

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCION – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN
DOMICILIARIO**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
MECÁNICA INDUSTRIAL

Alumnos:

Sebastián Ignacio Díaz Barra
Javier Ignacio Carrasco Garabito

Profesor Guía:

Ing. Juan Luis Romero Moraga

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mis padres que son las personas más importantes en la vida de un hijo, además de ser los que me apoyan, Mónica Barra y Orlando Díaz, además agradecer al resto de mi familia, a mis amigos y compañeros que estuvieron presentes durante mi carrera universitaria y además a los profesores de nuestra carrera y al profesor guía por toda la ayuda que nos brindó durante nuestro paso por la universidad, y por todas las enseñanzas que nos brindaron no solo como profesionales si no también enseñanzas de cómo mejorar como personas.

Sebastián Díaz Barra.

Este proyecto va dedicado a todas aquellas personas que siempre han estado ahí, apoyándonos en cada paso que damos tanto en nuestra formación valórica, me refiero a nuestros padres, hermanos, y todo el círculo familiar que siempre nos están ayudando a salir adelante, como también a los profesores, compañeros y amigos que siempre han estado presentes en nuestra formación profesional y que en cierto modo han aportado un granito de arena para alcanzar nuestras metas.

Javier Carrasco Garabito

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito realizar un estudio que permita adaptar y crear componentes necesarios para integrar un sistema de calefacción para agua caliente mediante el uso de una estufa a leña, el objetivo principal es aprovechar la radiación de energía del equipo en cuestión y emplearla en la generación de agua caliente domiciliario, que permita mantener un caudal constante para realizar las diferentes tareas de limpieza y lavado en el hogar.

Además es importante la calefacción de las diferentes habitaciones de un hogar, es por ello que se diseña un sistema de calefacción o sistema distribuido de calor, mediante aire caliente obtenido del área de trabajo de la estufa, principalmente de la zona alta donde sale la descarga de gases hacia la atmosfera, para lograr este objetivo se efectuará un estudio detallado de la canalización de ductos necesarios, pérdidas de carga, renovación de aire de acuerdo a norma, selección de extractor y cálculos de caudales de cada uno de los lugares donde se requiere generar un ambiente cálido.

En el primer capítulo, se proporcionan elementos de referencia teóricos los cuales se relacionan con los principales medios de calefacción utilizados en Chile, dando una breve explicación de cada uno de ellos y agregando un apoyo visual para entender a qué sistema se está refiriendo. También se señalan diferencias de cada uno de estos realizando análisis por medio de sistemas gráficos, los cuales destacaran los puntos más importantes para el usuario, todo esto para entender porque se selecciona el medio de calefacción con el cual se trabajará.

En segunda instancia, el capítulo siguiente declarara los objetivos generales y específicos del presente trabajo además de análisis que detallen los aspectos negativos y positivos del medio propuesto. Y, además, se mencionarán los datos técnicos en el que se podrá encontrar aquellos componentes que estarán dentro de cada sistema que potenciara el medio de calefacción principal.

En el tercer capítulo, se encontrarán todos aquellos cálculos necesarios que se deben realizar para lograr que el trabajo de calefacción y calentador de agua sea efectivo, haciendo hincapié en las referencias técnicas de cada uno de los elementos que intervienen en nuestro trabajo de título.

En el último capítulo se presentan los planos necesarios para el diseño del sistema de calefacción, estos son realizados mediante programas y herramientas TIC disponibles en la universidad para el diseño gráfico de los sistemas.

Al finalizar el estudio de diseño, se presentarán las conclusiones, estas relacionadas con los objetivos mencionados en capítulos anteriores, ya tanto los específicos, como el general, además de mencionar recomendaciones y soluciones alternativas para el sistema propuesto.

ÍNDICE DE MATERIA

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: “SISTEMAS DE CALEFACCIÓN”	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
1.3 LA CALEFACCIÓN.....	3
1.4 CALEFACCIÓN POR LEÑA.....	4
1.5 CALEFACCIÓN POR ESTUFA A PELLET.....	7
1.6 CALEFACCIÓN POR GAS	10
1.7 CALEFACCIÓN POR PARAFINA (KEROSENE).....	11
1.8 CALEFACCIÓN POR ELECTRICIDAD	13
CAPITULO II: “DATOS TECNICOS DEL ESTUDIO DE CALEFACCIÓN”	16
2.1 MEDIO DE CALEFACCIÓN SELECCIONADO	17
2.2 ANALISIS FODA.....	19
2.3 ANALISIS DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN	19
2.4 PARTES DEL SISTEMA CALENTADOR DE AGUA	20
2.4.1 Serpentín intercambiador de calor	20
2.5 PARTES DEL SISTEMA DISTRIBUIDOR DE AIRE CALIENTE.....	24
2.6 DIAGRAMA DE FLUJO CALENTADOR DE AGUA.....	28
CAPITULO III: “CÁLCULOS DEL ESTUDIO”	29
3.1 VOLUMEN DE AIRE DE UNA VIVIENDA.....	30
3.2 CALCULO DE ENERGÍA PARA CALENTAR EL AGUA	33
3.2.1 Cálculo de interpolación.	35
3.2.2 Cálculos de pérdidas de carga.....	37
CAPITULO IV: “DISEÑO Y FABRICACION DEL SISTEMA”	40
4.1 DESCRIPCION SISTEMA COMPLETO CON SUS PARTES	41
4.1.1 Sistema calentador de agua.	41
4.1.2 Sistema distribuidor de calor.....	41
4.2 PLANO SERPENTÍN	41
4.3 PLANO CALEFACCIÓN VIVIENDA	42
4.4 DISEÑO EN ARDUINO.....	43
4.5 COTIZACIÓN DEL PROYECTO.....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1: Estufa a leña	5
Figura 1- 2: Estufa de doble cámara	6
Figura 1- 3: Instalación estufa doble cámara	7
Figura 1- 4: Estufa a pellet	8
Figura 1- 5: Empotramiento de estufa a leña	9
Figura 1- 6: Calefacción a gas.....	10
Figura 1- 7: Calefacción por kerosene	12
Figura 1- 8: Estufa de parafina electrónica	13
Figura 1- 9: Calefacción eléctrica	14
Figura 1- 10: Calentadores eléctricos.....	15
Figura 2- 1: Serpentín.....	20
Figura 2- 2: Calefón eléctrico	22
Figura 2- 3: Diseño de estufa a leña.....	23
Figura 2- 4: Extractor de aire	25
Figura 2- 5: Celosía de la antigüedad.....	26
Figura 2- 6: Celosía aplicada en viviendas	26
Figura 2- 7: Tubo flexible	27
Figura 2- 8: Diagrama de flujo calentador de agua.....	28
Figura 3- 1: Plano de vivienda referencial	30
Figura 3- 2: Termo cañón (referencial).....	33
Figura 3- 3: Entalpia del agua de acuerdo a la temperatura en °K.....	35
Figura 4- 1: Plano del serpentín	42
Figura 4- 2: Circuito de circulación del aire	43
Figura 4- 3: Patillaje del sensor LM35.....	44
Figura 4- 4: Conexión del sensor con el Arduino	44
Figura 4- 5: Programación del sensor	45
Figura 4- 6: Programación del proyecto.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Comparación tipos de calefacción	15
Tabla 2-1 Razones de preferencia estufa a leña	18

SIGLA Y SIMBOLOGIA

SIMBOLOGÍA

h : Hora.

J : Julio.

Kcal : kilocalorías.

K : Kelvin.

kg : kilogramos.

kJ : Kilojoule.

kW : Kilowatt.

m : metro.

m² : Metro cuadrado.

m³ : Metro cubico.

mm : Milímetro.

W : Watt.

°C : Grados Celsiu

INTRODUCCIÓN

En algunos lugares del mundo, donde las condiciones climáticas son más adversas, se intenta lograr una buena calefacción para el hogar en busca de una mejor calidad de vida, pero aun así cuidando siempre el gasto que esto generará, ya sea en la materia prima a utilizar o su mantención, la contaminación que produce, entre otros aspectos.

Al usar estos medios, pocos logran cumplir una completa satisfacción, ya que poner a temperatura óptima un lugar espacioso es complicado, debido a que cuesta encontrar un sistema que irradie el suficiente calor para llegar a cada rincón de un hogar.

Precisamente esto es lo que se quiere solucionar a través de esta propuesta, poder encontrar el mejor método de calefacción el cual sea económico para el usuario y además no provoque un impacto ambiental fuerte al utilizarlo. También aprovechar la irradiación de calor al máximo, como por ejemplo poder elevar la temperatura del agua para ser utilizada en la ducha o un lava mano o lava plato, ya dando una amortización económica al ahorrar gas o electricidad, que son comúnmente lo que se utiliza en una casa.

Existen métodos que logran estos resultados, pero que por costos o espacios que utilizan hace que tengan poca accesibilidad, lo que se busca con esto es poder hacer un estudio que indique cual es el mejor elemento a utilizar en la transferencia de calor y además que sea a un precio de fácil acceso, además de incluir procesos automatizados que acomoden su utilización e incluir métodos de emergencia o alivio que muchas veces no incluyen estos sistemas, en caso de altas temperaturas o una alza de presión.

Dicho esto, a continuación, se realizará un estudio donde se aprovechará al máximo la energía que expulsa una estufa o cocina a leña, ya sea a través de su estructura base o el cañón, que mediante el uso de un serpentín se busca reemplazar a un calentador de agua, el que a su vez será conectado con un calefón eléctrico, el que permitirá un uso opcional dependiendo netamente de la temperatura que alcance el agua. Ésta decisión será automatizada de acuerdo a la señal enviada por un termostato, el que se explicará más adelante.

Además, se distribuirá el calor de forma que se pueda lograr calefaccionar cada rincón o habitación de una casa, a través de una serie de tubos o ductos por los cuales circulará aire a presión mediante un extractor, utilizando al máximo el poder calorífico que nos entrega una estufa o cocina a leña.

CAPITULO I: “SISTEMAS DE CALEFACCIÓN”

1.1 OBJETIVO GENERAL

El principal enfoque de este trabajo es poder aprovechar de la mejor forma la energía calórica que entrega la estufa a leña, creando sistemas auxiliares que permitan utilizar esta energía para poder realizar funciones secundarias, amortizando los gastos en la vivienda.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Poder realizar el calentamiento de agua mediante un serpentín instalado en la carcasa de una estufa a leña, permitiendo al usuario ahorrar dinero disminuyendo el uso de un calefón.
- b) Automatizar sistema calentador de agua presentado en el proyecto, mediante sistema Arduino, permitiendo trabajar de forma semi-automática
- c) Permitir la calefacción rápida y eficaz de un entorno cerrado amplio, el cual requiere de más de una estufa u de otra alternativa para llevar a cabo la completa calefacción de una vivienda, esto mediante una instalación auxiliar de componentes.

1.3 LA CALEFACCIÓN

Como primer antecedente para poder entender el tema central, se debe saber, qué es la calefacción, cómo se define y por qué es tan importante para el ser humano, ya que es el concepto principal para el desarrollo de la temática que vendrá a continuación.

Por lo cual la revista ARQHYS (2012) la define como: “Aquel que permite elevar la temperatura de determinado espacio en relación con la temperatura ambiental exterior para generar condiciones cómodas para la habitación de los seres humanos. Con este objetivo esencial de combatir el frío y permitir un grado elevado de calidad de vida” (párrafo1).

