los precios de instalación para los diferentes países de estudio. Evidenciamos un precio promedio de 19.846 USD para instalaciones de geotermia somera. Los valores más altos se presentan en los países de Ecuador, Bolivia, Paraguay y Argentina y el valor más bajo lo registra España.

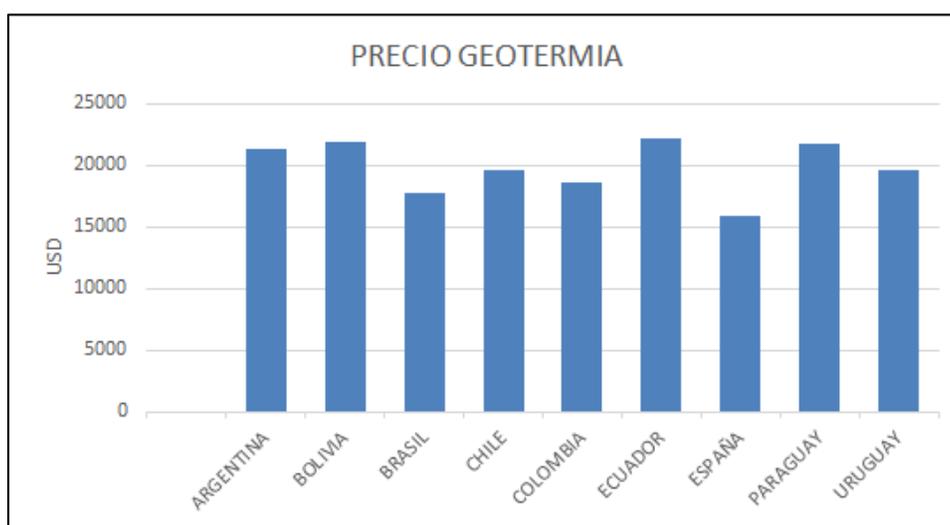


Figura 1. Precio de la instalación geotérmica somera (USD)

Debido al elevado precio de instalación geotérmica que se registra en los distintos países, y con el fin de ver el efecto que supone en la amortización de costos iniciales, se ha realizado un estudio de subvención al 0%, 25%, 50% y 100% para todos los países de estudio.

Para el cálculo del consumo anual teórico de calefacción y refrigeración, se determinó el Déficit Grado Día Anual (DGD) de cada una de las capitales de los países tomados para el presente estudio y el Exceso Grado Día Anual (EGD) (Energy Plus, 2021), en la Figura 2 se muestran la variación de éstos, el DGD más alto lo presenta Bolivia con mayor requerimiento de calefacción y el valor más alto de EGD lo presenta Paraguay con mayor requerimiento de refrigeración; Bolivia, Colombia y Ecuador, no presentan EGD, por lo que no muestran un requerimiento de refrigeración.

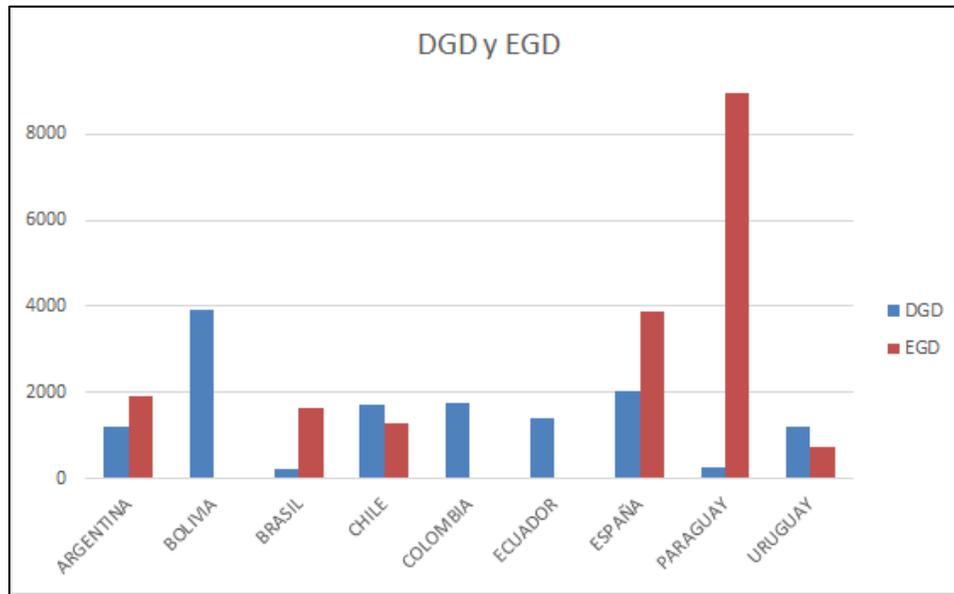


Figura 2. Déficit Grado Día Anual (DGD) y Exceso Grado Día Anual (EGD) en Iberoamérica (Energy Plus, 2021)

Los precios de gas natural en el sector residencial se tomaron del informe anual que emite la Organización Latinoamericana de energía (OLADE Organización latinoamericana de energía, Abril de 2021). En la Figura 3 se evidencia que los precios de gas natural alcanzan un valor promedio de 18,14 USD/MBTU, los valores más altos se registran en España seguido de Chile. En cuanto a los precios más bajos de gas natural para el sector residencial se registran en Argentina y Bolivia. Sin embargo, en los países de Ecuador, Brasil y Paraguay se utiliza la energía eléctrica como fuente de calefacción, por lo que se tomaron estos para el cálculo del precio de calefacción anual.

