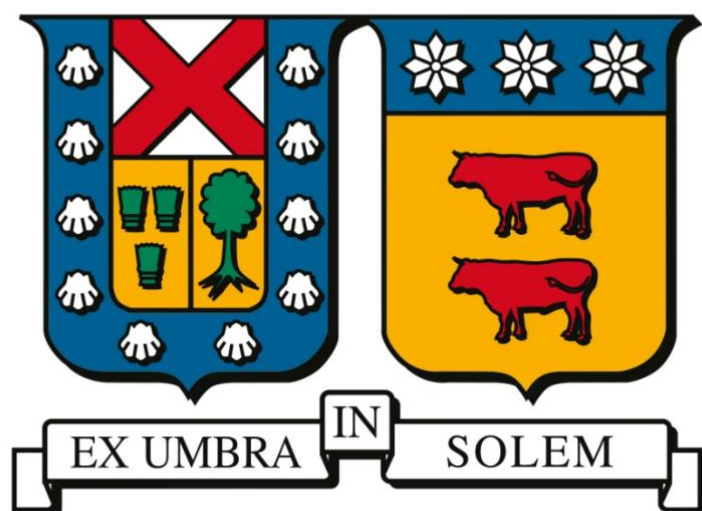


Universidad Técnica Federico Santa María

Departamento de Obras Civiles



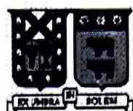
**Evaluación técnica y económica del sistema Thermo Drain
para recuperación de energía en aguas grises en una vivienda
unifamiliar de Temuco**

Memoria para optar al título de Constructor Civil

Manuel Alejandro De la Cruz Parra

Profesor guía: Daniel Radrigan Valencia

Profesor correferente: Álvaro Ossandón



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SISTEMA THERMO DRAIN PARA RECUPERACIÓN DE ENERGÍA EN AGUAS GRISAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE TEMUCO.

Nombre del candidato(a): MANUEL ALEJANDRO DE LA CRUZ PARRA

Carrera / Grado: CONSTRUCCIÓN CIVIL

Campus: CASA CENTRAL Departamento: OBRAS CIVILES

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Daniel Gonzalo Radrigán Valencia, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 13-07-2026

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 10-07-2026

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi profesor guía y a mi profesor correferente por su disposición, orientación y valiosas observaciones durante el desarrollo de esta memoria, las cuales contribuyeron a fortalecer la calidad de este trabajo.

Agradezco también a la Universidad Técnica Federico Santa María y a los docentes que formaron parte de mi formación profesional, por los conocimientos y herramientas entregados a lo largo de estos años.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, fueron parte de este camino y me brindaron su apoyo, confianza y palabras de aliento para alcanzar esta meta. Este proceso también me permitió comprender que, si bien la motivación es importante para comenzar, es la disciplina, la constancia y el compromiso los que realmente permiten llegar hasta el final.

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi madre, Doris, quien ha sido el pilar fundamental de mi vida. Todo lo que soy y cada logro que he alcanzado han sido posibles gracias a su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional. Gracias por creer siempre en mí, incluso cuando yo mismo dudaba, y por enseñarme que con perseverancia, humildad y trabajo todo es posible.

A mi abuela, Luisa, por su cariño, sus enseñanzas y por ser parte de los valores que hoy me acompañan. Su apoyo y su presencia han sido una inspiración constante a lo largo de mi vida.

A Christian, por estar presente desde el inicio de esta etapa, por su apoyo constante, sus consejos y por acompañarme en cada desafío que enfrenté.

A mi familia del sur: mi tía Nora, mi primo Christopher y mi tío Diego, quienes, a pesar de la distancia, siempre estuvieron presentes con una palabra de aliento, confianza y cariño. Gracias por hacerme sentir que nunca estuve solo.

A mi querida Alondra, por estar a mi lado desde el comienzo de esta etapa y acompañarme en cada paso. Gracias por creer siempre en mí, por tu paciencia, comprensión y por apoyarme incluso en los días más difíciles. Siempre encontré en ti una palabra de ánimo y la motivación para seguir adelante. Gracias por celebrar conmigo cada avance y por hacer este camino mucho más especial. Te amo.

A mi gran amigo Miguel, con quien compartí gran parte de la vida universitaria. Gracias por estar siempre dispuesto a ayudarme, por tenderme una mano cada vez que la necesité y por sacarme adelante en más de una ocasión. Tu compañerismo, generosidad y amistad hicieron este recorrido mucho más llevadero. De corazón, espero que la vida te devuelva todo el bien que entregas, porque te mereces lo mejor.

Finalmente, dedico esta memoria a todas las personas que, de una u otra manera, creyeron en mí y me acompañaron durante estos años. Este logro no representa únicamente el término de una etapa académica, sino también el reflejo del cariño, la confianza y el apoyo de quienes estuvieron presentes en los momentos más importantes de mi formación. A todos ustedes, gracias por acompañarme en este camino y por formar parte de una de las etapas más importantes de mi vida.

Resumen

El presente estudio analiza la viabilidad técnica y económica de implementar el sistema Thermo Drain, un dispositivo pasivo de recuperación de calor de aguas grises, en una vivienda unifamiliar de la ciudad de Temuco, Región de La Araucanía, Chile. Partiendo de la problemática local, inviernos fríos, alta demanda de calefacción y uso frecuente de leña, se propone la implementación de esta tecnología como complemento a sistemas convencionales para mejorar la eficiencia energética y reducir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

La metodología adoptada corresponde a un estudio de caso teórico cuantitativo, en el que se modeló una vivienda unifamiliar de 61 [m²], considerando datos representativos de consumo de agua caliente sanitaria, tales como duchas diarias de 10 minutos, un caudal de 10 L/min y una temperatura de 38 [°C], además de un calentador de agua a gas licuado (calefón) con una eficiencia del 88%.

En el análisis se evaluaron tres configuraciones del sistema de precalentamiento: la configuración N°1, en la que el agua precalentada se dirige tanto al calentador de agua como al suministro de la ducha, siendo la alternativa de mayor eficiencia energética; la configuración N°2, en la que el agua precalentada se dirige únicamente a la entrada de agua fría del calentador; y la configuración N°3, en la que se dirige únicamente al suministro de agua fría de la ducha.

Posteriormente, se seleccionó la configuración N°2, debido a que permite su integración directa en la alimentación del calentador, requiriendo menores intervenciones en la red sanitaria existente en comparación con las otras alternativas. Esta configuración mantiene un nivel significativo de eficiencia térmica, estimado en un 79%. Finalmente, se estimaron los costos asociados a la adquisición, importación, instalación y modificaciones estructurales, junto con la proyección de ahorros energéticos, retorno de la inversión (ROI) y emisiones evitadas.

Los resultados indican una reducción estimada del 32% en consumo de energía para agua caliente sanitaria (ACS) en el caso estudiado, con un ahorro anual de CLP 388.640, lo que implica un ROI de 52% y un periodo de amortización de aproximadamente 1,9 años. En un escenario sensible, tal como un aumento en el precio del gas, el retorno se estima en 1,6 años. En términos ambientales, se evitarían cerca de 237[kg] de [CO₂] al año. Los beneficios proyectados incluyen menor gasto operativo, prolongación de vida útil del calefón, operatividad pasiva sin consumo eléctrico adicional y compatibilidad con sistemas de calentamiento de agua existentes.

La discusión compara estos resultados con sistemas eléctricos, donde se reconocen ventajas como bajo costo de mantenimiento y simplicidad operativa, también se presentan desventajas como dependencia del patrón de uso y limitaciones en viviendas con escaso uso de duchas. Se identifican factores clave para su éxito, entre ellos el clima, tipo de vivienda y conciencia energética del usuario. Se advierte que las estimaciones se basan en datos promedio, sin mediciones reales, lo que constituye una limitación.



Se concluye que el sistema Thermo Drain es viable técnica y económicamente para contextos generalmente fríos como Temuco, con importantes ahorros energéticos. Se recomienda llevar a cabo estudios piloto con monitoreo real, aplicar la tecnología en distintas tipologías de vivienda y explorar configuraciones más complejas de recuperación energética. Este trabajo aporta evidencia para considerar Thermo Drain como una alternativa eficiente de mejora energética residencial en zonas impactadas ambientalmente y consumos energéticos elevados.

Abstract

This study analyzes the technical and economic feasibility of implementing the Thermo Drain system, a passive greywater heat recovery device, in a single-family dwelling located in the city of Temuco, La Araucanía Region, Chile. Considering local conditions characterized by cold winters, high heating demand, and frequent use of firewood, this technology is proposed as a complementary solution to conventional systems in order to improve energy efficiency and reduce the emission of air pollutants.

The methodology consisted of a quantitative theoretical case study in which a 61 m² single-family dwelling was modeled using representative domestic hot water consumption data, including daily showers of 10 minutes, a flow rate of 10 L/min, and a temperature of 38 °C, in addition to a liquefied gas water heater with an efficiency of 88%.

Three preheating system configurations were evaluated: Configuration No. 1, in which preheated water is supplied to both the water heater and the shower supply, representing the highest energy efficiency alternative; Configuration No. 2, in which preheated water is directed only to the cold-water inlet of the water heater; and Configuration No. 3, in which preheated water is supplied only to the cold-water line of the shower. Configuration No. 2 was selected because it allows direct integration into the water heater supply while requiring fewer modifications to the existing plumbing network compared to the other alternatives. This configuration maintains a significant thermal transfer efficiency, estimated at 79%. Costs associated with acquisition, importation, installation, and structural modifications were estimated, along with projections of energy savings, return on investment (ROI), and avoided emissions.

Results indicate an estimated reduction of 32% in domestic hot water energy consumption for the analyzed case, with an annual saving of CLP 388,640, resulting in an ROI of 52% and a payback period of approximately 1.9 years. Under a sensitivity scenario involving an increase in gas prices, the payback period is estimated to decrease to 1.6 years. From an environmental perspective, approximately 237 kg of CO₂ emissions could be avoided annually. Additional projected benefits include reduced operating costs, extended water heater lifespan, passive operation without additional electrical consumption, and compatibility with existing water heating systems.