Ésta definición abarca una gran cantidad de sistemas que se han inventado para poder cumplir con este objetivo, todos con métodos distintos, pero con una misma meta, la cual es poder elevar la temperatura. Debido a que a cada uno es distinto, se utiliza

diferentes recursos para poder estar en funcionamiento, por lo que cambian algunos aspectos como economía, eficiencia, rendimiento, daños medioambientales, entre otros.

Cada uno de los elementos que varían según cada sistema son importantes a evaluar, debido a que individualmente repercuten en el bolsillo del usuario que elegirá, ya sea en el valor de la materia prima, combustible fósil, electricidad, leña, o algún otro, además influye en su rendimiento debido a, qué tanto se aprovecha la materia prima para producir la temperatura deseada, y otro aspecto no menor es el mantenimiento del equipo o sistema.

La base para elegir el correcto sistema de calefacción para la vivienda, es siempre pensar en lograr la buena combinación entre la calefacción y el ahorro. De esta manera es indispensable tener en cuenta algunas variables al momento de optar por un sistema u otro como, por ejemplo, el clima que se tendrá generalmente en el sector donde habitamos, la cantidad de personas o características que tendrá la vivienda como tal, una de las más importantes, contar con el espacio suficiente requerido para la instalación del sistema que hemos optado y saber si se va requerir un suministro de agua caliente (lo cual es el tema principal de este proyecto). Por consiguiente, se puede observar que no todas las viviendas constan con las características técnicas para la instalación de un sistema de calefacción determinado, por lo que adaptarse a esto puede significar un alto costo, siendo no ventajoso para la persona.

1.4 CALEFACCIÓN POR LEÑA

Este es uno de los primeros sistemas de calefacción que se comenzó a usar y que aún sigue vigente, debido a su sencillez en uso y en la obtención de materia prima, la que puede ser madera o leña y es muy fácil conseguirla a bajo costo o directamente desde la naturaleza.

Consiste en una estufa, que puede ser una salamandra o también denominada estufa a combustión lenta, la cual en su interior se insertan los trozos de leña y se les prende fuego para que comiencen a consumirse. A medida que la leña se va quemando, producto de la combustión se genera poder calorífico, el cual es transferido al aire mediante el método de radiación a través de la propia carcasa de la estufa o de la chimenea por la cual salen los gases generados por la combustión hacia la superficie.



Figura 1- 1: Estufa a leña

Es un sistema bastante sencillo y económico de implementar ya que las salamandras o estufas de chimenea abierta solo consisten en un hueco en la pared por el cual sale un tubo que expulsa los gases al exterior, sin embargo, tiene algunas desventajas, y la principal de ellas es que este tipo de calefacción es altamente dañino para el medio ambiente y para las personas debido a la alta contaminación que emana de la propia combustión. Esto se genera por la mala utilización del equipo, ya que lo ideal sería utilizar leña completamente seca, o en su defecto con una humedad inferior al 20% para que se produzca una buena combustión, pero esto generalmente no se da, ya que las personas compran la leña y la queman de inmediato en la estufa para librarse del frío, sin esperar que esta se seque correctamente (cuando la leña viene muy húmeda).

Para contribuir a la protección del medio ambiente y bajar los niveles de contaminación, se fueron buscando nuevos métodos para estas estufas y de ello nacieron las estufas de doble cámara, las cuales en su interior llevan un sistema que evita que los gases de la combustión salgan directamente a la atmosfera, permitiendo la recirculación para que se quemen nuevamente, logrando de esta manera disminuir los niveles de contaminación.

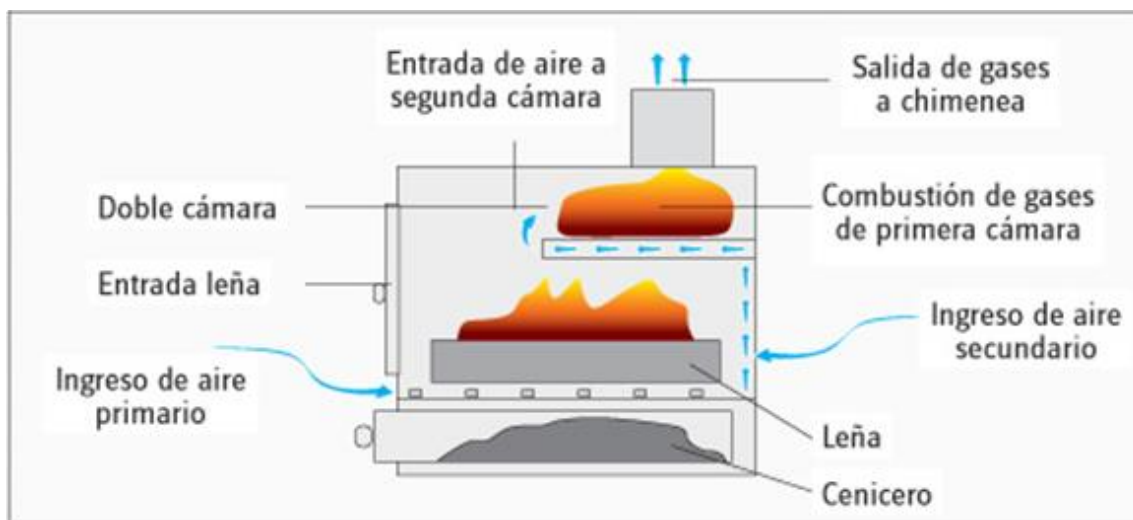


Figura 1- 2: Estufa de doble cámara

Las razones para elegir un sistema de doble cámara son varias. Por ejemplo, en las chimeneas convencionales, el calor se produce por la radiación de las llamas o brasas, pero el resto del calor se pierde por el tubo que expulsa los gases al exterior. Estas estufas de doble cámara logran calentar 6 o 7 veces más que las convencionales, sin pérdidas, y gastan menos leña, ya que la carga completa dura varias horas en consumirse por el fuego. Adicionalmente, dependiendo de su tamaño puede ser capaz de calefaccionar un área de entre 50 a 180 m², con un poder calórico que va desde 5000 hasta 12000 Kcal/h. Y las emisiones de partículas por hora de su combustión va de 2 a 9 gramos por hora, mientras que las de chimenea abierta o convencional tienen emisiones de 38 a 120 gramos por hora, logrando así que estas estufas contaminen entre 14 a 20 veces menos.

Lamentablemente, como nada puede ser perfecto, el gran inconveniente de estas estufas de doble cámara es su elevado costo en componentes, puesto que estas consideran el aparato, sus tubos y materiales de aislación térmica (ya que debe contener una pared de aislación, que pueden ser de ladrillos refractarios), y todo esto sin contar la instalación, que debe ser hecha por un especialista, resultando bastante caro optar por este sistema.

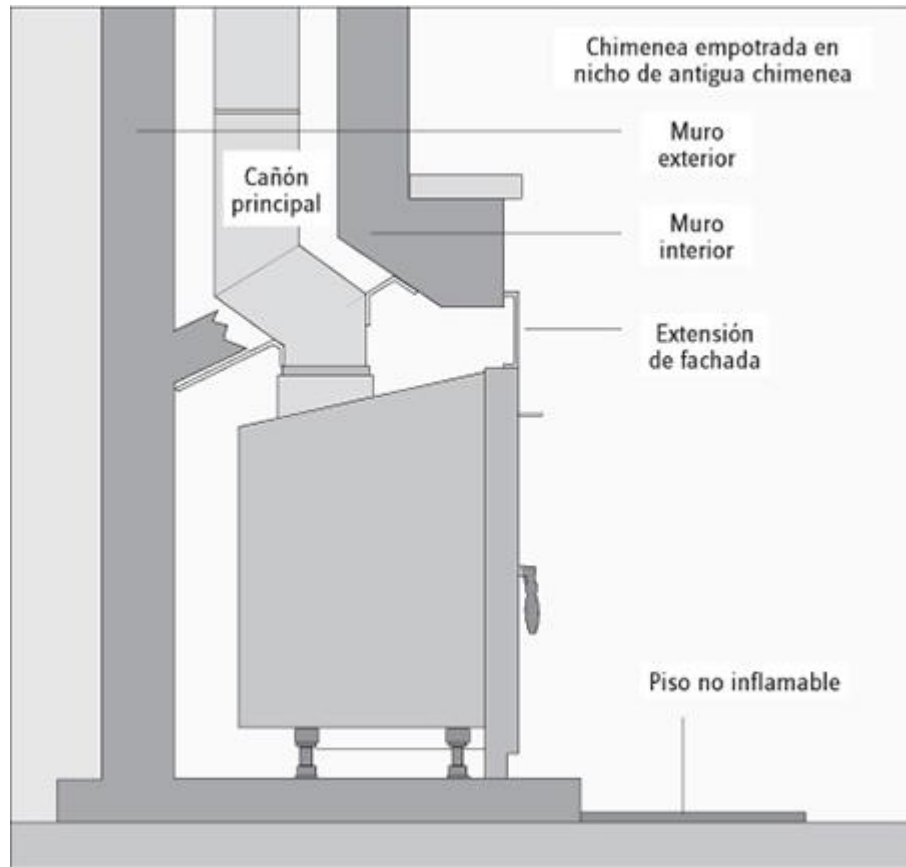


Figura 1- 3: Instalación estufa doble cámara

Sin embargo, para reducir en cierto punto los costos, se puede optar por empotrar un modelo de doble cámara en un nicho de una antigua chimenea abierta ya existente (como se muestra en la figura 1-3), ya que muchos modelos se venden diseñados para su conexión directa al tubo. Además de que las chimeneas empotradas generan mayor poder calórico, puesto que cuentan con dispositivos internos de circulación de aire que mejoran su rendimiento (toman el aire frío del exterior y lo devuelven caliente al interior mediante un ventilador).

1.5 CALEFACCIÓN POR ESTUFA A PELLET

Lo que se puede entender de este sistema de calefacción, es que, es muy parecido al método convencional (con esto se refiere a las estufas y/o cocinas a leña), pero con algunas características relevantes o componentes que la diferencian de éstas.

El principio de funcionamiento de este tipo de estufas es bastante sencillo, consta de un depósito donde se almacenan los pellets (incluido en la misma estufa), donde al ponerla en funcionamiento los pellets son trasladados hacia la cámara de combustión mediante un tornillo, el cual funciona de forma eléctrica, por lo que para el buen funcionamiento de este sistema es necesario disponer de la energía eléctrica.

La diferencia fundamental que distingue a este tipo de calefacción, de las estufas a leña, por ejemplo, es que las estufas a pellets suelen ser ventiladas. Con esto se quiere decir que, mediante un ventilador interno que funciona de forma eléctrica, se absorbe el aire que existe en el interior del hogar y se calienta, para luego devolverlo nuevamente al interior como aire temperado.