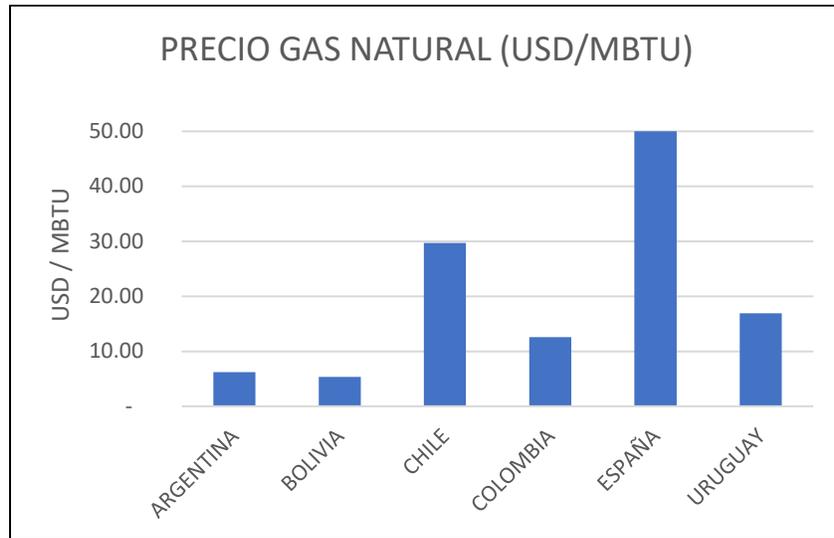


Figura 3. Precio del gas natural (USD/MBTU) en Iberoamérica (OLADE Organización latinoamericana de energía, Abril de 2021)

Los precios de electricidad en el sector residencial se tomaron del informe anual que emite la Organización Latinoamericana de energía (OLADE Organización latinoamericana de energía, Abril de 2021), en la Figura 4 se evidencia que los valores más altos de electricidad se registran en España, seguido de Brasil y Chile. Los valores más bajos se registran en Argentina y Bolivia, siendo el precio promedio de la electricidad de 0.138 USD/KWh.

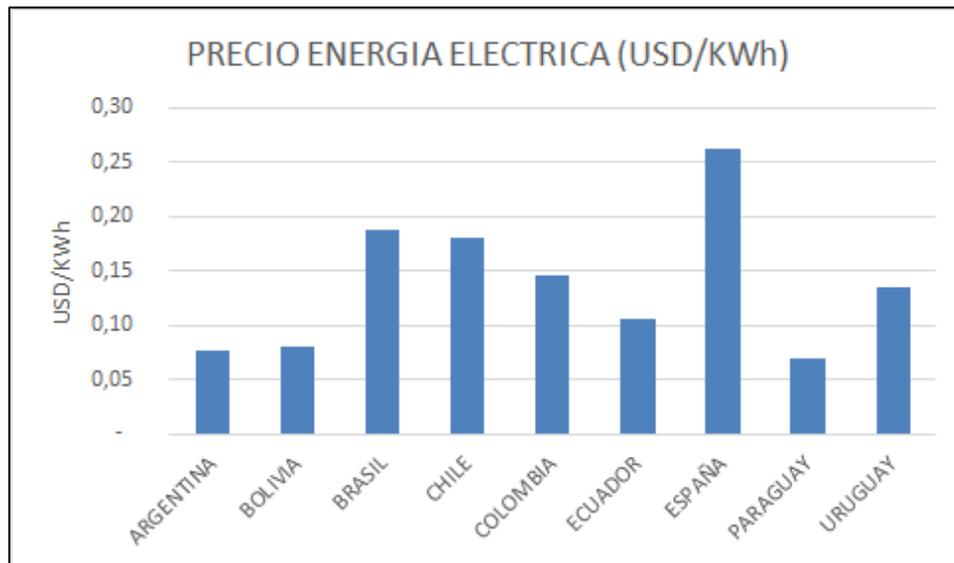


Figura 4. Precio de la electricidad (USD/kWh) en Iberoamérica (OLADE Organización latinoamericana de energía, Abril de 2021)

En cuanto al precio del m<sup>2</sup> de vivienda, se tomó como referencia una vivienda típica en el centro de la capital de cada país mencionado (Precios Mundi, 2021) en la Figura 5 se observa la variación de estos precios para los países de estudio; España presenta el precio de vivienda más elevado, en cuanto a Latinoamérica el mayor precio lo presenta Uruguay y el más bajo lo presenta Bolivia.



Figura 5. Precio vivienda en Iberoamérica (USD/m<sup>2</sup>) (Precios Mundi, 2021)

## Resultados

En la Tabla 1 se evidencia que es posible la amortización de la energía geotérmica en los países de España, Chile, Brasil y Ecuador. Teniendo un tiempo de amortización más alto Brasil con aproximadamente 30 años y España con el tiempo más bajo de amortización con aproximadamente 10 años.

Tabla 1. Tiempo de amortización para instalación de geotermia somera

| <b>TIEMPO DE AMORTIZACIÓN</b> |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>PAÍS</b>                   | <b>AÑOS</b> |
| ARGENTINA                     | >50         |
| BOLIVIA                       | >50         |
| BRASIL                        | 30          |
| CHILE                         | 20          |
| COLOMBIA                      | >50         |
| ECUADOR                       | 26          |
| ESPAÑA                        | 10          |
| PARAGUAY                      | >50         |
| URUGUAY                       | >50         |

En Argentina, Bolivia y Uruguay es evidenciable que la instalación de la geotermia somera no es viable, debido al bajo costo de la energía en éstos y no serían amortizados ni en 50 años (ver Anexo I).

El análisis de sensibilidad suponiendo una subvención del 25%, 50%, 75% y 100% sobre el costo inicial de la instalación geotérmica, ha dado como resultado que el tiempo de amortización es viable para todos los países de estudio con un valor del 75% de subvención, a excepción de Argentina que continúa presentando un tiempo de amortización mayor a 50 años (Anexo II). A continuación, se presenta un gráfico comparativo de lo anteriormente mencionado, donde se observa cómo mejoran los tiempos de amortización y disminuye el consumo de energía eléctrica de la red.