The discussion compares these results with electric heating systems, identifying advantages such as low maintenance cost and operational simplicity, as well as limitations related to dependence on user behavior and reduced effectiveness in dwellings with low shower usage. Key factors influencing system performance include climate conditions, housing type, and user energy awareness. It is noted that the estimations are based on average data rather than real measurements, which constitutes a limitation of the study.

It is concluded that the Thermo Drain system is technically and economically viable for generally cold climates such as Temuco, offering significant energy savings. Future work should include pilot studies with real-time monitoring, application of the technology in different housing typologies, and evaluation of more complex energy recovery configurations. This study contributes evidence supporting Thermo Drain as an efficient residential energy improvement alternative in environmentally impacted areas with high energy consumption.

Índice

Agradecimientos.....	2
Dedicatoria	3
Resumen	4
Abstract.....	6
Índice.....	7
1. Introducción	8
2. Desarrollo del tema.....	8
2.1. Marco Teórico	8
2.1.1. Descripción del sistema Thermo Drain	8
2.1.2. Funcionamiento	9
2.1.3. Principios técnicos.....	10
2.1.4. Aplicaciones.....	10
2.1.5. EcoInnovation Technologies y su relación con Thermo Drain.....	10
2.1.6. Posicionamiento de Thermo Drain dentro de los sistemas de calefacción	11
2.1.7. Antecedentes.....	11
2.2. Contexto de la Vivienda en Temuco	12
2.2.1. Características climáticas.....	12
2.2.2. Condiciones de las viviendas	13
2.2.3. Normativas locales	13
2.3. Metodología	14
2.3.1. Análisis Técnico.....	14
3. Resultados obtenidos	16
3.1. Ahorro estimado con Thermo Drain	18
3.2. Análisis Económico.....	20
3.3. Evaluación de Impacto Ambiental	24
3.4. Comparación con sistemas convencionales de calefacción	24
3.4.1. Consumo energético anual.....	24
3.5. Resultados Esperados	25
4. Discusión	26
4.1. Comparativa con otros sistemas.....	26
4.2. Análisis de ventajas y desventajas.....	27
4.3. Factores que influyen en el éxito de la implementación	27
4.4. Limitaciones del estudio	27
5. Conclusiones.....	28
6. Referencias.....	29
7. Anexos	31

1. Introducción

La región de La Araucanía, y en particular la ciudad de Temuco enfrenta desde hace años una compleja problemática medioambiental y energética. Esta situación se ve influenciada por diversos factores, siendo uno de los principales las condiciones climáticas invernales, caracterizadas por temperaturas cercanas a los 0°C y prolongados periodos de lluvias intensas, con un promedio de $519[\text{mm}]$ de precipitaciones durante el invierno (Observatorio CIREN, s.f.). Si bien estas condiciones no generan contaminación directa, inciden significativamente en el incremento de la demanda de calefacción en los hogares, especialmente durante los meses más fríos.

Otro factor determinante es el bajo poder adquisitivo de una parte importante de la población, lo cual condiciona el uso de sistemas de calefacción tradicionales. Entre ellos, predomina el uso de leña, frecuentemente con niveles de humedad superiores al 25%, lo que impide una combustión eficiente y contribuye significativamente a la contaminación atmosférica (Cabrera Aedo, 2012). Esto provoca una mayor emisión de gases contaminantes atmosféricos, afectando negativamente la calidad del aire y la salud de los habitantes de Temuco.

En este contexto, surge la necesidad de explorar soluciones energéticas más eficientes, sostenibles y accesibles. Una alternativa innovadora es la implementación del sistema conocido comercialmente como Thermo Drain, una tecnología de recuperación de calor a partir de aguas grises. A pesar de su sencillez en cuanto a funcionamiento, este sistema puede generar importantes ahorros energéticos y económicos en viviendas unifamiliares, el tipo de residencia más común en la zona de estudio, considerando que en la comuna de Temuco, este tipo de casas representan alrededor del 83,7% del parque habitacional (Municipalidad de Temuco & Universidad de la Frontera, 2020).

El objetivo general de este trabajo es realizar un análisis técnico y económico de la viabilidad de implementar el sistema Thermo Drain en viviendas unifamiliares de Temuco. Para ello, se abordan distintas variables asociadas al funcionamiento del sistema, su rentabilidad, y los beneficios medioambientales que ofrece. Se espera que la implementación teórica de esta tecnología demuestre un ahorro energético significativo, acompañado de una reducción en el consumo de energía convencional y una disminución del impacto ambiental. Asimismo, se contempla una inversión inicial cuyo retorno, a través del ahorro generado, podría representar una alternativa viable para mejorar la eficiencia energética residencial en la región.

2. Desarrollo del tema

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Descripción del sistema Thermo Drain

Thermo Drain es un dispositivo de recuperación de calor de aguas grises, diseñado principalmente para aprovechar el calor residual presente en el agua que se desperdicia durante las duchas. Este sistema se instala comúnmente en la línea de desagüe vertical, justo

donde fluye el agua caliente que ha sido utilizada, capturando su energía térmica antes de que esta se pierda por completo en el sistema de drenaje.

El diseño de Thermo Drain (ver Figura N°1) consiste en una tubería vertical de cobre de 3" de diámetro, que actúa como ducto de drenaje para el agua residual caliente. En torno a esta tubería central se enrolla en espiral una segunda tubería de cobre de menor diámetro, en este caso de ½" para la entrada de agua fría y 2" para la salida hacia el calefón, por la cual circula el agua fría potable. A medida que el agua caliente desechada desciende por gravedad por el tubo de drenaje, transfiere calor por conducción al tubo externo, precalentando el agua fría antes de ingresar al sistema de calentamiento principal del hogar. Este diseño permite una transferencia de calor eficiente entre el agua caliente desechada y el agua fría entrante, sin que exista contacto directo entre ambos fluidos.



Figura N°1. Dispositivo de recuperación de calor Thermo Drain.

2.1.2. Funcionamiento

El funcionamiento del Thermo Drain se basa en el principio de intercambio térmico. A medida que el agua caliente usada fluye por el tubo de desagüe, transfiere parte de su energía térmica al tubo de cobre. Simultáneamente, el agua fría que circula por el tubo exterior absorbe esta energía, elevando su temperatura antes de ingresar al sistema de calefacción o directamente al uso. Este proceso permite reducir la cantidad de energía necesaria para calentar el agua, ya que esta ingresa al calentador a una temperatura superior a la habitual. En algunos casos, puede permitir el uso directo sin necesidad de calentamiento adicional, dependiendo del flujo y la temperatura inicial.

2.1.3. Principios técnicos

Thermo Drain opera bajo los principios básicos de la termodinámica, en particular el intercambio de calor mediante conducción. Los principios técnicos involucrados incluyen:

Ley cero de la termodinámica

Establece que, si dos sistemas están en equilibrio térmico con un tercero, están en equilibrio térmico entre sí. Esto permite que el sistema llegue a una transferencia eficiente de calor (Fowler, 1939; Adkins, 1983).

Primera ley de la termodinámica

También conocida como ley de conservación de la energía, indica que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. En este caso, la energía térmica del agua residual se transfiere al agua fría de entrada (Joule, 1845; Zemansky & Dittman, 1997).

Conductividad térmica del cobre

El uso de cobre como material principal se debe a su alta capacidad para conducir el calor, lo que maximiza la eficiencia del sistema (Copper Development Association, 2024).

2.1.4. Aplicaciones

El sistema Thermo Drain se aplica principalmente en contextos residenciales y comerciales donde se requiere un uso eficiente del agua caliente. Sus aplicaciones más comunes incluyen:

Viviendas unifamiliares

Se instala en baños o duchas para recuperar el calor del agua de uso personal.

Edificios multifamiliares

En instalaciones verticales comunes, permite reducir costos de calefacción de agua en múltiples unidades habitacionales.

Gimnasios, hoteles y piscinas

Donde el uso de duchas es frecuente, la recuperación de calor puede traducirse en un ahorro energético significativo.

El sistema Thermo Drain se plantea como una alternativa tecnológica que podría contribuir a la reducción de la huella de carbono, al disminuir la demanda energética asociada a la calefacción de agua. De esta manera, su implementación se enmarca en los objetivos de sostenibilidad que promueven un uso más eficiente de la energía.

2.1.5. EcoInnovation Technologies y su relación con Thermo Drain

EcoInnovation Technologies es una empresa canadiense fundada por Daniel Beauchemin y Marc Fontaine, reconocida por su compromiso con el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas a la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de recursos hídricos y energéticos.

Su enfoque principal es la creación de productos que reduzcan el consumo energético en edificaciones, al mismo tiempo que disminuyen el impacto ambiental.

Thermo Drain ejemplifica la filosofía de la empresa, ya que se basa en el aprovechamiento de una fuente de energía que normalmente se pierde en el sistema de drenaje. Su implementación no solo permite reducir costos energéticos, sino que también contribuye activamente a la disminución de la huella de carbono, promoviendo un modelo de vivienda más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. En este sentido, EcoInnovation Technologies se consolida como un actor relevante en el desarrollo de tecnologías limpias, impulsando soluciones prácticas que combinan eficiencia, ahorro y compromiso ecológico.

2.1.6. Posicionamiento de Thermo Drain dentro de los sistemas de calefacción

Thermo Drain se posiciona como una solución que complementa y mejora el funcionamiento de los sistemas de calefacción convencionales, sin necesidad de reemplazarlos. Su tecnología permite recuperar el calor del agua de la ducha que normalmente se desecha, usándolo para precalentar el agua fría que entra al sistema de calefacción. Esto reduce el esfuerzo que debe hacer el sistema principal para calentar el agua, mejorando su eficiencia y ayudando a disminuir el consumo energético. Gracias a su diseño pasivo, no requiere energía adicional para funcionar, y su instalación es sencilla, con un mantenimiento prácticamente nulo. Esto lo convierte en una alternativa accesible y práctica para quienes buscan hacer más eficiente su sistema de calefacción sin grandes cambios en la infraestructura. En ese sentido, Thermo Drain se integra fácilmente como un complemento eficiente y sostenible dentro del conjunto de tecnologías de calefacción residencial.