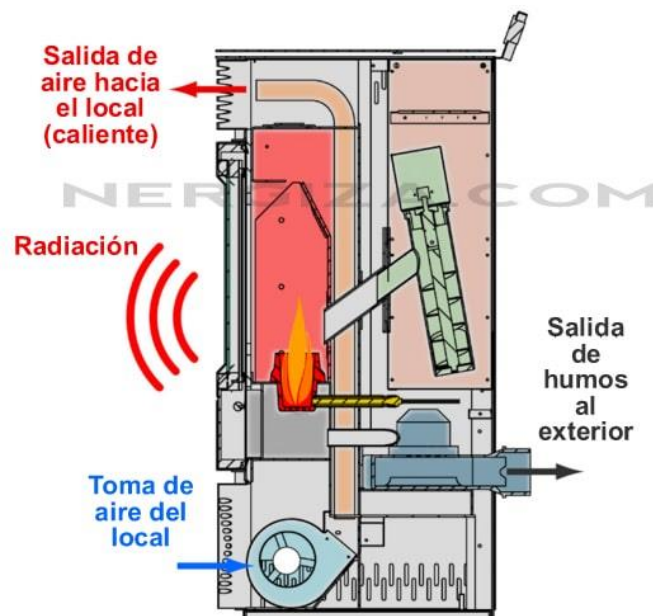


Figura 1- 4: Estufa a pellet

De este modo, se pueden apreciar dos fenómenos de transferencia de calor presentes en este sistema, la transferencia por convección gracias al aire que es impulsado por el ventilador, y la transferencia por radiación, que es la que se transmite gracias a la propia llama generada por la combustión de los pellets. Esto puede resultar ventajoso respecto a la estufa a leña convencional, ya que la transferencia de calor por convección es más rápida, logrando que el espacio o habitación se tempere en menos tiempo.

Un punto en contra que tienen estas estufas, es que, como se entiende, la combustión necesita de oxígeno para poder llevarse a cabo, y esta estufa absorbe el oxígeno que hay en el interior del hogar, el que luego es expulsado por la chimenea, por lo que generará arrastre de aire del exterior a través de cualquier espacio que encuentre, por ejemplo, bajo rendijas de puertas, ventanas, etc. El cual por venir del exterior será aire frío. Existen estufas que han solucionado este inconveniente añadiendo una toma de aire desde el exterior, mejorando el sistema y su rendimiento, pero esto a la vez hace que su costo sea aún mayor.

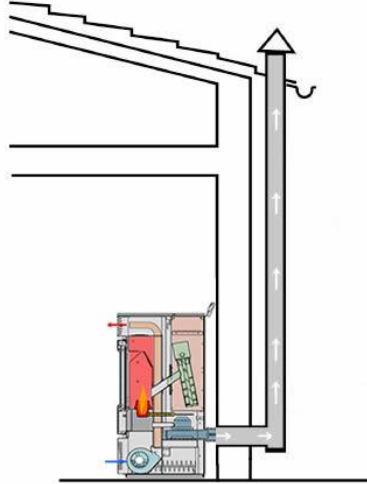


Figura 1- 5: Empotramiento de estufa a leña

Otro de los inconvenientes de estas estufas es la chimenea necesaria para evacuar humos, ya que esta debe cumplir una normativa de seguridad o funcionamiento, que estipula que los humos deben salir obligatoriamente por encima de la cubierta del hogar.

Según la normativa, la chimenea debería ser de acero inoxidable y preferiblemente aislada y con doble pared, lo que ayuda a evitar condensaciones. En la parte baja de la chimenea se debería incluir una conexión en “T” con tapón, para la salida de dichas condensaciones.

1.6 CALEFACCIÓN POR GAS

Este puede considerarse fácilmente como uno de los sistemas más limpios, cómodos y seguros que se pueden instalar en una vivienda, de entre los que hemos mencionado.

No se requiere de muchos componentes para llevar a cabo la instalación de este tipo de calefacción, por lo que esto hace que la inversión inicial no sea tan elevada al momento de optar por él. Además de utilizar gas licuado como materia prima para la combustión, el cual posee un muy alto poder calorífico. Son fáciles de utilizar en cuanto a la regulación de la temperatura que se requiere o se desea mantener, como así también al uso de la propia materia prima.

Los componentes esenciales para este sistema son una caldera de gas que se encuentre conectada al sistema de tuberías por las cuales circulara el agua a las habitaciones que se quiere calefaccionar. La caldera se encarga de calentar el agua que fluye por el circuito hasta llegar a las habitaciones donde se encuentran los radiadores, los que se encargan de irradiar el calor del agua, la cual tras enfriarse retorna por el circuito hacia la caldera para volver a calentarse y repetir el ciclo. Cabe destacar que los radiadores no generan calor por si solos, solo irradian el calor que pasa por ellos que, en este caso son las cañerías con agua caliente.

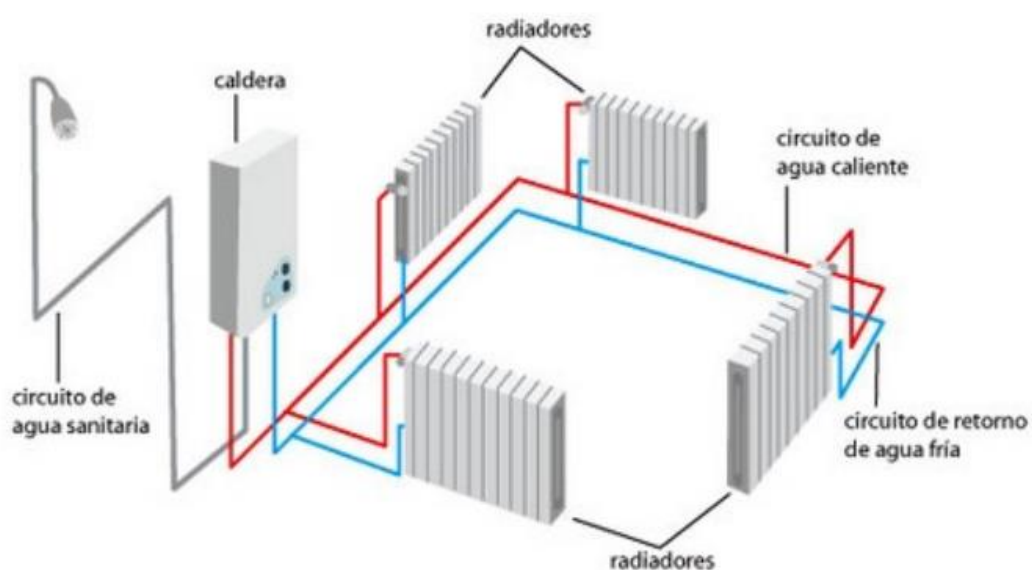


Figura 1- 6: Calefacción a gas

Por ello, es de vital importancia la elección de la caldera a gas que se vaya a instalar, ya que no todas son iguales y dependiendo del sistema de caldera elegido y de la potencia de la misma, se obtendrá un mayor o menor confort de calefacción en la vivienda. Cabe mencionar que, a mayor potencia en kW que tenga la caldera, mayor será el grado de confort en la calefacción que entregará, por lo que, hay que tener en cuenta el rendimiento que ésta nos puede ofrecer, al momento de hacer la elección.

Otro punto a favor de este sistema es que, en algunos lugares donde es accesible el uso de gas natural, se puede reemplazar la caldera por el uso de éste, el cual suele ser un poco más barato y, además posee algunas ventajas extras, proporcionan aire caliente a diferentes zonas distribuyendo el calor de forma más regular, son menos ruidosas, pueden resultar más baratas y no pueden causar alergias debido a polvo o bacterias, por lo que las hace no perjudiciales para la salud de las personas y al no emanar gases ni ninguna otra sustancia, se logra que el sistema sea aún más seguro y limpio.

1.7 CALEFACCIÓN POR PARAFINA (KEROSENE)

Las estufas a parafina o de combustible líquido, también son uno de los sistemas más sencillos y económicos que hay para espacios cerrados de 20 hasta 50 m², se caracterizan por ser un sistema de calefacción muy silencioso que no necesita instalación, y ya que son portátiles, puedes trasladarlas fácilmente de una habitación a otra, calientan rápidamente la estancia donde se coloquen, y el mantenimiento que necesitan es mínimo.

Básicamente se pueden distinguir dos clases y se clasifican de acuerdo al tipo de encendido: las de mecha (que necesitan combustible, específicamente kerosene, y la acción humana al momento de encenderla) y las estufas eléctricas o electrónicas, las cuales van conectadas a la red eléctrica y proporcionan mayor potencia y seguridad.

- **Estufa de parafina de mecha:** Su accionamiento se realiza mediante la acción humana. Con un encendedor o fósforos se prende la llama, la cual se mantiene irradiando calor hasta que se agote el combustible o sea apagada manualmente. Su autonomía es de aproximadamente 15 horas, dependiendo de la marca y características técnicas de la estufa. Los cuidados que se deben tener con esta estufa es que, al momento de encenderla, hasta que alcanza un buen grado de combustión de la parafina, emanan demasiados gases tóxicos, por lo que se recomienda encenderlas al aire libre, para luego

trasladarlas a donde se requiere, que deben ser lugares con buena ventilación y renovación de aire.

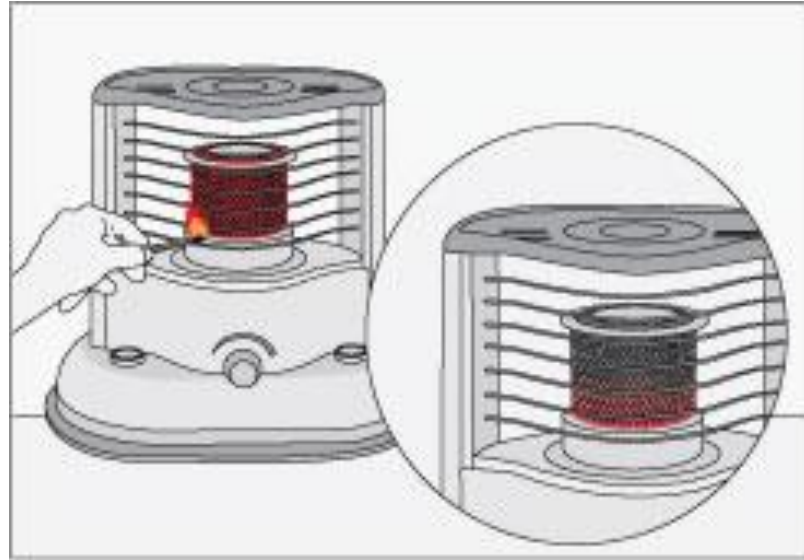


Figura 1- 7: Calefacción por kerosene

- **Estufa a parafina electrónica:** Éstas poseen mayor potencia y a la vez consumen menos que las de mecha, debido a que son automatizadas. Puedes programar su funcionamiento, por ejemplo, indicar la temperatura y tiempo que se desea que este emitiendo calor, configurar hora de encendido, etc. además de que incluyen un sistema de bloqueo para la protección contra niños. Estas estufas necesitan una fuente de alimentación eléctrica para poder funcionar, por el hecho de funcionar electrónicamente.



Figura 1- 8: Estufa de parafina electrónica

Los consejos generales que se deben dar a las estufas de parafina son:

- Mantenerlas siempre fuera del alcance de niños pequeños y animales domésticos, sobre todo si la estufa es de mecha
- Asegurar una distancia mínima de 0.5 m respecto a materiales inflamables, como cortinas, por ejemplo
- Estas poseen un sensor que las apaga inmediatamente cuando se detecta un alto nivel de CO₂, por lo que luego de esto se debe ventilar la habitación, por lo menos 10 minutos
- Apagarlas antes de irte a dormir y nunca dormirte con la estufa encendida
- No utilizarlas en espacios menores a 10 m², puesto que se apagarían constantemente a causa del CO₂ acumulado en el lugar.