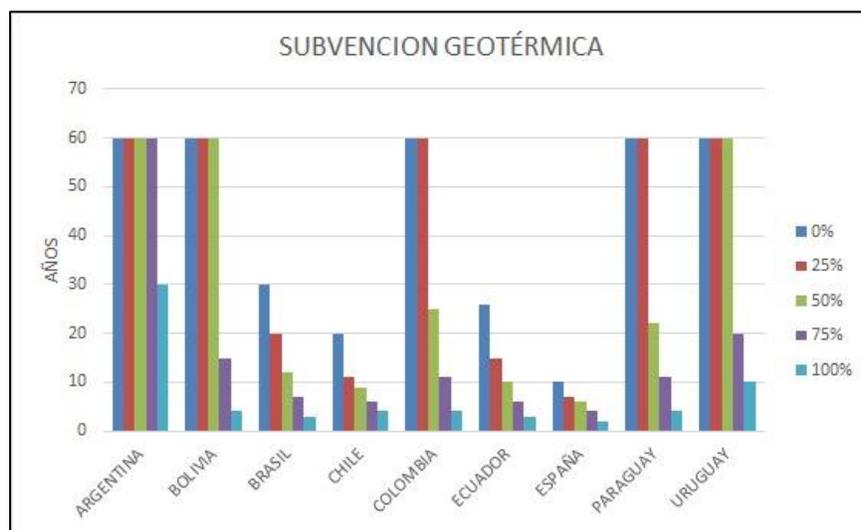


Figura 6. Comparación de tiempo de amortización con diferentes porcentajes de subvención.

## Discusión y Conclusiones

La energía geotérmica es rentable para los países de Chile, España, Brasil y Ecuador. Estos dos últimos utilizan energía eléctrica para calefacción, lo que incrementa el precio del consumo de energía eléctrica, convirtiendo a la energía geotérmica en una opción viable para la reducción de consumo de energía importada de la red.

La energía geotérmica para Argentina, Bolivia, Colombia, Paraguay y Uruguay no es rentable debido al alto costo de la inversión inicial. Con una subvención del 75%, en todos los países la instalación de energía geotérmica se vuelve técnica y económicamente viable a excepción de Argentina el cual necesitaría una subvención del 100% para hacer competitivo el uso de esta energía renovable. Esto debido a que Argentina presenta un alto costo en el precio de la vivienda urbana y un bajo precio de la electricidad que del 2017 a la actualidad ha presentado una reducción del 19%.

Así mismo, de acuerdo con los datos de DGD y EGD obtenidos (Energy Plus, 2021), se evidencia que en ciertos países como Bolivia, Colombia, Ecuador y Paraguay

existe una tropicalización de la geotermia, pues no existe variación de temperaturas necesarias para que ésta funcione, es decir que presentan un salto térmico (tierra – ambiente) muy bajo debido a las temperaturas constantes que registran a lo largo del año, lo que dificulta el principio de funcionamiento de este tipo de energía.