2.1.7. Antecedentes

Investigaciones sobre tecnologías de recuperación de calor de aguas residuales

La recuperación de calor de aguas residuales es un área que ha atraído un creciente interés en las últimas décadas, especialmente como parte de las iniciativas de eficiencia energética y sostenibilidad en edificios. Estudios previos han demostrado que el aprovechamiento del calor contenido en las aguas grises, como el agua de las duchas y lavamanos, puede reducir significativamente el consumo energético necesario para calentar el agua.

Investigaciones recientes indican que los intercambiadores de calor tipo tubo en tubo verticales pueden alcanzar eficiencias térmicas de recuperación entre el 45% y el 60%, dependiendo de las condiciones de operación. Estos valores varían principalmente por factores como la temperatura del agua gris, el caudal, la altura del intercambiador y la estabilidad del flujo, eficiencias cercanas al 45% se observan cuando las temperaturas y caudales son bajos o fluctuantes, mientras que valores próximos al 60% se logran bajo caudales constantes, mayor diferencia de temperaturas y columnas verticales más largas, que favorecen el intercambio continuo de calor (Piotrowska & Słyś, 2023).

En estos sistemas, el agua gris circula por el tubo interior y el agua fría por el espacio anular, lo que permite precalentarla antes de su ingreso al sistema de ACS.

Estudio de la eficiencia energética en viviendas unifamiliares

La recuperación de calor de aguas residuales se ha identificado como una estrategia eficaz para mejorar la eficiencia energética en entornos residenciales. Un estudio realizado por WR Community Energy en colaboración con KEB Engineering (2021) analizó el potencial de diversas tecnologías de recuperación de calor, incluyendo sistemas de drenaje residencial. En dicho informe, se destacó que tecnologías como los dispositivos de recuperación de calor en tuberías de desagüe, similares a los que ofrece Thermo Drain, pueden capturar hasta un 25% del calor que normalmente se pierde en el agua caliente doméstica. Esta recuperación resulta especialmente beneficiosa en climas fríos, como los del sur de Ontario en Canadá.

Los sistemas pasivos de recuperación de calor, como Thermo Drain, se alinean bien con los hallazgos del estudio mencionado, ya que no requieren componentes mecánicos complejos y pueden integrarse fácilmente en edificaciones nuevas o existentes. Además, el estudio subraya que estas soluciones tienen bajo costo de instalación y mantenimiento, lo que las convierte en opciones accesibles para hogares y edificios que buscan mejorar su eficiencia sin grandes inversiones (KEB Engineering & Project Management, 2021).

Casos de aplicación en proyectos reales

En términos de implementación práctica, diversos casos de estudio han demostrado la eficacia de tecnologías de recuperación de calor en proyectos residenciales (Li, Wang, & Chen, 2020). Un ejemplo relevante corresponde a un proyecto desarrollado en Vancouver, Canadá, donde se implementó un sistema pasivo de recuperación de calor de aguas residuales similar al Thermo Drain en un complejo de viviendas multifamiliares. Esta instalación permitió reducir aproximadamente un 20% los costos asociados a calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), al disminuir la demanda energética del sistema convencional de calentamiento de agua (City of Vancouver, 2025; EcoInnovation Technologies Inc., 2024).

Otro caso relevante es el proyecto de viviendas sostenibles en Ontario, donde se incorporaron diversas estrategias de eficiencia energética, entre ellas la recuperación de calor de aguas grises. De acuerdo con el informe oficial, esta iniciativa reportó mejoras en indicadores energéticos y ambientales a nivel de proyecto, lo que la convierte en un antecedente útil para comprender el rol de este tipo de tecnologías en edificaciones residenciales (Ontario Ministry of Energy, 2023). En este contexto, Thermo Drain constituye una de las tecnologías de recuperación de calor utilizadas en aplicaciones residenciales, y sus características de diseño y costos de implementación han sido documentados por el fabricante (EcoInnovation Technologies Inc., 2024), lo que permite considerar su funcionamiento dentro del marco de estas experiencias previas sin anticipar resultados específicos para el análisis del presente estudio.

2.2. Contexto de la Vivienda en Temuco

2.2.1. Características climáticas

La comuna de Temuco, ubicada en la Región de La Araucanía, presenta un clima templado lluvioso con inviernos fríos y húmedos. Esta condición se ve reflejada en los registros de la estación Maquehue, que para 2024 reportó una precipitación anual de 974,5[mm] (Dirección Meteorológica de Chile, 2024). Las temperaturas medias anuales oscilan entre

los 6,6[°C] en julio y 17[°C] en febrero. Los meses más fríos son junio y julio, con temperaturas mínimas promedio de 4,6[°C] y 3,5[°C], respectivamente. La humedad relativa es alta durante todo el año, alcanzando su punto máximo en junio con un 86%. Esta combinación de bajas temperaturas y alta humedad genera una alta demanda de calefacción en las viviendas, especialmente durante los meses de invierno. La falta de aislamiento térmico adecuado en muchas construcciones contribuye a un consumo energético elevado y a la emisión de contaminantes como el material particulado fino MP_{2,5}.

2.2.2. Condiciones de las viviendas

Las viviendas unifamiliares en Temuco suelen ser de una o dos plantas, construidas principalmente con estructuras de albañilería u hormigón armado. Los materiales comunes incluyen ladrillo, bloques de hormigón y madera (Universidad de La Frontera, 2015). Sin embargo, muchas de estas construcciones presentan deficiencias en aislamiento térmico, lo que conduce a pérdidas de calor y un consumo energético elevado. Según Gonzalo Verdugo, director de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Mayor sede Temuco, solo el 5% de las viviendas en la región cumplen con las normas de aislamiento térmico vigentes (Verdugo, 2014).

En el caso de viviendas donde la ducha se encuentra ubicada en el primer piso, la instalación de un intercambiador de calor vertical no es viable, ya que este tipo de equipos requiere un tramo vertical de descarga suficiente bajo el punto de desagüe para funcionar correctamente. En un radier tradicional no existe un espacio disponible para alojar un conducto vertical de longitud adecuada, y su incorporación implicaría excavaciones profundas o modificaciones estructurales que generalmente no son factibles.

Por el contrario, la instalación de estos intercambiadores se vuelve técnicamente viable cuando la ducha se encuentra en un segundo piso, ya que el desagüe dispone de una caída vertical suficiente hacia el primer nivel o hacia la red interior de la vivienda. Este tramo permite alojar el equipo en una posición vertical continua, condición necesaria para el funcionamiento eficiente de los sistemas de recuperación de calor basados en intercambio vertical.

2.2.3. Normativas locales

En Chile, la eficiencia energética en la construcción está regulada por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), la cual incorpora la actualización de la Reglamentación Térmica contenida en el artículo 4.1.10. Dicha actualización fue publicada el 27 de mayo de 2024 y entró en vigor el 28 de noviembre de 2025 (MINVU, 2024). Esta modificación introduce exigencias más estrictas en la aislación térmica de techos, muros y pisos ventilados, así como requisitos relacionados con hermeticidad y ventilación, con el objetivo de mejorar el comportamiento térmico de las edificaciones (AOA, 2025).

Además, se ha anunciado una norma que fomenta la reutilización de aguas grises en nuevas construcciones, mediante decreto del MINVU, con el propósito de permitir que el agua de duchas, lavamanos, lavaplatos y lavadoras pueda reutilizarse para riego, WC u otros usos no potables (MINVU, 2025).

2.3. Metodología

El presente trabajo adopta una metodología cuantitativa aplicada, de carácter no experimental y de tipo estudio de caso. El análisis se basa en la recolección de datos secundarios para evaluar, desde una perspectiva teórica, la viabilidad técnica y económica del sistema Thermo Drain en una vivienda unifamiliar ubicada en la ciudad de Temuco. Para ello, se establecen supuestos técnicos estándar, se calculan los potenciales ahorros energéticos mediante un modelo teórico, y se analiza la rentabilidad del sistema.

2.3.1. Análisis Técnico

Selección y descripción de la vivienda unifamiliar de estudio

La vivienda objeto de estudio es una casa unifamiliar aislada de dos pisos, con una superficie total construida de $61[m^2]$. Su diseño responde a criterios de habitabilidad eficiente, confort térmico y bajo consumo energético, lo que la convierte en un modelo adecuado para la implementación del sistema Thermo Drain. En esta vivienda, la ducha se encuentra en el segundo piso y el calefón en el primer piso, instalado en el exterior, una configuración que favorece el funcionamiento del dispositivo al permitir un aprovechamiento óptimo del calor residual de las aguas grises.

Especificaciones técnicas e implementación en la vivienda seleccionada

Thermo Drain es un intercambiador de calor pasivo diseñado para recuperar energía térmica desde las aguas grises generadas principalmente en duchas. Esta tecnología permite precalentar el agua fría de alimentación al calefón, utilizando el calor residual del agua caliente que se pierde habitualmente por el desagüe.

Este sistema contribuye significativamente al ahorro energético en la producción de agua caliente sanitaria (ACS), reduciendo el consumo de Gas Licuado de Petróleo (GLP).

- Tipo de intercambiador: Tubería coaxial vertical.
- Material principal: Cobre de alta conductividad térmica.
- Diámetro nominal: 2" en la salida y $\frac{1}{2}$ " en la entrada de agua fría.
- Largo estándar del tubo: 32" a 62" (aproximadamente $0,81[m]$ a $1,57[m]$).
- Capacidad de recuperación: Hasta un 40% del calor del agua usada en la ducha.
- Instalación recomendada: Vertical, en descarga de ducha.
- Requisitos de flujo: Agua caliente residual de ducha y agua fría deben circular simultáneamente.
- Funcionamiento: Pasivo.