1.8 CALEFACCIÓN POR ELECTRICIDAD

La calefacción por electricidad, si bien es uno de los sistemas que más se usan por ser su uso muy sencillo, suele ser también uno de los más caros debido al alto consumo de corriente eléctrica que generan y considerando el costo de la electricidad en algunas ciudades del país, este sistema se convierte más en un gasto que en ahorro para el usuario.

El principio de este sistema es que la electricidad, a través de unos aparatos eléctricos, es convertida en calor para calefaccionar una habitación. El aparato, que generalmente recibe el nombre de calefactor, lleva en su interior una resistencia eléctrica por la cual circula la corriente que, posteriormente se transforma en calor. Todos los aparatos eléctricos que cumplen la función de calefaccionar siguen este principio, con la única diferencia en cuanto al método que utilizan para proporcionar el calor a la vivienda.



Figura 1- 9: Calefacción eléctrica

Dentro del método eléctrico, como se mencionó anteriormente, existen varios sistemas de calefacción clasificados de acuerdo a como entregan el calor:

- **Sistema de radiación:** Habitualmente los más utilizados son los de radiación por techo y por suelo. Funcionan con un intercambiador de calor o suministrados mediante electricidad donde, al encenderlos un sistema radiante hace que la corriente fluya mediante un material conductor de calor, el cual se encarga de calentar el suelo o pared. El calor se extiende desde el suelo por el aire y luego a través de un proceso de convección comienza a subir hacia el techo, creando una temperatura balanceada en el habitáculo.
- **Convección forzada:** Consiste en el uso de un ventilador, el cual se utiliza para forzar la entrada de aire a un calentador, para luego ser devuelto como aire caliente.

Una de las mayores desventajas de este sistema eléctrico es que el uso del ventilador genera mucho ruido, al tener elementos mecánicos en su funcionamiento, y deben ser tratados con mucho cuidado. Generalmente se recomiendan cuando se requiere calentar áreas cerradas en poco tiempo.

- **Calentadores por convección:** en este sistema el calor procede desde un proceso de conducción, para luego irse al techo, por lo que es recomendable utilizar para calentar áreas cerradas. Además, es más seguro que otros sistemas, se puede dejar encendido por largos periodos de tiempo sin que esto genere algún riesgo o peligro para las personas que se encuentren alrededor, y es menos ruidoso.



Figura 1- 10: calentadores eléctricos

Tabla comparativa de tipos de calefacción.

	Economía	Ecología	Eficiencia
Estufa a leña	4	4	4
Estufa a pellet	5	5	5
Gas	3	2	3
Parafina	2	2	2
Electricidad	3	4	2

Tabla 1-1: Comparación tipos de calefacción

**CAPITULO II: “DATOS TECNICOS DEL ESTUDIO DE
CALEFACCIÓN”**

En el presente capítulo se detallará el sistema de calefacción domiciliar que se pretende diseñar en este trabajo de título, dando a conocer los beneficios del método propuesto y porqué se ha optado por elegir este medio.

Se ha decidido ocupar la estufa a leña debido a que en Chile es el sistema más utilizado por las personas, debido a su valor accesible en cuanto a la estufa, instalación y materia prima, y además de que se permite tener en espacios cerrados, porque no emite gases tóxicos al interior de la vivienda, además, alcanza altas temperaturas y abarca una gran cantidad de metros cuadrados en cuanto a calefacción. Otro punto no menor es el fácil uso que esta tiene, y su regulación es mediante un tiraje manual.

Aprovechando el calor que irradia la carcasa de la estufa y su cañón se busca poder calentar agua mediante un serpentín, el cual permitirá elevar la temperatura por irradiación y luego mediante cañerías se podrá distribuir a duchas y lavamanos, además en espacios amplios estas estufas no logran un mayor alcance de calefacción, por lo que mediante tuberías se desplazará aire del entorno con un extractor, haciendo recircular el aire caliente y distribuyéndolo por las distintas áreas de habitabilidad.

Además, este sistema irá en conjunto con un calefón eléctrico conectado en paralelo, por lo cual ambos estarán controlados de forma automatizada, que permita la función de dar el paso del agua del serpentín o de lo contrario poder utilizar el calefón eléctrico, siempre y cuando la temperatura de la estufa no logre elevar la temperatura del agua al nivel adecuado para el ser humano.

De acuerdo a todos los elementos mencionados anteriormente se darán las especificaciones de cada uno de ellos para poder realizar este proyecto.

2.1 MEDIO DE CALEFACCIÓN SELECCIONADO

La razón por la cual se seleccionó el medio de calefacción mediante estufa a leña es porque, a pesar de su impacto ambiental, las personas del país lo utilizan mayoritariamente desde la zona centro sur hasta el sur del país, esto se puede ratificar mediante un estudio realizado por el CDT (Centro de Desarrollo Tecnológico) el cual arrojó los siguientes datos luego de realizar el estudio.

“La leña se emplea para calefacción en el 33,2% de los hogares del país, concentrándose en la zona sur, donde la Región de Aysén es la que cuenta con el

mayor volumen de consumo. Por otra parte, la Región del Biobío es la que cuenta con la mayor cantidad de viviendas donde se utiliza esta fuente de energía (420.041 viviendas).

Desde la Región de O'Higgins al sur, prácticamente la totalidad de las viviendas se calefaccionan, por lo que la mayor cantidad de datos se concentraron en este sector, siendo la leña y el gas las principales fuentes de energía utilizada, en un 42,9% y un 42,6% de los hogares, respectivamente. Si bien entre la Región del Biobío y la de Aysén la leña tiene un claro predominio, con valores que van desde el 72, 9% al 99% de los hogares”.

Esto quiere decir que, el estudio que se realizara a continuación será de gran utilidad al implementarlo en los hogares de las personas que tienen estufa a leña para poder ambientar su vivienda. Como último punto se adjuntará una tabla de porqué las personas prefieren utilizar este medio en comparación a otro ya existentes

Razones	Porcentaje
Porque calefacciona más espacio y el calor es más duradero	37.4%
Porque es más económica que el resto de los energéticos	34.3%
Porque me gusta	10.5%
Porque los equipos que posee son a leña	9.7%
Por costumbre y comodidad	8.3%
Porque es fácil de obtener	7.2%
Por la multiplicidad de uso; aparte de calefaccionar le permite seca la ropa y cocinar	5.4%
No le alcanza para otra alternativa	5.1%
Porque es sano, limpio y no contamina	2.7%
Porque no está prohibido	1.1%
Le da miedo o no le gustan los otros energéticos	0.1%
Otros motivos	1.6%

Tabla 2-1 Razones de preferencia estufa a leña

2.2 ANÁLISIS FODA

Fortalezas	Oportunidades
Sistema económico que permite ahorrar dinero en cuanto a calefacción y además al calentar el agua, esto sin usar sistemas convencionales como calefones eléctricos o a gas, además logra temperar espacios de gran envergadura.	Las personas del sur del país comúnmente utilizan estos sistemas de calefacción mediante combustión a leña esto permite que, este proyecto sea preferente.
Debilidades	Amenazas
Sistema que requiere una instalación compleja, además de adaptaciones a la estructura del hogar, muros para cañerías, instalación extra de cañerías, componentes extras, etc.	Debido a la contaminación es probable que a largo plazo las estufas a leñas sean restringida en cuanto su uso, por lo que se deberá adaptar el sistema propuesto.

Tabla 2-: Análisis FODA

2.3 ANÁLISIS DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN

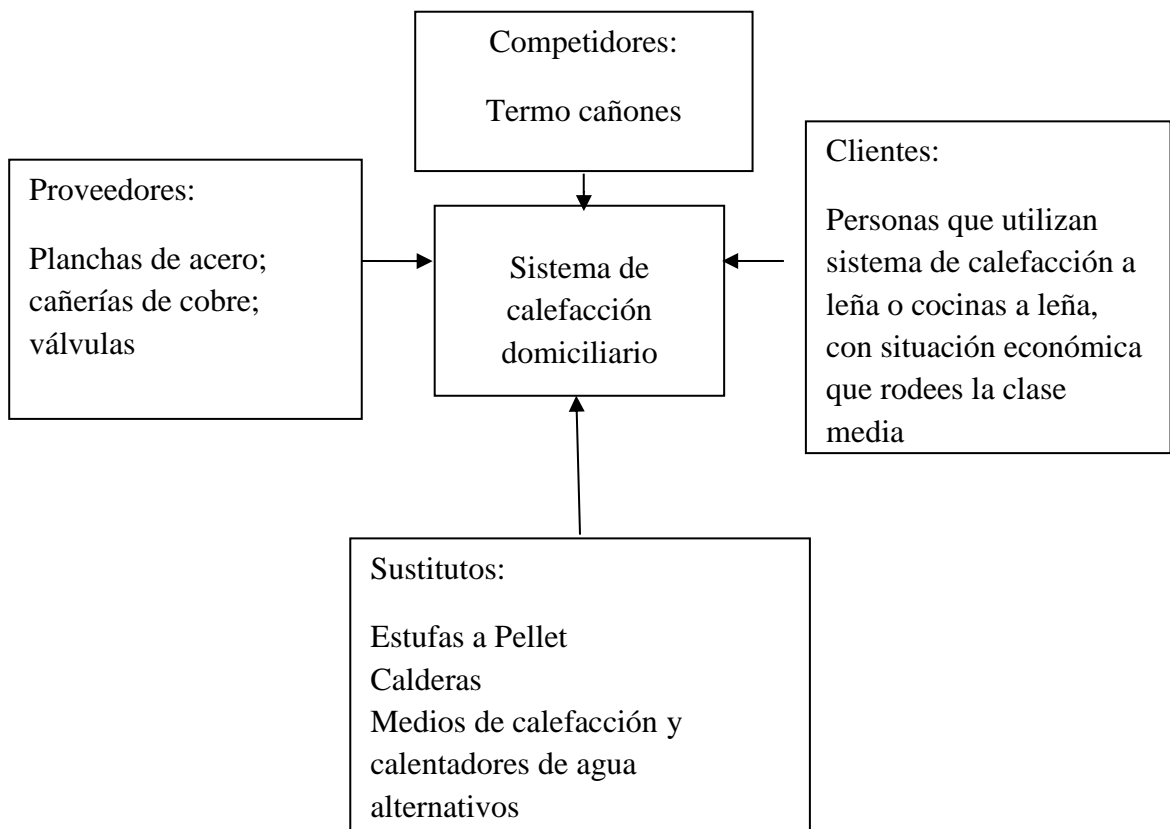


Tabla 2- 1: Análisis de sistema de producción

2.4 PARTES DEL SISTEMA CALENTADOR DE AGUA

2.4.1 Serpentín intercambiador de calor

Los serpentines son sistemas de cañerías que existen para poder realizar una transferencia de calor entre un fluido y otro sin que haya contacto entre ellos, o exista una mezcla entre dichos fluidos, generalmente se usa la convección como medio de transferencia de calor.

El serpentín es un tubo que puede ser de acero al carbón, acero inoxidable o de cobre, estos están generalmente doblados en U o de forma circular para aprovechar el espacio y además la máxima superficie para la transferencia de calor.



Figura 2- 1: Serpentín

El sistema a través de serpentines es el cual se utilizará en la transferencia de calor del sistema de estufa a leña, con este se podrá elevar la temperatura del agua el cual será utilizado en los suministros de la vivienda. Este se ubicará apegado a la carcasa de la estufa debido a que, ahí es donde se encuentra la temperatura más alta del sistema.