## Anexos

### ANEXO I

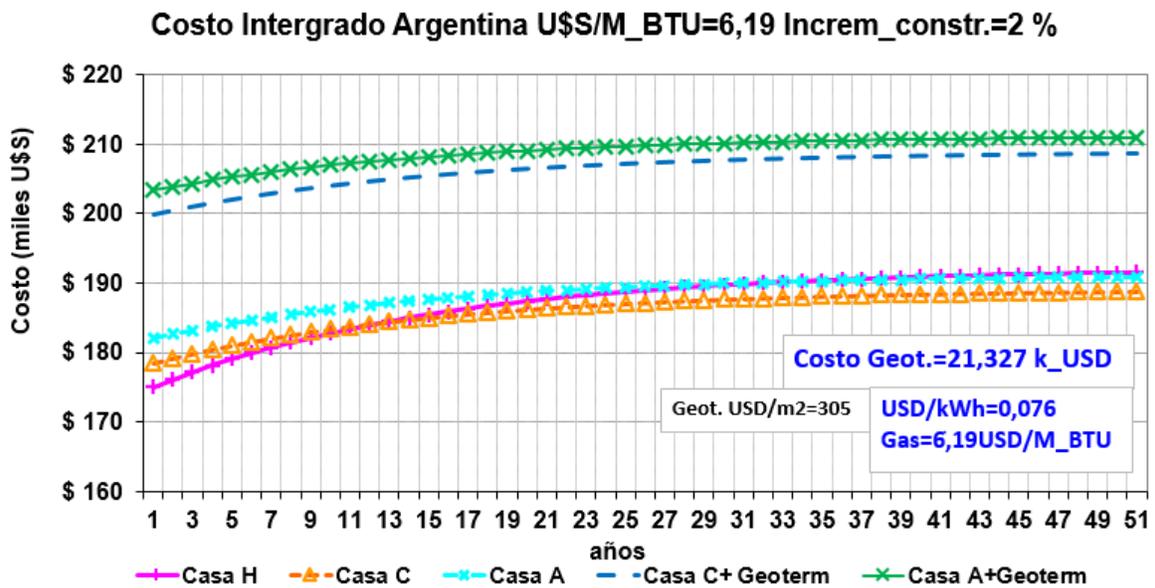


Figura 7. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Argentina

**Costo Intergrado Bolivia U\$\$/M\_BTU=5,33 Inccrem\_constr.=2 %**

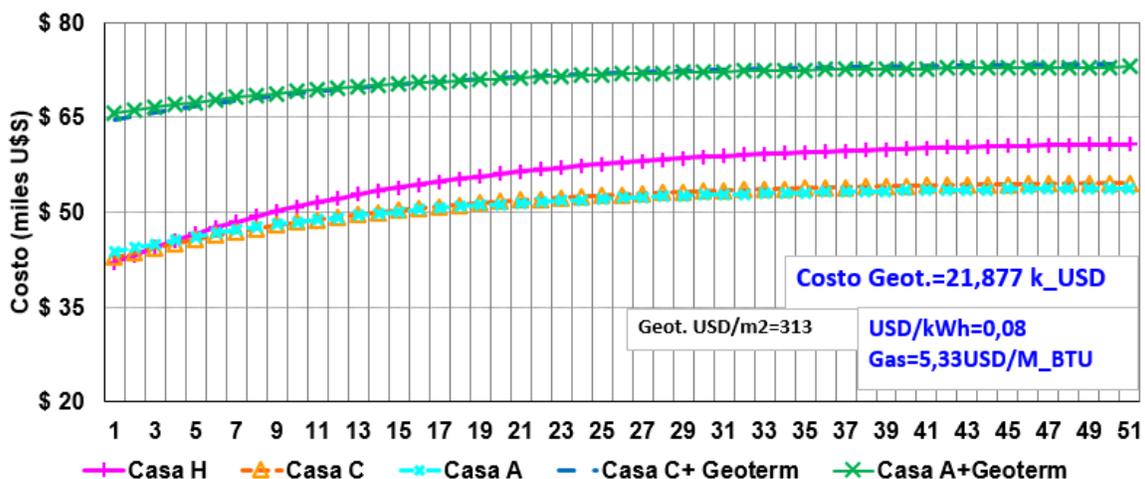


Figura 8. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Bolivia

**Costo Intergrado Brasil U\$\$/M\_BTU=6,2 Inccrem\_constr.=2 %**

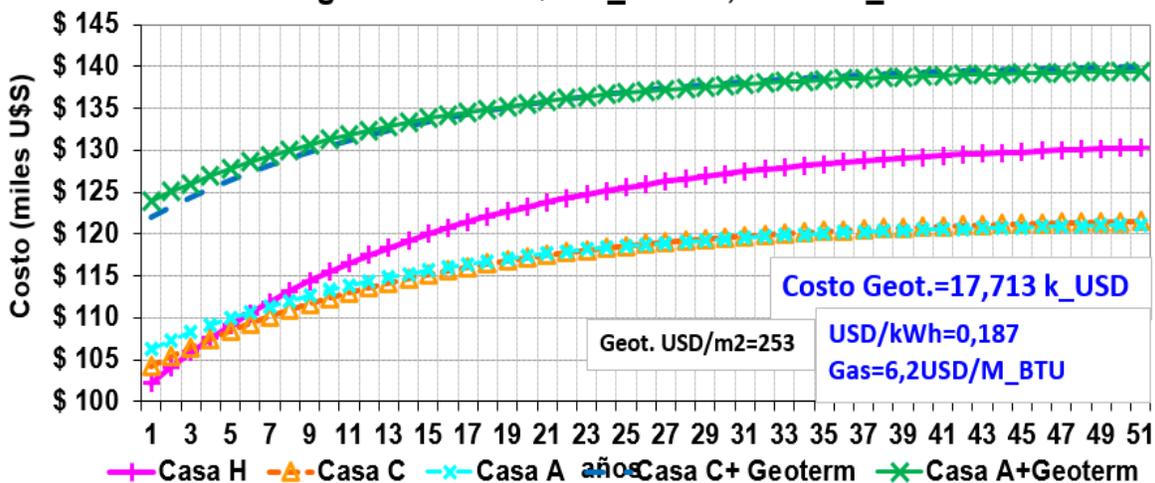


Figura 9. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Brasil

### Costo Intergrado Chile U\$/M\_BTU=29,72 Increm\_constr.=2 %

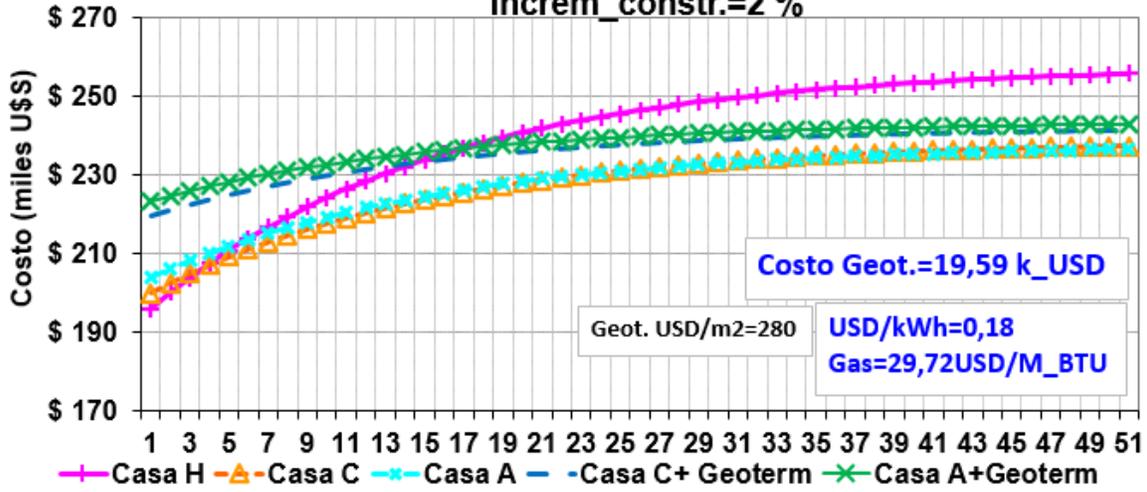