Ubicación de instalación

El sistema Thermo Drain se instalará en la línea de desagüe de la tina del baño, en una sección vertical previa a la conexión al alcantarillado.

El sistema se conectará a la línea de alimentación de agua fría que abastece al calefón exterior, permitiendo que el agua ingrese precalentada al equipo. Si bien el fabricante del sistema Thermo Drain no especifica una distancia mínima recomendada entre el intercambiador y el calefón, la eficiencia del precalentamiento puede verse afectada por las pérdidas térmicas en la conducción, las cuales aumentan a medida que la distancia es mayor. Por este motivo, y con el fin de conservar la mayor temperatura posible en el agua

precalentada, en este estudio se adopta como criterio técnico que el Thermo Drain y el calefón deben instalarse a la menor distancia posible, favoreciendo una disposición compacta y minimizando la pérdida de calor en el trayecto.

Adaptaciones mínimas requeridas

Redireccionamiento de la tubería de desagüe de la tina a una posición vertical de al menos 1[m] de longitud.

Conexión de agua fría hacia la entrada del intercambiador.

Se incorporará aislamiento térmico en la sección donde se instalará el intercambiador, aun cuando este se ubique al interior de un shaft. Se utilizará lana mineral como material aislante, dado que ofrece una buena resistencia térmica y permite reducir las pérdidas de calor hacia el entorno, mejorando así el aprovechamiento del precalentamiento entregado por el sistema. Además, su costo es bajo y su instalación simple, por lo que se incluirá dentro de los materiales adicionales considerados para la instalación del Thermo Drain en este estudio.

Ventajas esperadas

Reducción de consumo energético en calefón con gas licuado, especialmente en horas pico de uso en duchas y un retorno de inversión en mediano plazo.

Justificación Técnica y Energética

La vivienda, con una superficie de 61[m²], cuenta con un solo baño y un sistema de calefacción de agua individual mediante calefón de tiro forzado. Este contexto reduce la complejidad de la instalación y optimiza la eficiencia de Thermo Drain, al centralizar la recuperación térmica en un punto de alto uso como es el baño. Además, al estar equipada con una envolvente térmica eficiente y ventanas termopanel, el uso energético en calefacción es bajo, lo que hace que la eficiencia del consumo de agua caliente tenga un mayor peso relativo en el balance energético total de la vivienda.

Cálculos de eficiencia energética y consumo

Con el objetivo de cuantificar el ahorro energético potencial del sistema Thermo Drain, se utilizó una planilla de cálculo proporcionada por el fabricante, diseñada para modelar la eficiencia térmica del sistema en función de parámetros de uso doméstico típicos. Esta herramienta permite simular distintos escenarios de instalación, considerando datos reales o estimados del consumo de agua caliente sanitaria (ACS) en contextos residenciales.

Para este análisis se consideró la configuración #2 de instalación presentada en la Figura N°2. Además, se emplearon datos representativos del uso de duchas en hogares chilenos, complementados con información específica para este estudio. Las variables incluidas en el cálculo fueron:

- Duración promedio de la ducha: 10 minutos (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2018)
- Frecuencia de uso: 4 duchas diarias (Ministerio de Salud [MINSA], 2019)

- Caudal de agua: 9,5 litros por minuto (Superintendencia del Medio Ambiente [SMA], 2020)
- Temperatura del agua caliente: 38°C (Centro Chileno de Construcción [CChC], 2018)
- Temperatura del agua fría: 10°C (Dirección General de Aguas [DGA], 2021)
- Eficiencia del sistema de calentamiento de agua (gas licuado): 88% (Ministerio de Energía, 2020)

Según el fabricante, el equipo seleccionado “TDH3335B” posee una eficiencia nominal del 42,1%. Este valor representa el porcentaje de energía térmica potencialmente recuperable a partir del flujo de agua residual caliente.

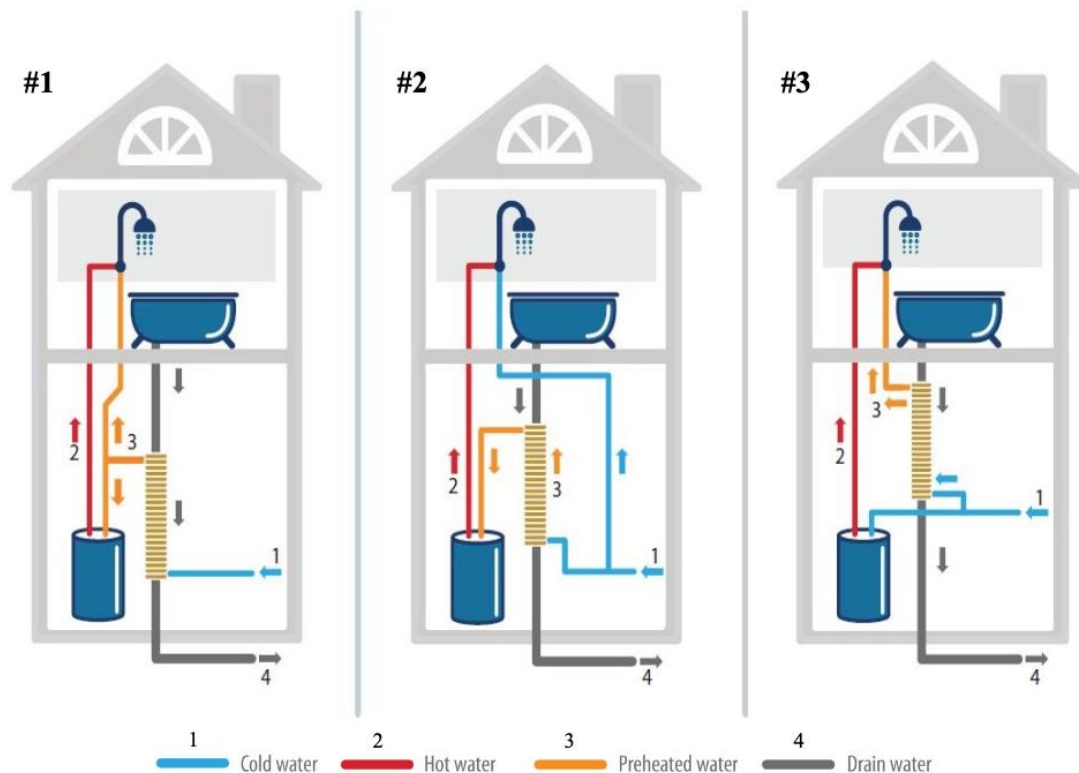


Figura N°2. Configuraciones de instalación según fabricante.

3. Resultados obtenidos

A partir de los datos seleccionados, se estimó el ahorro anual en consumo de gas licuado utilizando Thermo Drain.

Se consideró lo siguiente:

Consumo aproximado: 0,17[m³] de GLP por ducha.

A continuación, se detalla el cálculo para dicha cantidad.

Volumen de agua usada en 10 minutos: Se considera un caudal estándar según RIDAA (Figura N°9, Anexos) de $10 \left[\frac{L}{min} \right]$.

$$10[min] * 10 \left[\frac{L}{min} \right] = 100[L]$$

Energía necesaria para calentar el agua: Debemos calentar agua desde una temperatura inicial hasta $38[^\circ C]$, suponiendo que el agua fría entra a unos $10[^\circ C]$, el aumento de temperatura es:

$$\Delta T = 38[^\circ C] - 10[^\circ C] = 28[^\circ C]$$

La fórmula para calcular energía (Q) es:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Donde:

- m : lamasa del agua, $100 [kg]$ (considerando que $\rho = 1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$)
- c : calor específico del agua, $4,18 \left[\frac{kJ}{kg^\circ C} \right]$
- $\Delta T = 28[^\circ C]$

$$Q = 100 \cdot 4,18 \cdot 28 = 11.704 [kJ]$$

El poder calorífico del GLP depende de la composición de la mezcla (proporciones de propano y butano). Sin embargo, para efectos de este estudio se emplea el valor reportado oficialmente por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) en un informe técnico asociado a Abastible. Según este documento, el poder calorífico volumétrico del GLP es de $18.246,8 \left[\frac{kcal}{m^3} \right]$, equivalente a aproximadamente $76.400 \left[\frac{kJ}{m^3} \right]$ (Superintendencia del Medio Ambiente, 2024).

Entonces, para obtener $11.704 [kJ]$:

$$\text{Volumen GLP} = \frac{11.704}{76.400} \approx 0,153 [m^3]$$

Dado que el calefón seleccionado presenta una eficiencia (rendimiento medio) del 88% (Figura N°10, Anexos), solo esa proporción de la energía del GLP se transforma efectivamente en calor útil para el calentamiento del agua, por lo que es necesario dividir la energía útil entre 0,88 para obtener el volumen real de GLP consumido.

$$\text{Volumen GLP} = \frac{0,153}{0,88} \approx 0,17 [m^3]$$

Por lo tanto, para una ducha de 10 minutos a $38[^\circ C]$ con caudal de $10 \left[\frac{L}{min} \right]$, se requieren aproximadamente $0,17 [m^3]$ de GLP.

$$\text{GLP anual sTD} = 0,17 \left[\frac{m^3}{ducha} \right] * 4 [ducha] * 365 [días] \approx 248 \left[\frac{m^3}{año} \right]$$

3.1. Ahorro estimado con Thermo Drain

Antes de estimar el ahorro anual de GLP, es necesario analizar un aspecto fundamental, el poder calorífico del gas utilizado en los cálculos. Esto es relevante porque el valor empleado influye directamente en la conversión entre energía térmica (kWh) y volumen de GLP (m³), afectando así los resultados de consumo y ahorro.