2.4.2 Calefón eléctrico

Si bien existen variados modos o componentes que se pueden utilizar para adecuar el sistema, en este proyecto se ha seleccionado el uso de un calefón con encendido

eléctrico como fuente principal, y la estufa o cocina como fuente secundaria. Esto porque se determinó que, el calefón es el mejor sistema a utilizar en este proyecto en base a que se requiere que el mismo entregue la mayor comodidad y utilidad posible para el usuario, lo cual se obtiene con este sistema, ya que con solo abrir la llave, ya sea ducha o cualquier otra llave conectada al circuito, este se enciende de forma automática sin que se tenga que estar encendiendo por ejemplo, una llama piloto como sucede en los calefón normales donde el encendido debe ser manual, lo que resulta bastante ventajoso y de fácil utilización para cualquier persona, además, de ser el sistema más apto en cuanto a la automatización que se le dará a este proyecto.

El funcionamiento de este calefón es bastante sencillo. Consiste en que, al momento de abrir cualquiera de las llaves conectadas, un presostato que mide la presión en el circuito, al notar la variación de presión por la abertura de la llave envía una señal eléctrica a un chispero, en el cual de forma automática se genera el encendido del calefón. De la misma manera sucede cuando las llaves se cierran y no se está utilizando agua, el presostato detecta la variación de la presión y corta la señal de corriente generando el apagado (también automático) del calefón.

El rol que cumplirá el calefón en este proyecto es que, mientras la estufa se encuentre apagada y el agua proveniente del serpentín no presente una temperatura adecuada (60° C), el sistema automáticamente accionará la electroválvula, dejando al calefón como fuente de calor principal para el agua de la casa. En caso contrario cuando el agua del serpentín tenga temperatura apta para usar en la ducha o llave se habilitará su electroválvula correspondiente, dejando de lado el calefón para de esta manera aprovechar al máximo la energía generada desde la estufa.

De este modo se logra obtener un mayor ahorro, tanto energético como económico, ya que el uso del calefón queda restringido solo a cuando sea estrictamente necesario utilizarlo y al ser encendido y apagado automáticamente se controla de mejor manera el uso de gas, por tanto, resulta en un ahorro de dinero para las personas.



Figura 2- 2: Calefón eléctrico

2.4.3 Estufa a leña

Como base para realizar el sistema calentador de agua, se debe tener una estufa o cocina a leña como se mencionó anteriormente, en Chile estas se utilizan alrededor de un 33% en todo el país, no siendo un porcentaje menor.

Para realizar los cálculos que estarán presentes más adelante se seleccionará una estufa a leña con un valor promedio y es la que comúnmente utilizan las personas debido a su calidad y rendimiento.

FICHA TECNICA ESTUFA:

Nombre: Calefactor a leña Bosca ECO 360.

Material: Acero.

Alto: 677 mm

Ancho: 421 mm

Profundidad: 495 mm

Capacidad Calórica: 7.482 kcal/hr

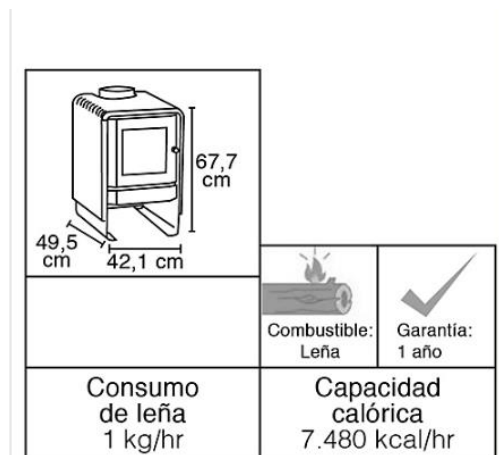


Figura 2- 3: Diseño de estufa a leña

2.4.4 Sistema Arduino

Para la automatización del proyecto, se ha decidido hacer un programa utilizando una placa de desarrollo Arduino el que, mediante programación electrónica, hará funcionar las electroválvulas ya sea del calefón o del serpentín de acuerdo al análisis de la información entregada por un sensor de temperatura LM35, que se encontrará midiendo la temperatura del agua del serpentín dentro de éste constantemente.

- **Sensor**

El sensor LM35 es un dispositivo electrónico digital para medir la temperatura del entorno en el que se encuentra, en un rango de -55 a 150 °C.

Este sensor a diferencia de otros, como los termistores, que utilizan una resistencia variable para entregar la información de la temperatura, cuenta con un circuito de control único incorporado que proporciona una salida de voltaje proporcional a la temperatura medida para ser comparada por la placa arduino. Dicho esto, la relación del sensor es que, por cada grado centígrado el voltaje se incrementa en 10 mV. Por lo que el rango de medición del sensor quedaría en 55 °C (-550 mV) a 150 °C (1500 mV), resultando una precisión de medición de 0,5 °C a temperatura ambiente.

- **Datos técnicos**

Las ventajas que presenta este sensor es que resulta económico para comprarlo y su uso es bastante sencillo como se puede observar, además es el único sensor de temperatura compatible con el entorno de desarrollo arduino, ya que se podría utilizar una termocupla o termopar, pero esta tendría que usarse con un Controlador Lógico Programable (PLC), elevando significativamente los costos y complejidad en su uso.

El único inconveniente que presenta este dispositivo, es que es un sensor con mayor aplicación en la electrónica para aficionados y es muy pequeño, por lo que en este caso no puede estar en contacto directo con el fluido (agua), tras lo cual, puede conectarse en contacto a la cañería de agua y, calculando la transferencia de calor y pérdidas de carga, podría determinarse el valor de temperatura real del agua lo más aproximado posible.

2.5 PARTES DEL SISTEMA DISTRIBUIDOR DE AIRE CALIENTE

2.5.1 Extractor

Tras haber realizado los cálculos del caudal de aire necesario para llevar calefacción a las diferentes habitaciones del hogar que se seleccionaron para este estudio y tomando en cuenta un total de 2 renovaciones de aire por hora, se llegó a un valor aproximado de 200 m³/h. Respecto a esto se debe seleccionar un extractor de aire que cumpla con estas condiciones, según la disponibilidad del comercio. Es por ello que, para este proyecto se determinó el uso de un extractor que más se acercara a nuestros requerimientos y se encontró uno marca Drl con una capacidad de 200 m³.

Pero, ¿Qué es un extractor de aire?

Un extractor de aire es un aparato compuesto por un ventilador y un motor eléctrico, que es el que le transfiere el movimiento. Está destinado a la aspiración y renovación de aire de un lugar determinado. Sus dos funciones principales son: eliminar el exceso de humedad, la cual puede provocar el deterioro de los espacios, y la aparición de moho.



Figura 2- 4: Extractor de aire

2.5.2 Celosías

Según una definición de la ingeniería industrial, el diseño de la celosía es un patrón formado por diagonales o rectas en forma de malla o en líneas horizontales o verticales. Donde cada tabloncillo es parte de un conjunto, al modo de la reja, cumpliendo una funcionalidad colectiva, dado que uno solo no hace función alguna sino está inserto y agrupado al resto. Será también en cuestión del uso que se le dé, y el conjunto en que se aplique, lo que determinará el modo de fabricación y los materiales que se utilicen.

La forma de la construcción de las celosías era tal, con el fin de que no se pudiera observar absolutamente nada desde afuera hacia adentro, pudiendo incluso tener diseños con formas geométricas o vegetales y epigráficos.

En la actualidad, las celosías son muy utilizadas en la construcción de viviendas exclusivamente, y el uso que se les da es para mantener una buena ventilación de las habitaciones y reducir la humedad de las mismas. Estas suelen ir ubicadas en la parte inferior de las puertas, en el techo o en la pared.



Figura 2- 5: Celosía de la antigüedad



Figura 2- 6: Celosía aplicada en viviendas

2.5.3 Tubos flexibles

Como ya se determinó el uso de un extractor para la calefacción de las habitaciones, utilizando el aire con temperatura que se encuentra en superficie, es necesario también, utilizar algún medio de traslado para llevar el aire a las habitaciones. Por esta razón, viendo la disponibilidad del comercio y el material que más se adapta a los requerimientos, se determinó el uso de Tubo corrugado aluminizado de 4", empleado habitualmente en sistemas de ventilación y aire acondicionado.

Este tubo irá conectado desde el extractor a las celosías de las habitaciones (las cuales serán regulables manualmente), logrando así tener una buena calefacción y solo cuando se desee.



Figura 2- 7: Tubo flexible

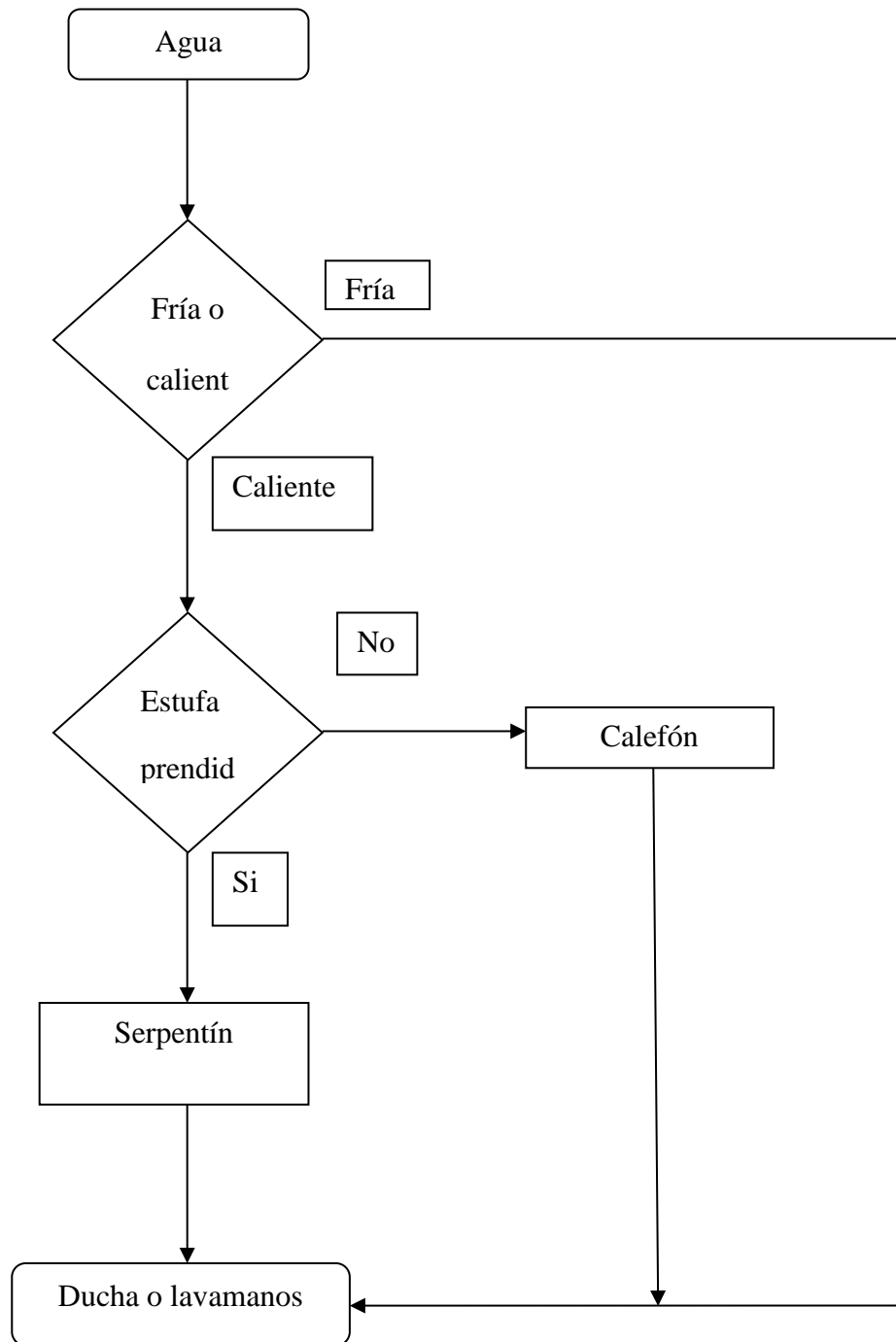
2.6 DIAGRAMA DE FLUJO CALENTADOR DE AGUA