Figura 10. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Chile

### Costo Intergrado Colombia U\$/M\_BTU=12,59 Increm\_constr.=2 %

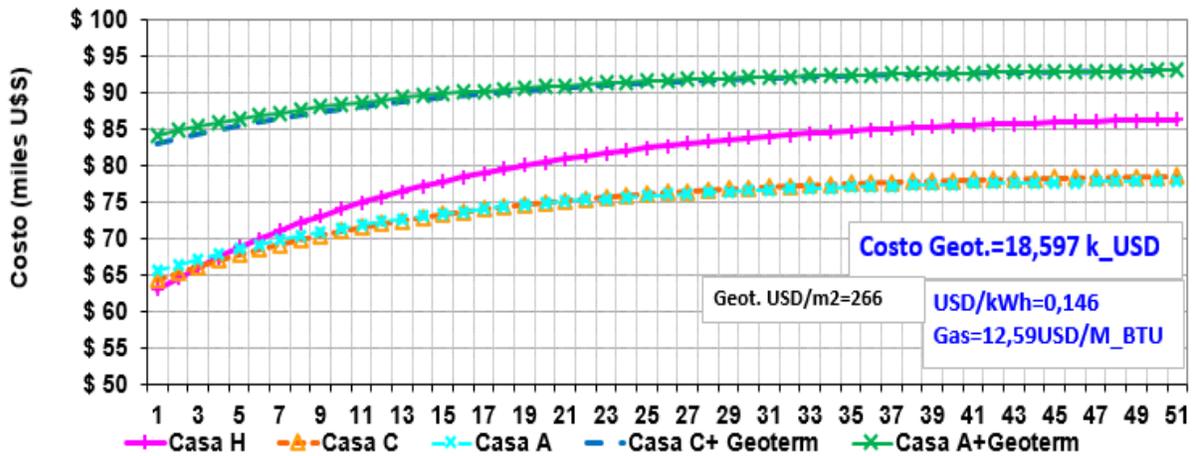


Figura 11. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Colombia

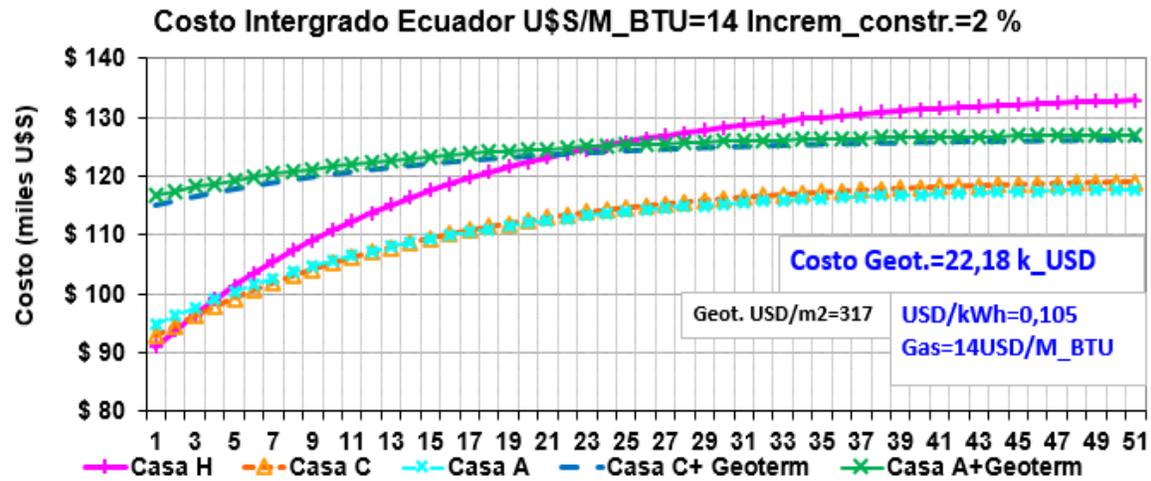


Figura 12. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Ecuador

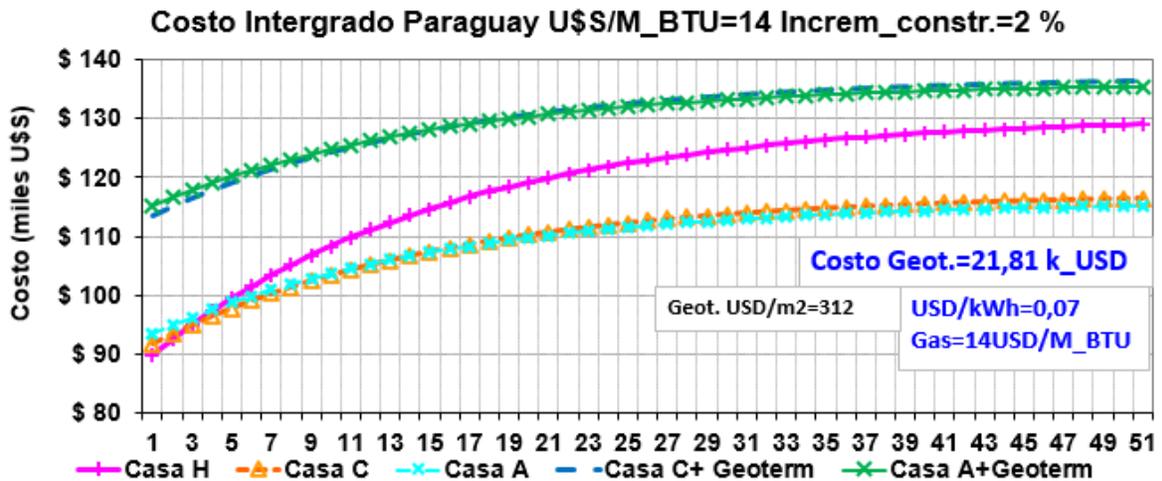


Figura 13. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Paraguay

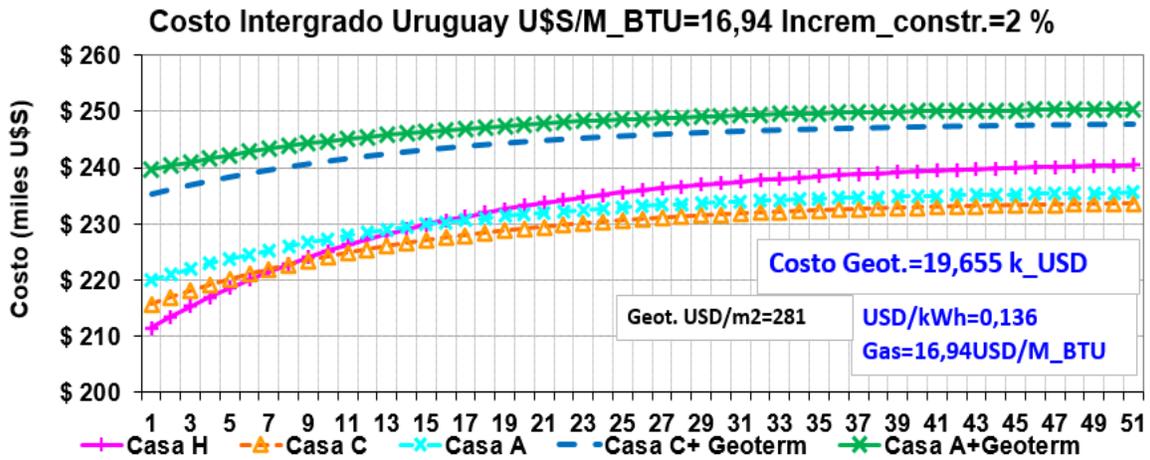