En Chile, según información reportada por Abastible, el GLP posee un poder calorífico de $76.400 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right]$. Sin embargo, el fabricante de Thermo Drain utiliza un valor distinto para sus estimaciones. En sus herramientas de cálculo se indica que 1 [kWh] equivale a 0,0962 [m³] de GLP, lo que corresponde a un poder calorífico según fabricante (PCF) de aproximadamente $37.411 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right]$:

$$PCF = \frac{1}{0,0962} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right] = 10,392 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right] * 3.600 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kWh}} \right] \approx 37.411 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right]$$

Debido a esta diferencia, es necesario considerar dos escenarios:

1. Poder calorífico utilizado por el fabricante.
2. Poder calorífico del GLP disponible en Chile por Abastible.

De este modo, los resultados obtenidos podrían reflejar adecuadamente el ahorro energético al implementar el sistema, que es el objetivo de la presente evaluación técnica.

Escenario N°1: Según fabricante.

$$\text{Poder calorífico GLP} = 37.411 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right]$$

Se calcula nuevamente el consumo de GLP por ducha:

$$\text{Volumen GLP} = \frac{11.704}{37.411} \approx 0,313 \text{ [m}^3\text{]}$$

A una eficiencia del 88% en el calefón:

$$\text{Volumen GLP} = \frac{0,313}{0,88} \approx 0,356 \text{ [m}^3\text{]}$$

Por lo tanto, para una ducha de 10 minutos a 38[°C] con caudal de $10 \left[\frac{\text{L}}{\text{min}} \right]$, se requieren aproximadamente 0,356 [m³] de GLP.

Consumo anual de GLP sin Thermo Drain

$$\text{GLP anual STD} = 0,356 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ducha}} \right] * 4 [\text{ducha}] * 365 [\text{días}] \approx 520 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right]$$

El ahorro anual de GLP no se calculó manualmente, sino que proviene directamente del archivo Excel entregado por el fabricante de Thermo Drain (ver tabla N°1). Esta

herramienta ya incorpora todos los factores relevantes del sistema como caudales, temperaturas, eficiencia del equipo, condiciones de uso y entrega un ahorro teórico esperado según la configuración ingresada. Por lo mismo, la cantidad final de gas ahorrado corresponde al valor que proporciona el propio fabricante.

Tabla N°1. Resultados obtenidos según parámetros de entrada.

Selección de modelo		Escenario 1
Modelo seleccionado	TDH3335B – Eficiencia del modelo: 42,1%	
Eficiencia nominal de la unidad	42,1%	
Cálculos		
Energía recuperada anualmente	1.717 kWh	
Volumen de gas recuperado anualmente	165 m³	

Consumo anual de GLP con Thermo Drain

$$\text{GLP anual cTD} = 520 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right] - 165 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right] = 355 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right]$$

$$\text{Energía recuperada} = 165 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right] \rightarrow 32\%$$

Escenario N°2: Según proveedor de GLP en Chile, Abastible.

$$\text{Poder calorífico GLP} = 76.400 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right]$$

Utilizamos el consumo de GLP por ducha obtenido anteriormente:

$$\text{Volumen GLP} \approx 0,17 \left[\text{m}^3 \right]$$

Por lo tanto, para una ducha de 10 minutos a 38[°C] con caudal de 10 $\left[\frac{\text{L}}{\text{min}} \right]$, se requieren aproximadamente 0,17 [m³] de GLP.

Utilizamos el consumo anual de GLP sin Thermo Drain obtenido anteriormente en el punto **a**.

Consumo anual de GLP sin Thermo Drain

$$\text{GLP anual sTD} = 248 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right]$$

Aunque el poder calorífico del GLP utilizado en Chile no coincide con el que emplea el fabricante en su hoja de cálculo, el porcentaje de ahorro entregado por Thermo Drain podría aplicarse en este análisis. Esto se debe a que dicho porcentaje refleja la energía que el sistema lograría recuperar, y esta depende principalmente del caudal, las temperaturas y la configuración hidráulica, no del poder calorífico del combustible. Por lo mismo, se tomó el ahorro relativo informado por el fabricante (32%) y luego se ajustó al poder calorífico del GLP disponible en Chile para obtener

el ahorro final expresado en $[m^3]$. Además, este enfoque se mantiene dentro del margen de eficiencia nominal del equipo, por lo que la extrapolación resultaría coherente con el desempeño esperado del sistema.

$$\text{Energía recuperada} \approx 80 \left[\frac{m^3}{\text{año}} \right] \rightarrow 32\%$$

Consumo anual de GLP con Thermo Drain

$$\text{GLP anual cTD} = 248 \left[\frac{m^3}{\text{año}} \right] - 80 \left[\frac{m^3}{\text{año}} \right] = 168 \left[\frac{m^3}{\text{año}} \right]$$

Estos resultados reflejarían una reducción significativa en el consumo energético del sistema de agua caliente sanitaria, lo cual se traduce en menores costos operacionales y una disminución en las emisiones asociadas al uso de combustibles fósiles.

Consideraciones

El modelo de cálculo considera condiciones promedio, por lo tanto, puede ser ajustado a otras realidades mediante la modificación de los parámetros de entrada. Asimismo, si bien la eficiencia del intercambiador depende del caudal, temperatura de entrada y configuración del sistema, los valores obtenidos permiten estimar de forma razonable el impacto energético del uso de Thermo Drain en contextos residenciales similares.

En este estudio, se utilizó la configuración de instalación #2 (ver Figura N°2) dentro del escenario correspondiente al precalentamiento de agua para ducha con una eficiencia del 79% (según fabricante) en la transferencia de calor del sistema.

3.2. Análisis Económico

Costos iniciales de implementación

Incluye todos los gastos necesarios para poner en funcionamiento el sistema:

- Costo del equipo
- Costos de envío e importación
- Costos de instalación: Mano de obra especializada y materiales auxiliares.
- Modificaciones estructurales en la vivienda

Costo del equipo importado

Equipo Thermo Drain: 367 USD

Precio referencial directo desde el proveedor canadiense (EcoInnovation Technologies Inc., 2024).

Envío internacional desde Canadá a Chile: 92 USD

En condiciones reales de mercado, la importación de este tipo de equipamiento se realiza mediante envíos consolidados o transporte marítimo, lo que permite distribuir los costos logísticos entre múltiples unidades y reducir el costo unitario de transporte. La literatura sobre evaluación económica de proyectos indica que los

costos de importación (transporte, seguros y logística) suelen representar entre un 20% y 30% del valor del equipo, dependiendo del volumen y modalidad de envío (Sapag & Sapag, 2014; Blank & Tarquin, 2012). En consecuencia, para el presente análisis se adopta un escenario de importación comercial optimizado, considerando un costo de transporte equivalente a aproximadamente 25% del valor del sistema, con el fin de reflejar de manera más realista el costo de implementación y evitar una sobreestimación de la inversión inicial.

Tributos aduaneros: 115 USD

Aplicados en Chile, basado en normativa tributaria para importaciones personales o pequeñas cantidades (Comisión Nacional de Energía, 2019) Arancel de importación (6%), IVA (19%)

Conversión a moneda nacional (CLP)

Tipo de cambio aplicado (20 de octubre de 2025):

USD 1 = CLP 951,19 (Banco Central de Chile, 2025).

Costos de instalación en la vivienda

El sistema requiere una instalación sanitaria sencilla, pero especializada. A continuación, se detalla el presupuesto estimado basado en rendimientos reales de cuadrillas de gasfitería:

Tareas incluidas:

- Retiro parcial de tabiques o revestimientos
- Instalación del intercambiador vertical
- Ajuste de conexiones en tubería PVC
- Reconexión a red de agua caliente
- Pruebas hidráulicas básicas
- Rendimiento: 1 jornada completa (maestro + ayudante)

Tabla N°2. Análisis de precios unitarios para instalación del sistema.

Ítem	Cantidad	Precio Unitario (CLP)	Subtotal
Mano de obra (cuadrilla por jornada)	1	\$80.000	\$80.000
Materiales adicionales	1	\$20.000	\$20.000
Modificaciones en vivienda (tabiques, accesos, sellado)	1	\$100.000	\$100.000
Total, instalación			\$200.000

Estos valores se basan en tarifas del mercado actual de servicios de gasfitería en Chile (Gasfiter a Domicilio Santiago, 2024; Instalaciones Aire Acondicionado Chile, 2024).

Costos operativos a largo plazo

Dado que el sistema Thermo Drain opera de forma pasiva y no requiere consumo de energía eléctrica ni componentes mecánicos móviles, los costos de mantenimiento se consideran despreciables en el análisis económico, esto podría variar dependiendo de la dureza que posea el agua potable utilizada en caso de instalar el sistema en otra comuna o región del país. El fabricante establece una garantía limitada de cinco años contra defectos de fabricación; sin embargo, se asumió una vida útil estimada de 20 años, considerando su diseño pasivo y la durabilidad esperada de sistemas sanitarios metálicos bajo condiciones normales de uso.

Resumen de costos

Esta inversión inicial es razonable considerando los beneficios energéticos a mediano plazo. Al tratarse de un sistema pasivo, no requiere energía adicional para operar y presenta costos operacionales prácticamente nulos, aumentando su viabilidad a largo plazo en zonas de alta demanda térmica (EcoInnovation Technologies Inc., 2024).

Tabla N°3. Resumen de costos de implementación.

Costo del equipo Thermo Drain	\$367	USD
Costo de envío	\$92	USD
Subtotal	\$459	USD

Arancel importación (6%)	\$28	USD
IVA (19%)	\$87	USD
Total, tributos aduaneros	\$115	USD

Subtotal	\$574	USD
	\$545.983	CLP

Costos de instalación	\$100.000	CLP
Modificaciones en la vivienda	\$100.000	CLP
Subtotal instalación	\$200.000	CLP

Total, producto instalado	\$745.983	CLP
----------------------------------	------------------	------------

Análisis de Retorno de Inversión (ROI) y amortización

a. Ahorro Anual Estimado

A partir de los resultados obtenidos en la sección 3, se estima el potencial ahorro económico que podría obtenerse con la implementación propuesta.