Figura 2- 8: Diagrama de flujo calentador de agua

CAPITULO III: “CÁLCULOS DEL ESTUDIO”

3.1 VOLUMEN DE AIRE DE UNA VIVIENDA

Para poder climatizar una casa se debe saber cuánta es la cantidad de aire frío que hay que transformar en aire caliente (Volumen). Para eso, hay que calcular el área total a calefaccionar, que serían todos aquellos sectores que uno quiere temperar, ya sean cuartos, cocina, living, comedor, entre otros, esto dejándolo en metros cuadrados (m^2), teniendo el área total de la vivienda se debe calcular el volumen y eso es nada más que multiplicar el área total por el alto de la casa.

$$A = l * a$$

A = Área
l = Largo
a = ancho

$$V = A * h$$

V = Volumen
A = Área
h = altura

Para este trabajo a modo de ejemplo se utilizará una casa con medidas estándares para realizar todos los cálculos ya señalados anteriormente y además servirá para ejemplificar aquellos que se mencionarán más adelante. Esta casa cuenta con 3 dormitorios, 2 baños, 1 cocina, 1 living-comedor y 1 armario.

A continuación, se muestra un plano con la distribución de la “casa ejemplo”, además, señalando las medidas correspondientes para realizar los cálculos.

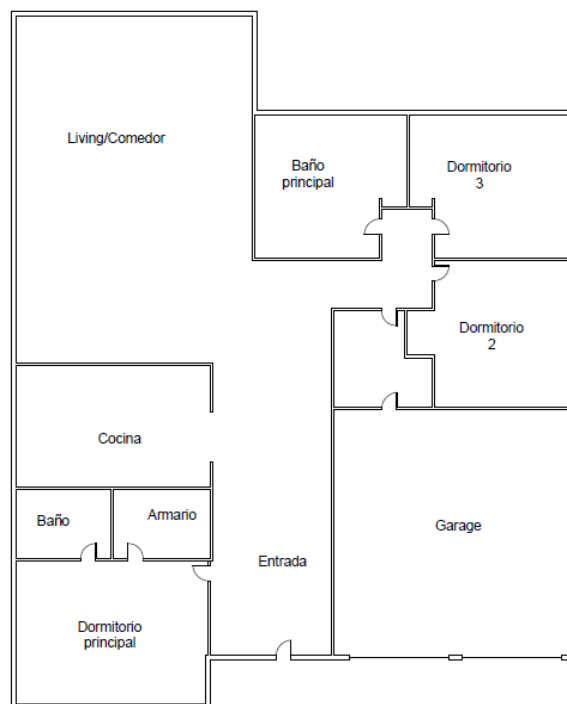


Figura 3- 1: Plano de vivienda referencial

- a) Dormitorio principal: $3.5 \text{ m} * 4 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$
- b) Dormitorio 2: $3 \text{ m} * 3 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$
- c) Dormitorio 3: $3 \text{ m} * 3 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$
- d) Cocina: $2.5 \text{ m} * 4 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$
- e) Living-comedor: $7.1 \text{ m} * 5 \text{ m} = 35.5 \text{ m}^2$
- f) Armario: $2 \text{ m} * 2 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$
- g) Baño principal: $2.5 \text{ m} * 3 \text{ m} = 7.5 \text{ m}^2$
- h) Baño 2: $2 \text{ m} * 2 \text{ m} = 9 \text{ m}^2$

Se establecerá que el alto de la vivienda será de igual medida para todas las áreas, por lo tanto, la medida que tomará será de 2.50 m. Teniendo las medidas realizadas anteriormente y estableciendo la altura se puede calcular el volumen (cubicación de aire) de la vivienda.

$$V_t = A_t * h \longrightarrow 111.134 \text{ m}^2 * 2.50 = 277.835 \text{ m}^3$$

El resultado final fue 277.835 m^3 , ésta es la cantidad de aire que se encuentra en el hogar al cual se va a calefaccionar, por lo tanto, con esto se podrá saber en cuanto tiempo la cocina a leña seleccionada podría lograr la condición óptima, o cómo el sistema reducirá el tiempo al cambiar la temperatura del ambiente.

El resultado anterior es la cubicación total de la vivienda, pero para distribuir el aire caliente para el resto de las habitaciones se debe realizar la cubicación de aquellos espacios alejados de la estufa. Para esto se tendrá que cubicar la suma de volúmenes de aquellos espacios, en el caso del plano anterior serían los dormitorios y baño principal. Estos, debido a que los dormitorios tienen que estar en todo momento climatizados, y el baño también es incluido con el objetivo de reducir la humedad del espacio, cuidando este espacio propenso a humedad, hongos, etc. Pero, no solo hay que tomar en cuenta esto, en un espacio cerrado al ser calefaccionado hace que el aire del entorno se vuelva denso y menos adecuado, por lo que se debe realizar renovaciones del aire constantemente, estas están dadas por cantidades de veces según el entorno, y dice que cada cierto tiempo se debe renovar, este número esta tabulado en libros de ventilación.

Explicado esto se procede a los cálculos.

$$\text{Dormitorio principal} : 3.5 \text{ m} * 4 \text{ m} * 2.5 \text{ m} = 35 \text{ m}^3$$

$$\text{Dormitorio 2} : 3 \text{ m} * 3 \text{ m} * 2.5 \text{ m} = 22.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Dormitorio 3} : 3 \text{ m} * 3 \text{ m} * 2.5 \text{ m} = 22.5 \text{ m}^3$$

Baño principal : $2.5 \text{ m} * 3 \text{ m} * 2.5 \text{ m} = 18.75 \text{ m}^3$

Volumen Total : $98.75 \text{ m}^3 * 2 \text{ (número de renovaciones)} = 197.5 \text{ m}^3$

El resultado anterior se utiliza para seleccionar el extractor necesario que se necesita para distribuir el aire caliente a las habitaciones de la vivienda y obtener un ambiente temperado en una hora, se deberá utilizar un extractor con una capacidad de $200 \text{ m}^3/\text{h}$, el tiempo que se demore en calefaccionar el espacio dependerá de las características del extractor.

Para obtener datos reales en cuanto a la estufa a leña que se seleccionó para calefaccionar, se realizó la medición en un espacio real, con el fin de conocer los estándares de calefacción y las temperaturas que ésta puede alcanzar. Esto fue medido con un termómetro laser (pirómetro), a una estufa a leña con termo cañón, la cual arrojó los siguientes datos.

Datos de temperatura de una estufa a leña:

Temperatura ambiente exterior: 15.3°C .

Temperatura ambiente interior estufa al máximo: 24°C .

Temperatura ambiente interior estufa al mínimo: 22°C .

Temperatura cañón al mínimo: 50°C .

Temperatura cañón al máximo: 95.6°C .

Temperatura carcasa al mínimo: 200°C .

Temperatura carcasa al máximo: 290°C

Temperatura del agua al mínimo: 45°C

Temperatura del agua al máximo: 60°C



Figura 3- 2: Termo cañón (referencial)

3.2 CALCULO DE ENERGÍA PARA CALENTAR EL AGUA

Para saber si el sistema calentador de agua logra el objetivo, que es elevar la temperatura a 60°C, se deben realizar algunos cálculos básicos, donde uno de ellos es la transferencia de calor que se producirá entre la estufa y el serpentín construido de cañerías de cobre.

Para ello se empleará la siguiente fórmula:

$$Q = m (h1 - h2)$$

Donde:

Q = Potencia necesaria

m = Masa

h1 = Entalpia 1

h2 = Entalpia 2

Para calcular la masa del fluido que será calentado, se debe tener la densidad y el volumen del líquido, por lo que también se utilizará la siguiente fórmula.

$$m = r * V$$

m= Masa

r= Densidad

V=Volumen

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * L$$

V= Volumen

d= Diámetro

L= Largo

$$m = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left(\pi * \frac{0.0127^2 \text{m}}{4} \right) * (0.28365 \text{m} * 6)$$

$$m = 0.214943114 \text{ kg}$$

Obteniendo la masa total se debe tener la entalpía del fluido, esta debe ser de la temperatura inicial y además de la temperatura final, la cual se obtendrá de una tabla que se señalará a continuación

5. AGUA: VAPOR Y LÍQUIDO SATURADO [KJ/KG]

T K	P MPa	volume, m ³ /kg		enthalpy, kJ/kg			entropy, kJ/(kg·K)		
		v _f	v _g	h _f	h _{fg}	h _g	s _f	s _{fg}	s _g
273.16	0.0006113	0.001000	206.1	0.0	2500.9	2500.9	0.0	9.1555	9.1555
275	0.0006980	0.001000	181.7	7.5	2496.8	2504.3	0.0274	9.0792	9.1066
280	0.0009912	0.001000	130.3	28.1	2485.4	2513.5	0.1015	8.8765	8.9780
285	0.001388	0.001001	94.67	48.8	2473.9	2522.7	0.1749	8.6803	8.8552
290	0.001919	0.001001	69.67	69.7	2462.2	2531.9	0.2475	8.4903	8.7378
295	0.002620	0.001002	51.90	90.7	2450.3	2541.0	0.3193	8.3061	8.6254
300	0.003536	0.001004	39.10	111.7	2438.4	2550.1	0.3900	8.1279	8.5179
305	0.004718	0.001005	29.78	132.8	2426.3	2559.1	0.4598	7.9551	8.4149
310	0.006230	0.001007	22.91	153.9	2414.3	2568.2	0.5285	7.7878	8.3163
315	0.008143	0.001009	17.80	175.1	2402.0	2577.1	0.5961	7.6255	8.2216
320	0.01054	0.001011	13.96	196.2	2389.8	2586.0	0.6626	7.4682	8.1308
325	0.01353	0.001013	11.04	217.3	2377.6	2594.9	0.7280	7.3156	8.0436
330	0.01721	0.001015	8.809	238.4	2365.3	2603.7	0.7924	7.1675	7.9599
335	0.02171	0.001018	7.033	259.4	2353.0	2612.4	0.8557	7.0236	7.8793
340	0.02718	0.001021	5.737	280.5	2340.5	2621.0	0.9180	6.8838	7.8018
345	0.03377	0.001024	4.680	301.5	2328.0	2629.5	0.9793	6.7479	7.7272
350	0.04166	0.001027	3.844	322.5	2315.4	2637.9	1.0397	6.6156	7.6553
355	0.05105	0.001030	3.178	343.4	2302.9	2646.3	1.0991	6.4869	7.5860
360	0.06215	0.001034	2.643	364.4	2290.1	2654.5	1.1577	6.3615	7.5192
365	0.07521	0.001037	2.211	385.3	2277.3	2662.6	1.2155	6.2391	7.4546

Figura 3- 3: Entalpia del agua de acuerdo a la temperatura en °K

Al tener en la tabla una resolución de 5° Kelvin, se deberá calcular la entalpía para 8°C (281°K) y para 60°C (333°K) para ellos se deberá interpolar, así se obtendrá los datos exactos.