Figura 14. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica Uruguay

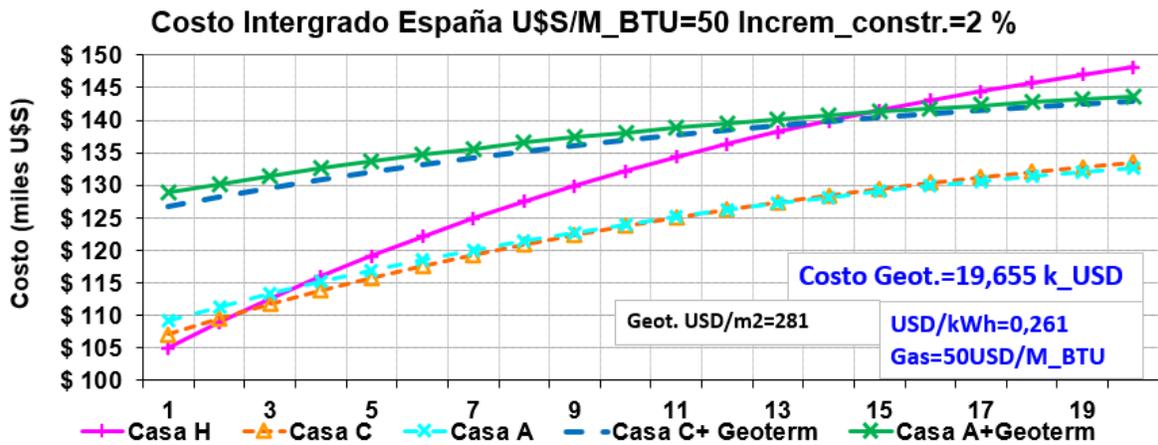


Figura 15. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica España.

## ANEXO II

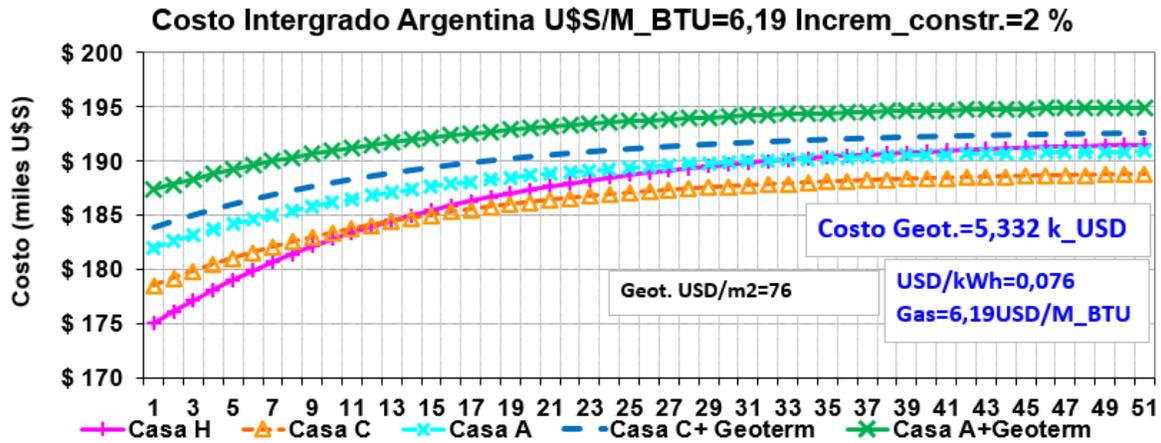


Figura 16. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Argentina.

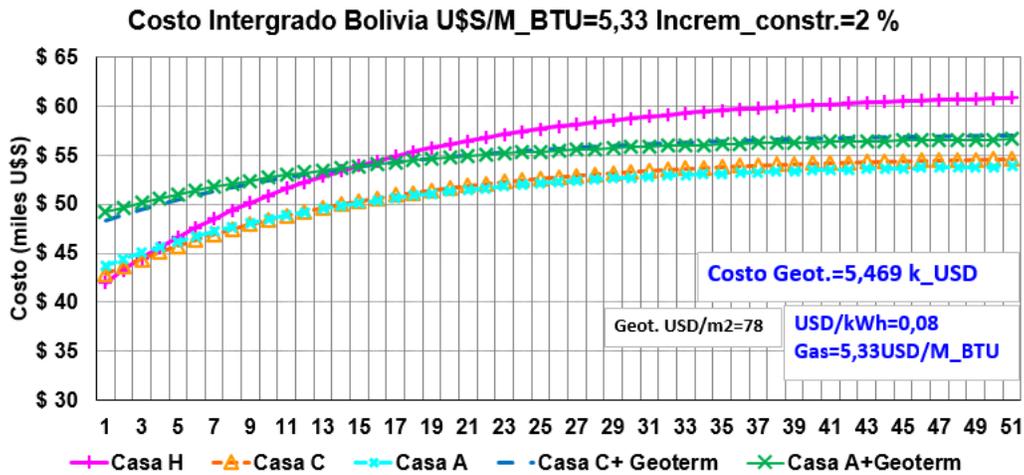


Figura 17. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Bolivia.

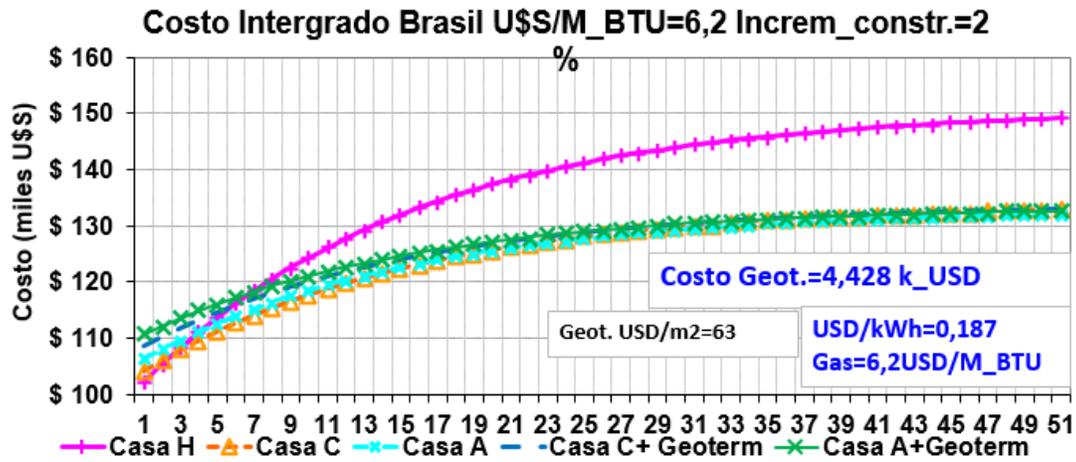


Figura 18. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Brasil.