Se consideró lo siguiente:

Precio del gas licuado en Temuco (2025): $4.858 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{m}^3} \right]$, (según precios de Abastible 2025, Figura N°4, anexos)

b. Costos anuales sin Thermo Drain

$$248[\text{m}^3] * 4.858 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{m}^3} \right] = 1.204.784 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{año}} \right]$$

c. Ahorro estimado con Thermo Drain

$$\text{Energía recuperada} = 32\% \rightarrow 80 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right] \quad (\text{Escenario N}^\circ 2)$$

Ahorro económico:

$$80[\text{m}^3] * 4.858 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{m}^3} \right] = 388.640 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{año}} \right]$$

d. Cálculo del Retorno de Inversión (ROI)

El Retorno de Inversión (ROI) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{ROI} = \left(\frac{\text{Ahorro Anual}}{\text{Inversión Total}} \right) * 100 = \left(\frac{388.640}{745.983} \right) * 100 \approx 52\%$$

Esto significa que, en un año, la inversión realizada en el sistema genera un beneficio equivalente al 52% del dinero que se utilizó para instalarlo.

e. Periodo de Amortización

El tiempo estimado para recuperar la inversión a través de los ahorros generados es:

$$\text{Periodo de amortización} = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Ahorro Anual}} = \frac{745.983}{388.640} \approx 1,92 \text{ [años]}$$

f. Proyección de Ahorros Acumulados

A continuación, se presenta una estimación de los ahorros totales acumulados en distintos periodos, sin considerar variaciones en el precio del gas:

Tabla N°4. Proyecciones de ahorro con Thermo Drain.

Años	Ahorro acumulado (CLP)
5	\$1.943.200
10	\$3.886.400
15	\$5.829.600

g. Escenarios de Sensibilidad

Posible aumento en el precio del gas (20%)

$$\text{Precio ajustado: } 5.829 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\text{Nuevo ahorro anual: } 80 * 5.829 = \text{CLP } 466.320$$

$$\text{ROI ajustado: } \frac{466.320}{745.983} * 100 = 62,5\%$$

$$\text{Nueva amortización: } 1,6 \text{ [años]}$$

3.3. Evaluación de Impacto Ambiental

Reducción de emisiones de CO₂

Factor de emisión del gas licuado: $2,96 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3} \right]$ (Ministerio de Medio Ambiente de Chile, 2024)

Emisiones evitadas por año:

$$80 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right] * 2,96 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3} \right] = 236,8 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{año}} \right]$$

Contribución a sostenibilidad energética

La implementación del sistema Thermo Drain contribuye a la sostenibilidad energética residencial al permitir una reducción estimada del 32% en el consumo de energía destinada al calentamiento de agua en duchas, lo que disminuye la dependencia de combustibles fósiles como el Gas Licuado de Petróleo (GLP). Asimismo, la incorporación de tecnologías de recuperación de calor se alinea con los objetivos actuales de eficiencia energética en viviendas y presenta el potencial de integrarse en futuros programas o incentivos orientados a la construcción sustentable.

3.4. Comparación con sistemas convencionales de calefacción

Al evaluar el sistema Thermo Drain frente a sistemas convencionales de calentamiento de agua como calefones a gas, sistemas eléctricos de resistencia, bombas de calor y colectores solares térmicos, es importante destacar que este equipo no los reemplaza, sino que actúa como un complemento que mejora su eficiencia y reduce su consumo energético. En comparación, los sistemas de recuperación de calor tradicionales pueden alcanzar eficiencias entre un 40% y un 60%, según estudios técnicos (McNabola & Shields, 2022).

3.4.1. Consumo energético anual

Los calentadores eléctricos en viviendas familiares pueden representar un costo relevante dentro del consumo energético total, aunque el gasto exacto depende del uso específico de cada hogar. Según datos del Ministerio de Energía (2019), un hogar promedio en Chile consume aproximadamente 8.083 [kWh] de energía final al año. De este total, cerca de un 20% corresponde al calentamiento de agua sanitaria (ACS), lo que equivale a aproximadamente 1.617 [kWh] anuales. Para efectos comparativos, se analiza el escenario de viviendas que utilizan calentadores eléctricos de agua para duchas, asumiendo que el total del consumo energético destinado al calentamiento de agua sanitaria es cubierto mediante electricidad. Bajo esta premisa, y considerando un precio promedio de $262,5 \left[\frac{\text{CLP}}{\text{kWh}} \right]$ (GlobalPetrolPrices, 2025), el gasto asociado al calentamiento eléctrico de agua alcanza aproximadamente 425.000 [CLP] anuales.

No obstante, si se implementa un sistema de recuperación de calor como ThermoDrain, el cual permite reducir la demanda energética en torno a un 32%, el gasto anual disminuiría aproximadamente a 289.000 [CLP], lo que representa un ahorro cercano a 136.000 [CLP] al año.

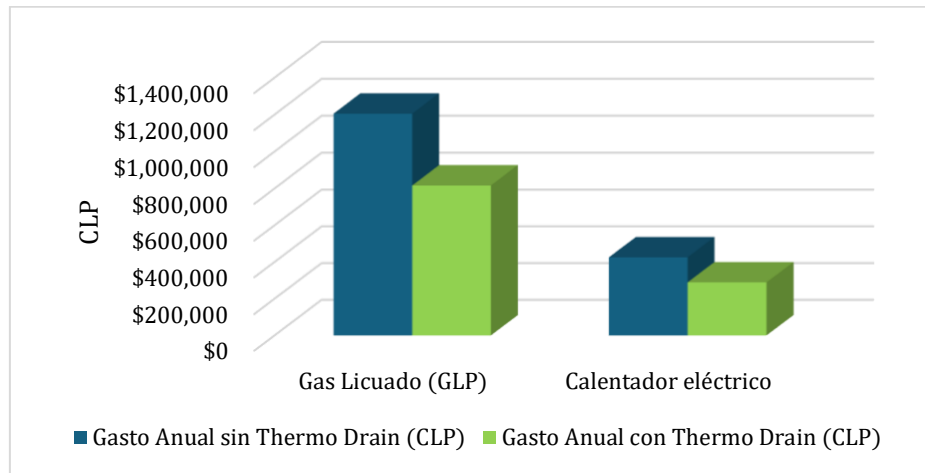


Figura N°3. Comparativa de gasto anuales en sistemas de calefacción.

3.5. Resultados Esperados

La implementación del sistema Thermo Drain en la vivienda de estudio se espera que genere beneficios significativos en términos de eficiencia energética, reducción de costos operacionales y mejora en el confort térmico de los ocupantes. A continuación, se detallan los principales resultados esperados:

Reducción en el consumo energético para agua caliente

Se proyecta que la recuperación de calor desde el agua de drenaje permita una reducción del consumo energético asociado al calentamiento de agua entre un 20% y 40%, en concordancia con estudios y estimaciones realizadas por entidades internacionales como:

- Manitoba Hydro: ahorro estimado superior al 25%, (Manitoba Hydro, 2023)
- Hydro Québec: ahorro estimado entre 20% y 40%, (Transition énergétique Québec, 2023)
- Enbridge Gas: ahorro promedio de 30%, (Enbridge Gas, 2023)

Disminución del gasto en energía

Como consecuencia directa de la reducción en el uso del calefón, se espera una disminución significativa en la factura mensual de gas, uno de los principales gastos energéticos en viviendas chilenas con calefón de GLP.

Prolongación de la vida útil del calefón

Al ingresar agua ya precalentada, el calefón trabajará con menor esfuerzo térmico, lo que se traduce en menor desgaste de sus componentes y una prolongación de su vida útil, reduciendo la frecuencia de reparaciones o reemplazo del equipo.

Aumento en la disponibilidad de agua caliente

El precalentamiento del agua de entrada incrementa la eficiencia térmica del sistema, permitiendo una mayor disponibilidad y continuidad de agua caliente, especialmente en sistemas sin acumulación (como calefones de paso), mejorando la experiencia de los usuarios.

Compatibilidad con sistemas existentes y futuros

El sistema Thermo Drain es compatible con cualquier tipo de calentador de agua (a gas o eléctrico, por ejemplo), ya que se adapta sin necesidad de modificar la infraestructura existente, solamente la conexión de agua fría. Además, continuará siendo útil si el sistema de calentamiento se actualiza en el futuro.

Bajo mantenimiento y alta durabilidad

Al no poseer partes móviles ni componentes eléctricos, el sistema presenta una larga vida útil (más de 20 años según el fabricante) y no requiere mantenimiento regular. Su fabricación en cobre garantiza resistencia a la corrosión y un rendimiento térmico estable en el tiempo.

En conjunto, estos resultados esperados permiten proyectar una mejora integral en el desempeño energético de la vivienda. El sistema no solo contribuye al ahorro económico y energético, sino que también incrementa el valor de la vivienda en términos de habitabilidad eficiente.

4. Discusión

4.1. Comparativa con otros sistemas

Los resultados obtenidos al evaluar teóricamente la instalación del sistema en la vivienda seleccionada revelaron una posible reducción del consumo energético de aproximadamente un 32% asociado al precalentamiento de agua, lo que representa un ahorro significativo frente a tecnologías convencionales. Comparado con sistemas tradicionales como termos eléctricos o calderas a gas, Thermo Drain presenta una ventaja clara en términos de eficiencia energética, ya que estos sistemas mencionados no recuperan el calor del agua residual, lo que implica una mayor demanda de energía primaria para elevar la temperatura del agua fría.

En relación con otras tecnologías de recuperación de calor, como sistemas solares térmicos, Thermo Drain se destaca por su simplicidad, bajo costo de instalación y mantenimiento mínimo. A diferencia de los sistemas solares, que dependen fuertemente de la radiación solar disponible y requieren almacenamiento térmico, Thermo Drain opera de forma continua y pasiva siempre que haya consumo de agua caliente, siendo especialmente efectivo en hogares con alta frecuencia de duchas o baños prolongados.

4.2. Análisis de ventajas y desventajas

Ventajas

El sistema Thermo Drain presenta como principal ventaja su facilidad de integración en viviendas existentes, ya que puede instalarse sin requerir modificaciones estructurales complejas. Además, contribuye a la reducción de la huella de carbono, al disminuir la demanda de energía proveniente de fuentes convencionales utilizadas en el calentamiento de agua sanitaria.