3.2.1 Cálculo de interpolación.

Datos de entalpia según temperatura del agua

8°C	h1
280°K	28.1 KJ/Kg
281°K	
285°K	48.8 KJ/Kg

	h2
330°K	238.4 KJ/Kg
333°K	
335°K	259.4 KJ/Kg

La fórmula para realizar la interpolación es:

$$Y = y_1 + \left[\left(\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \right) (y_2 - y_1) \right]$$

Siendo:

X = Temperatura a interpolar

x_1 = Temperatura inicial

x_2 = Temperatura final

Y = Valor incognito de la entalpia

y_1 = entalpia de la temperatura inicial

y_2 = Entalpia de la temperatura final

Reemplazando los valores para obtener la entalpia para la primera temperatura sería la siguiente:

$$Y_{h1} = 28.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \left[\left(\frac{281^\circ\text{K} - 280^\circ\text{K}}{285^\circ\text{K} - 280^\circ\text{K}} \right) \left(48.8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 28.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right]$$

$$Y_{h1} = 32.24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Por lo que la entalpia para la segunda temperatura seria:

$$Y_{h2} = 238.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \left[\left(\frac{333^\circ\text{K} - 330^\circ\text{K}}{335^\circ\text{K} - 330^\circ\text{K}} \right) \left(259.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 238.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right]$$

$$Y_{h2} = 251 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Realizado esta serie de cálculos se obtuvieron todos los datos necesarios para realizar la ecuación de transferencia de calor, por lo que se puede proceder a reemplazar la simbología por los datos numéricos.

$$Q = 0.214943114 \text{ kg} \left(32.21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 251 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q = -47.0209 \text{ kJ}$$

Tras haber obtenido los resultados, se deben comparar con la capacidad calórica de la estufa realizando una división para obtener el tiempo que se demora en calentar el agua por el serpentín a utilizar.

$$1\text{kcal} = 4.184 \text{ kJ}$$

$$47.0209\text{kJ} = 11.2382 \text{ kcal}$$

$$\text{Estufa} = 7840 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$\frac{11.2382\text{kcal}}{7840\text{kcal/h}} = 0.00143 \text{ h} = 5.148 \text{ segundos}$$

3.2.2 Cálculos de pérdidas de carga

Para poder calcular las pérdidas de cargas que se producen en el sistema debido a las curvas que pueden tener las cañerías, si hay accesorios presentes, o debido al mismo largo de la tubería, etc. Se realizan los cálculos que se presentan a continuación.

- Calcular coeficiente de fricción del fluido (en este caso del agua).

$$F = \frac{1.325}{\left(\ln\left(\frac{\epsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right)^2}$$

Donde:

$$Re = \text{Reynolds} = \left(\frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}\right)$$

ρ = Densidad

μ = Viscosidad

ϵ = Rugosidad = 0.0000015 m

v = Velocidad = 1.5 m/s

- Calcular Reynolds, necesario para obtener el coeficiente de fricción.

$$\text{Re} = \frac{0.0127 \text{ m} * 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 983.13 \text{ kg/m}^3}{4690 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}}} = 0.003993311$$

- Se obtiene el coeficiente de fricción del agua

$$F = \frac{1.325}{\left(\ln \left(\frac{0.0000015 \text{ m}}{3.7 * 0.0127 \text{ m}} + \frac{5.74}{0.003993311^{0.9}} \right) \right)^2}$$

$$F = 0,02935618$$

$$\Delta P = F * \frac{L}{D} * \frac{\rho * v^2}{2}$$

$$\Delta P = 0.0293561 * \frac{1.70 \text{ m}}{0.0127 \text{ m}} * \frac{983.13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left(1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2}$$

$$\Delta P = 4346.18503 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}^2}$$

- Habiendo obtenido el valor de ΔP , se puede obtener las pérdidas de carga regulares, las que corresponden a las cañerías, netamente por su largo.

$$hl = \frac{\Delta P}{\rho * g}$$

$$hl = \frac{4346.18503 \frac{\text{kg}}{\text{m} * \text{s}^2}}{983.13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$hl = 0.4510983 \text{ m}$$

- Se calculan las pérdidas de carga singulares, que corresponden a los accesorios o codos que tenga el sistema. En este caso serán solo codos de 90° que lleva el serpentín.

$$hk = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

$$K = \left(\frac{Le}{D}\right) fr$$

- Obtener K, que es el coeficiente de resistencia de la cañería

$$K = 20 * 0.027 = 0.54$$

$$hk = 0.54 * \frac{\frac{1.5 \text{ m}^2}{\text{s}^2}}{2 * 9.8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}$$

$$hk = 0.0619898 \text{ m}$$

- Finalmente se calcula la perdida de carga total, que es la sumatoria de las perdidas regulares más las perdidas singulares.

$$\text{Perdida de carga total} = hl + hk$$

$$Pct = 0.4510983 \text{ m} + (0.0619898 \text{ m} * 10)$$

$$Pct = 1.0709963 \text{ m}$$

- Se transforma la perdida de carga en metros, a un valor de presión en pascales.

$$1\text{mca} = 9806.38 \text{ Pascales}$$

$$0.5130881\text{mca} = X \text{ Pascales}$$

$$X = 5031.53 \text{ Pascales}$$

$$1\text{bar} = 100000 \text{ pascales}$$

$$X \text{ bar} = 5031.53 \text{ Pascales}$$

$$X = 0.0503153 \text{ bar}$$

- Perdida de carga total del sistema, 0.0503153 bar.

CAPITULO IV: “DISEÑO Y FABRICACION DEL SISTEMA”

4.1 DESCRIPCION SISTEMA COMPLETO CON SUS PARTES

4.1.1 Sistema calentador de agua.

El sistema calentador de agua que se ha propuesto, trabaja de la siguiente forma, el usuario al arrancar la llave de agua caliente la obtendrá mediante el serpentín de cobre o por el sistema común del calefón eléctrico, esta decisión será automatizada mediante ARDUINO, el cuál constará con un sensor de temperatura que estará en contacto con la cañería de agua (en este caso del serpentín) el cual dará la información al programa y abrirá la electroválvula correspondiente, si el agua del serpentín llega a los 60°C se abrirá la electroválvula correspondiente de este sistema dejándola fluir a la red de agua caliente de la vivienda, llegando al lavamanos, lavaplatos o ducha correspondiente, o cualquier otra llave de paso.

De la misma manera si el agua no llega a los 60°C, el programa ARDUINO no dará el paso del agua al serpentín, por lo que se activará la electroválvula correspondiente al calefón, dejando de lado el sistema anterior.

En caso de que ocurra una sobrepresión del serpentín debido a la alta temperatura que puede obtener el agua, se implementará un sistema de alivio, el cual corresponde a instalar una línea paralela que conste de una llave de alivio, esta al incrementar la presión se abrirá y permitirá que el agua pueda salir hacia el desagüe de la ducha, lavamanos, o lo más cercano y conveniente, no significando así un peligro para la persona o la propia vivienda en sí.

4.1.2 Sistema distribuidor de calor

El sistema distribuidor de calor consiste en que, la estufa al estar encendida generará calor en el ambiente cercano donde ésta se encuentre. Con el objetivo de que se amplíe el espacio donde ambientará, se activará un extractor de aire, el cual tomará el calor del entorno y lo transportará a través de los tubos flexibles (que irán ubicados en el entretecho) a cada ambiente seleccionado para temperar. También se instalarán celosías en el techo de las habitaciones, además de incorporar una en las puertas para la renovación del aire.

4.2 PLANO SERPENTÍN

Para poder realizar el calentamiento de agua se utilizará un serpentín en la carcasa de la estufa, esto debido a que en dicho lugar se alcanzan las temperaturas más altas, como se ha mencionado anteriormente.

El serpentín propuesto es de 6 pasos, esto quiere decir que tiene 6 cañerías de forma paralela por la cual circulara el agua, la cantidad de pasos fue definida por el tamaño de la estufa y el tamaño de las cañerías, pudiendo así ocupar de mejor forma el espació propuesto, el número de paso puede ser par o impar dependiendo de por donde se requiera que salga el fluido con temperatura más elevada, de forma que si sale en el mismo sentido del que entró sea par y de lo contrario, sé que si entra por la derecha y sale por la izquierda o viceversa, sea de un número impar de pasos.

Comúnmente en las viviendas se utilizan cañerías de cobre para hacer circular el agua, ya sea fría o caliente. Estas cañerías son de tamaños que varían entre $\frac{1}{2}$ " a 1", en las viviendas en las cuales se centra este trabajo se utiliza cañerías de $\frac{1}{2}$ " debido a que, entrega un funcionamiento satisfactorio para el usuario y además su valor comercial permite que sea de mayor accesibilidad.

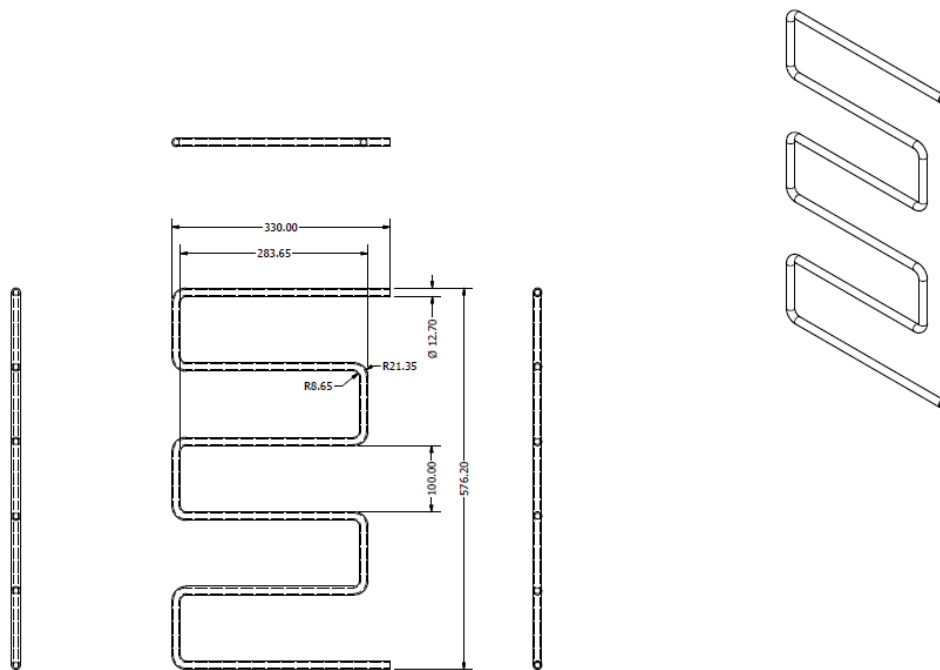


Figura 4- 1: Plano del serpentín

4.3 PLANO CALEFACCIÓN VIVIENDA

Para poder calefaccionar las piezas más lejanas de la fuente de calor de la casa se emplea el uso de un extractor de aire, ubicado en el entretecho cercano a la estufa a leña, la cual, para este diseño, se ubicará en el living-comedor de la casa. Esto con el fin de

poder trasladar el aire caliente que estará emanando de la propia estufa y distribuirlo a las habitaciones mediante tubos flexibles, ubicados también en el entretecho, logrando así temperar las habitaciones más frías de la casa aprovechando al máximo la energía calórica de la estufa.