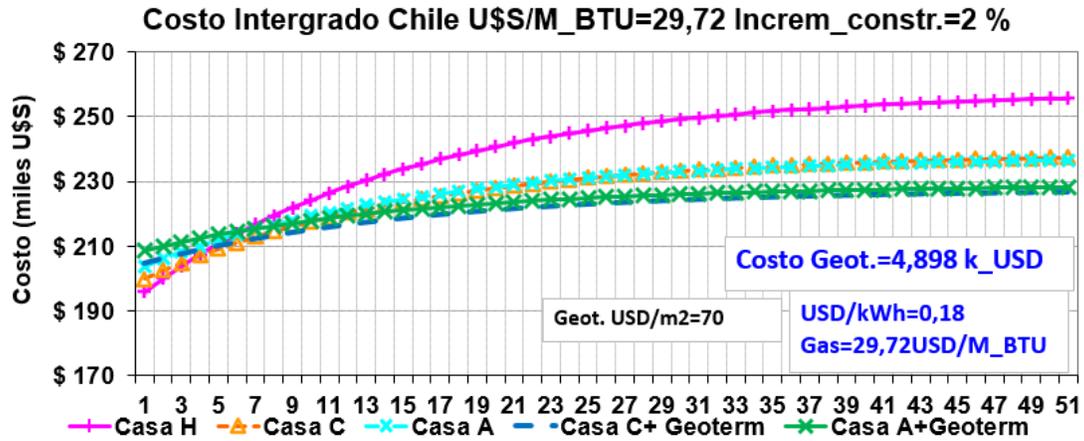


Figura 19. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Chile.

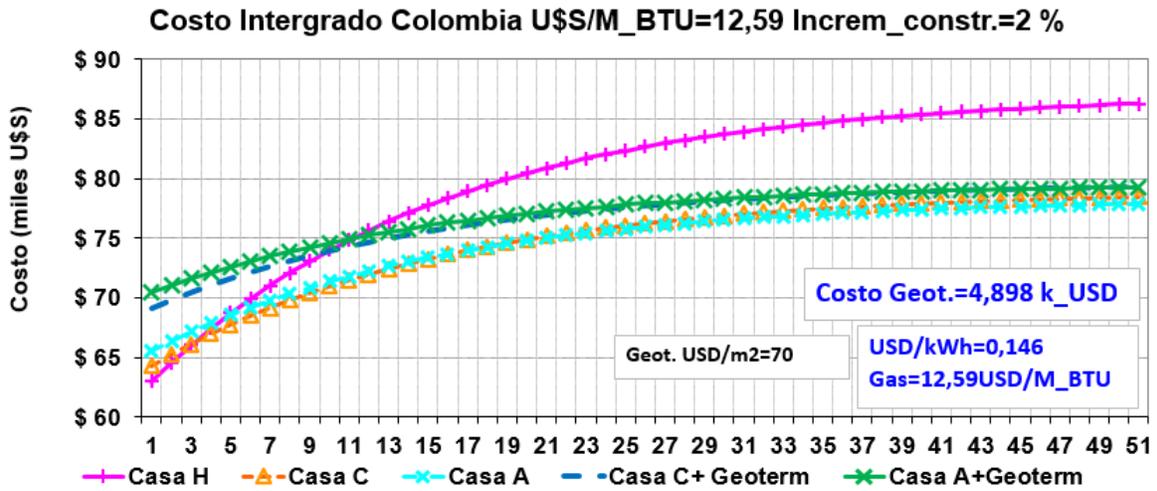


Figura 20. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Colombia.

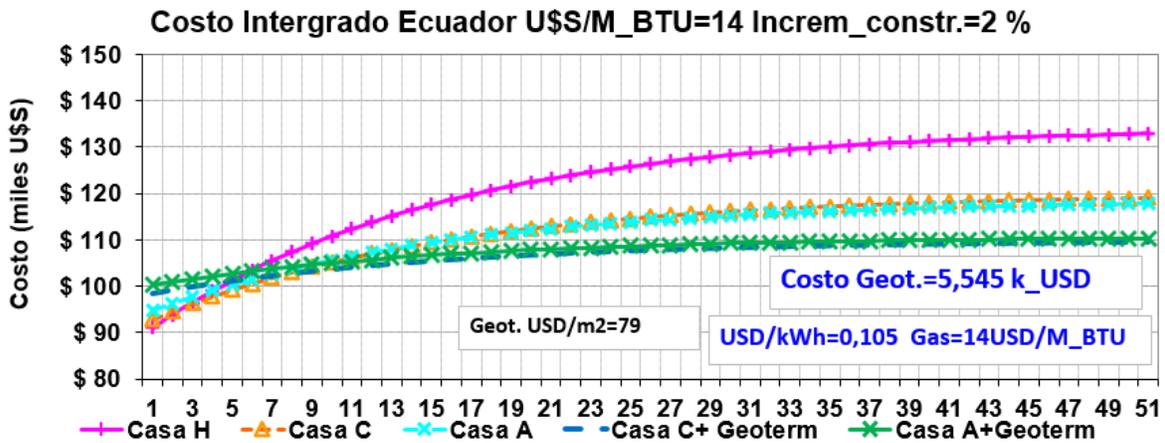


Figura 21. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Ecuador.