Desventajas

Entre sus principales limitaciones se encuentra la dependencia del patrón de uso de agua caliente, ya que su eficiencia disminuye en viviendas con bajo uso de duchas. Asimismo, el sistema requiere una instalación vertical con altura suficiente, condición que generalmente solo se cumple en baños ubicados en segundo piso, lo que restringe su aplicación en algunos casos.

4.3. Factores que influyen en el éxito de la implementación

La localización geográfica de Temuco, caracterizada por un clima frío y húmedo durante gran parte del año, implica un alto consumo de agua caliente, lo que potencia el beneficio de un sistema como Thermo Drain. Además, el tipo de vivienda permitiría una implementación eficiente sin grandes intervenciones técnicas.

Otros factores clave a considerar

Hábitos de consumo: Familias con rutinas de duchas diarias o prolongadas maximizan la recuperación de calor.

Temperatura del agua de red: En zonas frías, el contraste térmico entre el agua residual y el agua fría de entrada es mayor, lo que mejora la eficiencia del intercambiador.

Conciencia energética del usuario: Hogares comprometidos con la reducción de su consumo energético tienden a adoptar y aprovechar mejor este tipo de tecnologías.

4.4. Limitaciones del estudio

- Falta de medición directa del caudal y temperaturas en tiempo real, lo que obligó a realizar estimaciones basadas en datos promedio.
- Periodo de evaluación limitado, lo que podría no reflejar variaciones estacionales o cambios en el comportamiento del usuario.
- Dificultades para comparar resultados con viviendas similares sin intervención, debido a la variabilidad de hábitos, equipamiento y estructuras.
- Falta de estandarización en tecnologías pasivas de recuperación de calor, lo que complica la comparación directa con otros sistemas.

5. Conclusiones

El presente estudio evaluó la viabilidad técnica y económica de implementar el sistema Thermo Drain en una vivienda unifamiliar ubicada en la ciudad de Temuco, Región de La Araucanía, Chile. Para ello, se desarrolló un análisis teórico cuantitativo basado en el modelamiento del consumo de agua caliente sanitaria y el uso de un calentador de agua alimentado por Gas Licuado de Petróleo (GLP). Se analizaron distintas configuraciones del sistema, seleccionándose aquella que permite su integración directa en la alimentación del calentador con mínimas modificaciones en la red sanitaria existente. Asimismo, se estimaron los costos asociados, los ahorros energéticos, el retorno de la inversión y la reducción de emisiones.

Los resultados indican que el sistema puede aplicarse técnicamente en viviendas ubicadas en zonas de clima frío como Temuco, donde la demanda de agua caliente sanitaria es significativa. Su funcionamiento permite recuperar calor del agua residual de la ducha, reduciendo la energía necesaria para alcanzar la temperatura requerida. Debido a su operación pasiva, sin consumo eléctrico adicional ni componentes mecánicos complejos, su instalación resulta factible en sistemas domésticos existentes.

Desde el punto de vista energético, la instalación del sistema permitiría una reducción estimada del 32% en el consumo de energía destinada al calentamiento de agua sanitaria, lo que representa una mejora relevante en la eficiencia del sistema, especialmente en viviendas con alto uso de duchas.

En términos económicos, el sistema presenta un costo inicial moderado y bajos requerimientos de mantención, permitiendo reducir el gasto asociado al calentamiento de agua y alcanzar un periodo de amortización cercano a los dos años en el caso analizado. La vida útil proyectada, superior a 20 años, refuerza su conveniencia como inversión doméstica.

Desde el punto de vista ambiental, la disminución del consumo energético permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, estimándose una reducción aproximada de 237 kg de CO₂ por año bajo las condiciones consideradas. Este resultado evidencia el potencial del sistema para disminuir el impacto ambiental asociado al uso de combustibles fósiles en el sector residencial.

El estudio presenta limitaciones propias de su carácter teórico, debido a la ausencia de mediciones reales de variables como caudal y temperatura del agua. Por ello, se recomienda desarrollar estudios piloto con monitoreo experimental, aplicar el sistema en distintas tipologías de vivienda y regiones climáticas, y evaluar configuraciones de recuperación de calor más complejas.

La implementación de sistemas de recuperación de calor como Thermo Drain podría facilitarse mediante su eventual incorporación en programas de mejoramiento energético existentes en Chile. Entre ellos, se encuentran el Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF), regulado por el Decreto Supremo N.º 255, y el Programa de Mejoramiento de Viviendas y Barrios (D.S. N.º 27), los cuales financian medidas orientadas a mejorar la eficiencia energética en viviendas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU], 2006, 2016). Asimismo, iniciativas impulsadas por la Agencia de Sostenibilidad Energética han promovido la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector residencial, lo que sugiere que tecnologías de recuperación de calor podrían integrarse como soluciones complementarias dentro de este tipo de programas (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2022).

6. Referencias

- Adkins, C. J. (1983). Equilibrium thermodynamics (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Agencia de Sostenibilidad Energética. (2022). Programas de eficiencia energética en el sector residencial.
- AOA (Asociación de Oficinas de Arquitectos). (2025). Nueva Reglamentación Térmica y Calificación Energética de Viviendas.
- Banco Central de Chile. (2025). Tipos de cambio y paridades.
- Blank, L., & Tarquin, A. (2012). Engineering economy (7th ed.). McGraw-Hill.
- Cabrera Aedo, M. (2012). Evaluación técnico-económica de mejora del combustible leña en las comunas de Temuco y Padre Las Casas para reducir el contenido de contaminantes en el aire (Tesis de pregrado). Universidad de Valparaíso.
- Cámara Chilena de la Construcción (CChC). (2018). Manual de eficiencia energética en viviendas.
- City of Vancouver. (2025, October 16). City completes energy centre expansion delivering low-carbon heating to more homes and businesses in False Creek, Mount Pleasant [Press release].
- Comisión Nacional de Energía (CNE). (2019). Informe técnico sobre características del gas licuado de petróleo (GLP).
- ConforTemp SpA. (2024). Servicio de instalación sobre techo de aire acondicionado. ConforTemp.cl.
- DHL Express. (2025). Cotización de envío internacional desde Canadá a Chile.
- Diario Sustentable. (2015). Ahorro energético con tecnologías de recuperación de calor en viviendas.
- Dirección General de Aguas. (2021). Temperaturas promedio del agua en la zona sur de Chile.
- Dirección Meteorológica de Chile. (2024). Precipitación anual, estación Maquehue (Temuco) – normal anual: 974,5 mm. Servicio Climático, MeteoChile.
- EcoInnovation Technologies Inc. (2024). Thermo Drain: Enhancing home energy efficiency with passive wastewater heat recovery systems [Technical brochure].
- Enbridge Gas. (2023). Residential energy efficiency rebates and incentives.
- Fowler, R. H. (1939). Statistical mechanics: The theory of the properties of matter in equilibrium. Cambridge University Press.
- Gasfiter a Domicilio Santiago. (2024). Servicios de gasfitería a domicilio en Santiago. Yapo.cl.
- GlobalPetrolPrices. (2025). Chile electricity prices, March 2025.
- Götz, G., Witte, M., & Bartels, M. (2013). Energy savings and economic evaluation of a greywater heat recovery system in residential buildings. *Journal of Renewable Energy*, 50, 507–516.
- INTEWA GmbH. (s.f.). Heat recycling with treated greywater.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2018). Encuesta Nacional de Uso de Agua en Hogares.
- Joule, J. P. (1845). On the mechanical equivalent of heat. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 140, 61–82.
- KEB Engineering & Project Management. (2021). Waste-Water Heat Recovery Report (Final Report). WR Community Energy.
- Li, Y., Wang, J., & Chen, H. (2020). Wastewater heat recovery for residential buildings: A review of technologies and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128, 109913.
- Manitoba Hydro. (2023). Water heating guide.
- McNabola, A., & Shields, S. (2022). Comprehensive analysis of the state of technology in the field of waste heat recovery from grey water. *Energies*, 16(1), 137.

- Ministerio de Energía. (2019, December 12). Estudio revela que el 73% del consumo energético de los hogares se destina a calefacción/climatización y agua caliente.
- Ministerio de Energía. (2020). Informe sobre eficiencia energética en sistemas de calentamiento domiciliario.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2024). Factores de emisión de gases de efecto invernadero.
- Ministerio de Salud (MINSAL). (2019). Hábitos de higiene en familias chilenas.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2006). Decreto Supremo N.º 255 (V. y U.): Reglamento del Programa de Protección del Patrimonio Familiar.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2016). Decreto Supremo N.º 27 (V. y U.): Reglamento del Programa de Mejoramiento de Viviendas y Barrios.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2017). Manual de instalaciones sanitarias domiciliarias.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2024). Nueva Reglamentación Térmica. Modificación artículo 4.1.10 de la OGUC.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). (2025). Norma sobre reutilización de aguas grises en nuevas construcciones.
- Municipalidad de Temuco & Universidad de La Frontera. (2020). Resumen Ejecutivo PLADECO Temuco 2020–2024.
- Observatorio CIREN. (s.f.). Clima Temuco: precipitaciones invernales promedio.
- Ontario Ministry of Energy. (2023). Advancements in sustainable housing: Energy efficiency and emissions reduction through wastewater heat recovery.
- Piotrowska, B., & Słyś, D. (2023). Analysis of the life cycle cost of a heat recovery system from greywater using a vertical “tube-in-tube” heat exchanger: Case study of Poland. *Resources*, 12(9), 100.
- Sapag, N., & Sapag, R. (2014). Preparación y evaluación de proyectos (6ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (s.f.). Reglamento de certificación de productos a gas de uso residencial. Gobierno de Chile.
- Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). (2020). Normativa de eficiencia hídrica en duchas y grifería.
- Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). (2024). Informe Técnico de Fiscalización – Planta de Emulsiones: Poder Calorífico del GLP Abastible (Informe N.º 1104375266). Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental (SNIFA).
- Transmitancia Consultores. (2025, August 18). Nueva Reglamentación Térmica Art. 4.1.10 de la OGUC.
- Transition énergétique Québec. (2023). Conseils utiles – Eau chaude.
- Universidad de La Frontera. (2015). Diagnóstico de tipologías constructivas en viviendas de Temuco.
- Verdugo, G. (2014). Entrevista sobre eficiencia energética y aislamiento térmico en viviendas del sur de Chile. *Diario Austral de La Araucanía*.
- Zemansky, M. W., & Dittman, R. H. (1997). *Heat and thermodynamics* (7th ed.). McGraw-Hill Education.