A continuación, se muestra el bosquejo de la circulación de aire utilizando el extractor.

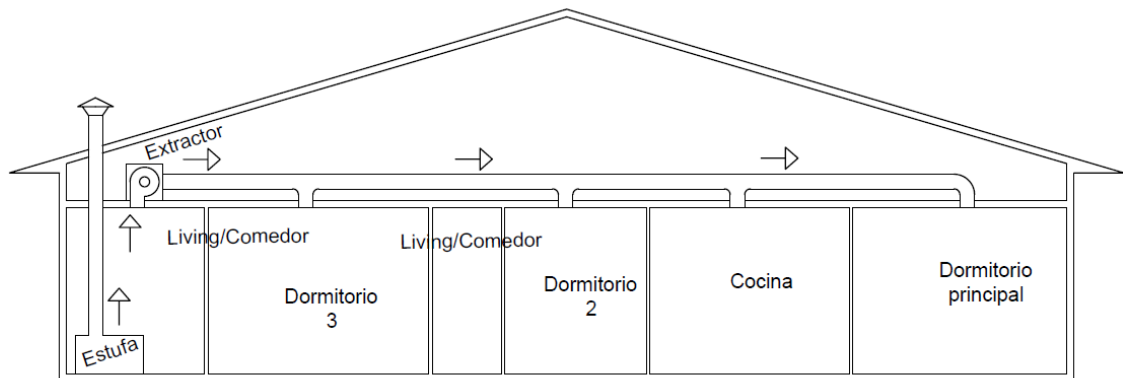


Figura 4- 2: Circuito de circulación del aire

4.4 DISEÑO EN ARDUINO

- **Esquema eléctrico**

A continuación, se muestra el patillaje de conexión del sensor donde, los pines de los extremos son para la alimentación del mismo y la patilla del medio proporciona el valor de la medición en referencia a la tensión, siendo a razón de 10 mV/°C y los esquemas eléctricos con la placa de desarrollo.

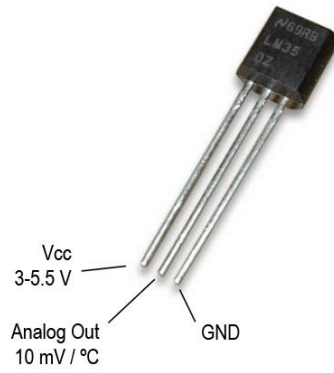


Figura 4- 3: Patillaje del sensor LM35

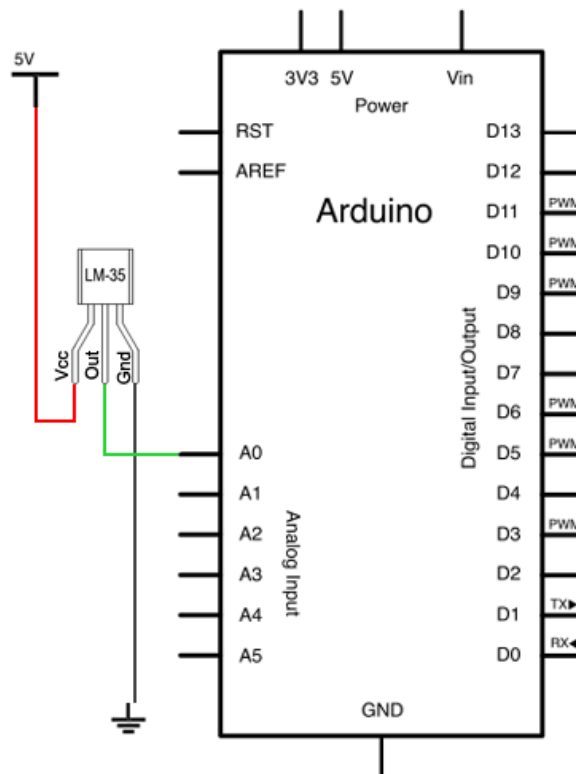


Figura 4- 4: Conexión del sensor con el Arduino

- **Programa**

Para que el sensor trabaje correctamente y la placa arduino pueda controlar la apertura y cierre de las electroválvulas, se debe realizar un programa, mediante el cual el entorno de desarrollo arduino analizará la información entregada por el sensor (tensión en

mV) y de acuerdo a esto determinará cual electroválvula se debe abrir. A continuación, se muestra el programa que se debe ejecutar en Arduino.

```

1  const int sensorPin= A0;
2
3  void setup()
4  {
5      Serial.begin(9600);
6  }
7
8  void loop()
9  {
10     int value = analogRead(sensorPin);
11     float millivolts = (value / 1023.0) * 5000;
12     float celsius = millivolts / 10;
13     Serial.print(celsius);
14     Serial.println(" C");
15     delay(1000);
16 }

```

Figura 4- 5: Programación del sensor

```

const int sensorPin = A0;

void setup() {
  pinMode (5, OUTPUT); // Se selecciona pin para electroválvula del serpentín como salida
  pinMode (6, OUTPUT); // Se selecciona pin para electroválvula del calefón como salida
  pinMode (0, INPUT); // Se selecciona pin para lectura del sensor como entrada
  Serial.begin(9600); // Se inicia el monitor serial para leer los valores en pantalla
}

void loop() {
  int value = analogRead(sensorPin); // Se lee la información del sensor
  float millivolts = (value / 1023.0) * 5000; // Se transforma la información a grados celsius
  float celsius = millivolts / 10;
  Serial.print(celsius); // Se imprimen los grados celsius en el monitor serial
  Serial.println(" C");
  delay (5000);

  if( celsius >= 60 ) // Se compara la temperatura del agua, si es mayor o igual a 60°C se activa
                    // la válvula del serpentín, de lo contrario se activa la válvula del calefón
  {
    digitalWrite (5, HIGH); // Serpentin activo
    digitalWrite (6, LOW); // Calefón apagado
  } else {
    digitalWrite (5, LOW); // Serpentin inactivo
    digitalWrite (6, HIGH); // Calefón encendido
  }
}

```

Figura 4- 6: Programación del proyecto

4.5 COSTOS DEL PROYECTO

Nombre de insumo	Características	Valor Referencial	Cantidad
Extractor de aire	Extractor de aire capacidad de 200 m ³	42990	1
Cañería de cobre	Cañería de ½" x 6m x 2mm	12490	1
Placa Arduino	Arduino UNO R3	9800	1
Ductos flexibles	Ducto flexible de ventilación 10m x 6"	7990	n/d
Celosías	Celosía de aluminio 30cm x 30cm	2590	n/d
Válvula de seguridad	Válvula alivio de presión ajustable	13990	1
Sensor T° LM35	Sensor de temperatura LM35 Arduino	1190	1
	Total	91040	

Cabe destacar que los costos que aquí se han planteado son valores referenciales, lo más cercano a la realidad, y la razón por lo que la cantidad, tanto de ductos flexible, como celosías no se encuentra definida, es porque, la cantidad de estos dependerá de varios factores como, por ejemplo, la cantidad de habitaciones que se van a temperar dependiendo de cada casa, ya que todas tienen dimensiones diferentes, por lo que estos materiales variaran de acuerdo a cada hogar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede observar que se logra cumplir tanto los objetivos específicos como los generales mediante los métodos propuestos, ya que son sistemas factibles y también económicos. Estos al utilizarlos no dan un alto impacto al bolsillo del consumidor, debido a los bajos costos de los implementos para poder fabricar el sistema calentador de agua y además el sistema distribuidor de aire caliente.

Ambos medios potencian la estufa a leña convirtiéndola en un medio aún más atractivo tanto para la persona que ya consta con este sistema, como a su vez a los futuros usuarios que quieran adquirir un medio de calefacción existente. Esto ya que las funciones que ahora cumplirá, no solo tendrá la tarea de climatizar una vivienda si no que, a su vez podrá ser un medio productor de agua caliente, y otra razón no menor es que su capacidad de calefacción se vuelve aún mayor.

Otro punto importante es que al ser un medio semi-automático ahorra el tiempo y trabajo de la persona que lo va a utilizar, optimizando ambos factores mencionados anteriormente, ya que en sistemas similares se ha visto que consta con válvulas manuales, las que deben ser manipuladas constantemente, retardando la operación.

A modo de recomendación se sugiere que las instalaciones y/o modificaciones de cañerías sean realizadas por una persona capacitada (gasfíter), de la misma manera para celosías y extractores. Además, si se diera el caso de existir sobrepresiones debido a la temperatura del agua, se recomienda utilizar válvulas de alivio en una línea paralela que libere este exceso de presión al desagüe, ya sea de la ducha, lavaplatos, etc.

BIBLIOGRAFÍA

BAZAMANO CHIMENEAS. ¿Qué combustible elegir para nuestra calefacción? [en línea]. < <http://www.todochimeneasybarbacoas.com/pellets-o-lena-para-nuestra-calefaccion/> >. [consulta: 20 de mayo de 2018].

ÇENGEL GHAJAR. Transferencia de calor y masa. Cuarta edición, fundamentos y aplicaciones. Mc Graw Hill .2011

CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLOGICO. Medición del Consumo Nacional de Leña y Otros Combustibles Sólidos Derivados de la Madera. [en línea] <[http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/Minerg/MEDICI%C3%93N%20DEL%20CONSUMO%20NACIONAL%20DE%20LE%C3%91A%20Y%20OTROS%20COMBUSTIBLES%20S%C3%93LIDOS%20DERIVADOS%20DE%20LA%20MADERA.p](http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/Minerg/MEDICI%C3%93N%20DEL%20CONSUMO%20NACIONAL%20DE%20LE%C3%91A%20Y%20OTROS%20COMBUSTIBLES%20S%C3%93LIDOS%20DERIVADOS%20DE%20LA%20MADERA.pdf)
[df](http://dataset.cne.cl/Energia_Abierta/Estudios/Minerg/MEDICI%C3%93N%20DEL%20CONSUMO%20NACIONAL%20DE%20LE%C3%91A%20Y%20OTROS%20COMBUSTIBLES%20S%C3%93LIDOS%20DERIVADOS%20DE%20LA%20MADERA.pdf)>. [consulta: 19 de Julio de 2018]

LUIS LLAMAS. Medir temperatura con Arduino y sensor LM35. <<https://www.luisllamas.es/medir-temperatura-con-arduino-y-sensor-lm35/>> [consulta: 3 de Agosto 2018].

RAWSON HOMES. Construye hogar [en línea]. <<https://www.construyehogar.com/planos/casas-un-piso/>>. [consulta: 20 de mayo de 2018]

REVISTA Electrónica de investigación sobre calefacción [en línea]. Diciembre de 2012. < <https://www.arqhys.com/construccion/calefaccion-sistemas.html> >. [consulta: 08 de mayo de 2018].

SALVADOR ESCODA S.A. Manual práctico de ventilación, (Catalogo técnico), 2^{da} Edición, < <https://www.salvadorescodas.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf> >. [consulta: 23 de Julio de 2018].