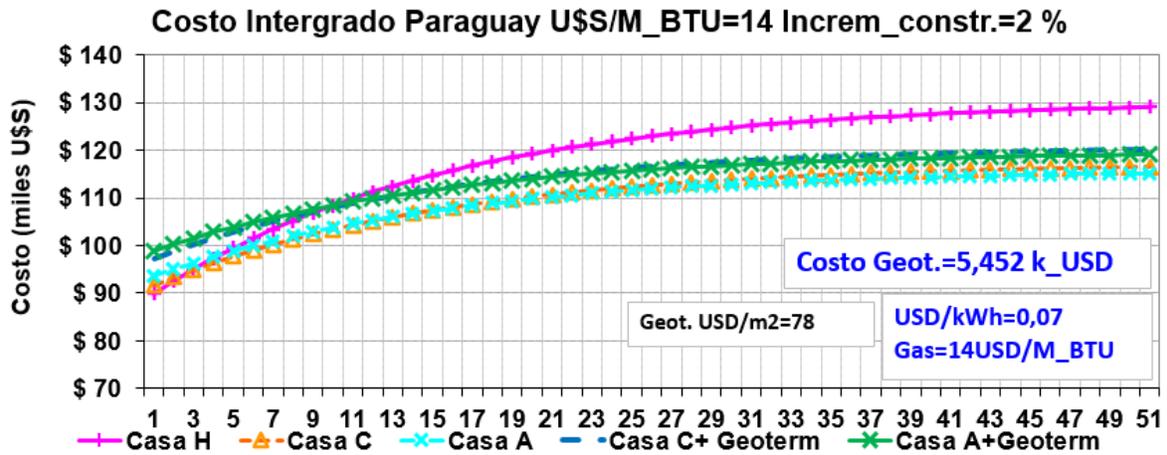


Figura 22. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Paraguay.

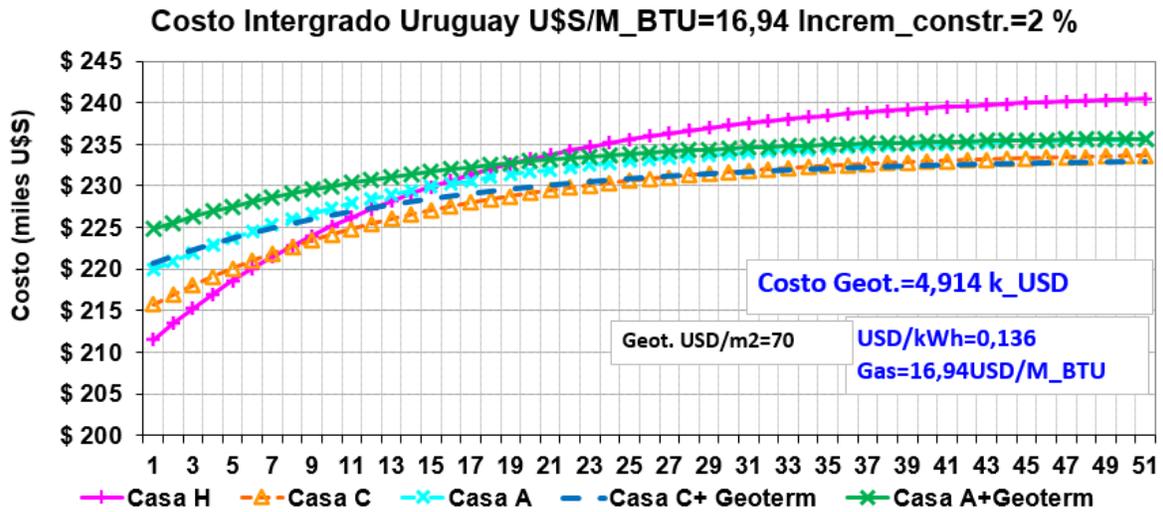


Figura 23. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. Uruguay.

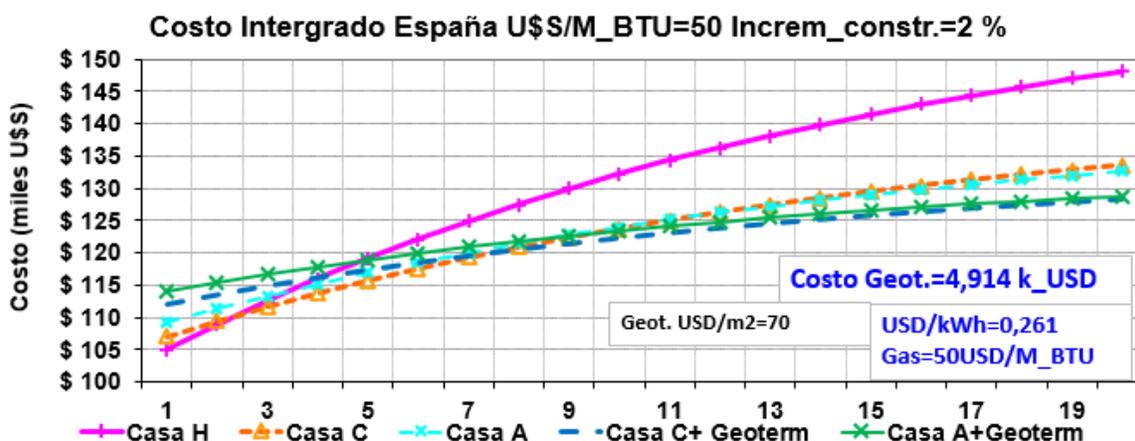


Figura 24. Amortización del costo de mejoras en la instalación térmica con una subvención del 75% sobre la instalación geotérmica. España.

## Referencias

Bourges, C. &. (2014). Amortización del Costo de Mejoras en la Aislación Térmica de las Viviendas. *Petrotecnia*, 55(1), 72-78.

CYPE Ingenieros, S.A. (30 de octubre de 2021). Obtenido de Generador de precios: [http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1|0\\_0\\_0\\_0\\_0|1|ICV212|icv\\_212:c18\\_0#gsc.tab=0](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1|0_0_0_0_0|1|ICV212|icv_212:c18_0#gsc.tab=0)

Energy Plus. (2021). *Weather Data*. Obtenido de <https://energyplus.net/weather>

OLADE Organización latinoamericana de energía. (Abril de 2021). *Informe de Precios de la Energía de América Latina y el Caribe*.

Precios Mundi. (Octubre de 2021). *PreciosMundi*. Obtenido de <https://preciosmundi.com/brasil/precio-vivienda-salarios>