7. Anexos

Precio Lista Gas licuado Clientes Medidores Abastible S.A.

Tarifas en \$/M3 Gas Licuado Normal

Región	Comuna	Vigente desde 02-01-2025
IX Región de La Araucanía	Perquenco	\$ 4.915
	Villarrica	\$ 4.915
	Loncoche	\$ 4.915
	Teodoro Schmidt	\$ 4.915
	Cunco	\$ 4.915
	Saavedra	\$ 4.915
	Pucón	\$ 4.915
	Toltén	\$ 4.915
	Melipeuco	\$ 4.915
	Curarrehue	\$ 4.915
	Pitrufquén	\$ 4.915
	Victoria	\$ 4.915
	Padre las Casas	\$ 4.858
	Temuco	\$ 4.858
	Curacautín	\$ 4.915
	Purén	\$ 4.915
	Lumaco	\$ 4.915
	Renaico	\$ 4.915
	Lonquimay	\$ 4.915
	Los Sauces	\$ 4.915
	Angol	\$ 4.915

Figura N°4. Precios de Gas licuado Abastible 2025.

ThermoDrain GUIDE FOR SELECTING PROPER MODEL LENGTH



Restricted Height

When you are restricted on height, we recommend the following to determine the maximum length ThermoDrain™ to be installed.

Measure the length of the vertical stack where you wish to install the ThermoDrain. Subtract 2 1/2" from this total length. The result is the maximum length ThermoDrain you can install.

ThermoDrain comes in all lengths - We will manufacture any custom length at no extra charge.

Note: The 2 1/2 inches clearance is required to properly assemble the ThermoDrain onto the stack. You will require 1 1/4" at the top and 1 1/4" at the bottom.

Example: For 35 inch drain stack length
 35 inches - 2.5 inches for the couplings = 32.5 inches total maximum length ThermoDrain to be installed.



Figura N°5. Restricción de altura para Thermo Drain.



Figura N°6. Modelo de vivienda seleccionada.

PROGRAMA



- Casa aislada de 2 pisos
- Estar - comedor
- 3 dormitorios alfombrados con módulos de clósets incorporados con repisas
- 1 baño con tina de acero esmaltado.
- Cocina con mueble lavaplatos de acero inoxidable, mueble aéreo y calefón exterior de tiro forzado
- Cerámica esmaltada en piso de estar - comedor, cocina y baño
- Ventanas con marco de PVC y vidrios tipo termopanel
- Estufa a pellet
- Huella acceso vehicular
- Aislación Térmica Envoltente (ATE), incluye aislación bajo radier

Metraje: 61 m²*

Figura N°7. Descripción vivienda seleccionada.

ThermoDrain

DATASHEET

DRAIN WATER HEAT RECOVERY

MODEL	LENGTH (in)	EFFICIENCY (%) at 9.5L/min (2.5 GPM)	PRESSURE LOSS (psi) at 9.5L/min (2.5 GPM)	HEAT RECOVERY (kW)	MASS (lbs)	MODEL	LENGTH (in)	EFFICIENCY (%) at 9.5L/min (2.5 GPM)	PRESSURE LOSS (psi) at 9.5L/min (2.5 GPM)	HEAT RECOVERY (kW)	MASS (lbs)
TDH3320B	32.0	41.0	2.0	7.7	15.4	TDH3475B	47.5	50.8	2.3	9.6	24.4
TDH3325B	32.5	41.4	2.0	7.8	15.7	TDH3480B	48.0	51.0	2.3	9.6	24.7
TDH3330B	33.0	41.8	2.0	7.9	16.0	TDH3485B	48.5	51.3	2.3	9.7	25.0
TDH3335B	33.5	42.1	2.1	7.9	16.3	TDH3490B	49.0	51.6	2.4	9.7	25.3
TDH3340B	34.0	42.5	2.1	8.0	16.6	TDH3495B	49.5	51.8	2.4	9.8	25.5
TDH3345B	34.5	42.8	2.1	8.1	16.9	TDH3500B	50.0	52.1	2.4	9.8	25.8
TDH3350B	35.0	43.2	2.1	8.1	17.2	TDH3505B	50.5	52.3	2.4	9.8	26.1
TDH3355B	35.5	43.5	2.1	8.2	17.5	TDH3510B	51.0	52.6	2.4	9.9	26.4
TDH3360B	36.0	43.8	2.2	8.3	17.8	TDH3515B	51.5	52.8	2.4	9.9	26.7
TDH3365B	36.5	44.2	2.1	8.3	18.1	TDH3520B	52.0	53.0	2.4	10.0	26.9
TDH3370B	37.0	44.5	2.1	8.4	18.4	TDH3525B	52.5	53.3	2.4	10.0	27.2
TDH3375B	37.5	44.8	2.2	8.5	18.7	TDH3530B	53.0	53.5	2.4	10.1	27.5
TDH3380B	38.0	45.2	2.2	8.5	18.9	TDH3535B	53.5	53.7	2.4	10.1	27.8
TDH3385B	38.5	45.5	2.2	8.6	19.2	TDH3540B	54.0	54.0	2.4	10.1	28.1
TDH3390B	39.0	45.8	2.2	8.6	19.5	TDH3545B	54.5	54.2	2.4	10.2	28.3
TDH3395B	39.5	46.1	2.2	8.7	19.8	TDH3550B	55.0	54.4	2.4	10.2	28.6
TDH3400B	40.0	46.4	2.2	8.8	20.1	TDH3555B	55.5	54.6	2.4	10.2	28.9
TDH3405B	40.5	46.8	2.2	8.8	20.4	TDH3560B	56.0	54.8	2.4	10.3	29.2
TDH3410B	41.0	47.1	2.2	8.9	20.7	TDH3565B	56.5	55.1	2.4	10.3	29.4
TDH3415B	41.5	47.4	2.2	8.9	21.0	TDH3570B	57.0	55.3	2.4	10.4	29.7
TDH3420B	42.0	47.7	2.2	9.0	21.3	TDH3575B	57.5	55.5	2.4	10.4	30.0
TDH3425B	42.5	48.0	2.3	9.0	21.6	TDH3580B	58.0	55.7	2.4	10.4	30.3
TDH3430B	43.0	48.3	2.3	9.1	21.8	TDH3585B	58.5	55.9	2.4	10.5	30.5
TDH3435B	43.5	48.6	2.3	9.2	22.1	TDH3590B	59.0	56.1	2.4	10.5	30.8
TDH3440B	44.0	48.8	2.3	9.2	22.4	TDH3595B	59.5	56.3	2.4	10.5	31.1
TDH3445B	44.5	49.1	2.3	9.3	22.7	TDH3600B	60.0	56.4	2.4	10.6	31.4
TDH3450B	45.0	49.4	2.3	9.4	23.0	TDH3605B	60.5	56.6	2.4	10.6	31.6
TDH3455B	45.5	49.7	2.3	9.4	23.3	TDH3610B	61.0	56.8	2.4	10.6	31.9
TDH3460B	46.0	50.0	2.3	9.5	23.6	TDH3615B	61.5	57.0	2.4	10.6	32.2
TDH3465B	46.5	50.2	2.3	9.5	23.8	TDH3620B	62.0	57.2	2.5	10.7	32.4
TDH3470B	47.0	50.5	2.3	9.5	24.1						

Note: All models have a 3" drain diameter

Figura N°8. Recuperación energética según longitud del intercambiador.



Superintendencia de
Servicios Sanitarios

ANEXO N° 3

TIPO DE ARTEFACTO	GASTO (L/ min)	
	AGUA FRIA	AGUA CALIENTE
INODORO CORRIENTE	10	
INODORO CON VÁLVULA AUTOMÁTICA	Especificaciones del fabricante	
BAÑO LLUVIA	10	10
BAÑO TINA	15	15
LAVATORIO	8	8
BIDET	6	6
URINARIO CORRIENTE	6	
URINARIO CON VÁLVULA AUTOMÁTICA	Especificaciones del fabricante	
LAVAPLATOS	12	12
LAVADERO	15	15
LAVACOPAS	12	12
BEBEDERO	5	
SALIVERA DENTISTA	5	
LLAVE DE RIEGO 13 mm	20	
LLAVE DE RIEGO 19 mm	50	
URINARIO CON CAÑERÍA PERFORADA/ m	10	
DUCHA CON CAÑERÍA PERFORADA/ m	40	

Figura N°9. Caudales según anexo N°3 RIDAA.

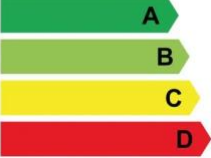
ENERGÍA Marca: Modelo: Tipo de Gas:		CALEFÓN MADEMSA ESSENTIAL 10 ECO GL Gas licuado petróleo
Más eficiente  Menos eficiente		
RENDIMIENTO MEDIO		88,0%
Consumo de combustible (kg/h)		1,54 (kg/h)
Capacidad del Calefón: (l/min)		10 (l/min)
Tipo de encendido		Automático
IMPORTANTE El consumo real varía dependiendo de las condiciones de uso del artefacto y su localización. La etiqueta debe permanecer en el producto y sólo puede ser retirada por el consumidor final. Ensayos basados en el protocolo de ensayos PC N° 6/1-2 de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.		

Figura N°10. Etiqueta de eficiencia energética validada por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).