

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA  
VIGILANCIA TECNILÓGICA EN SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE  
AGUA PARA USO DOMICILIARIO**

**Autores: Jhonny Osvaldo Arteaga  
Jhonatan Henao Restrepo**

**Medellín, Julio 2014**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

**VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE  
AGUA PARA USO DOMICILIARIO**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electromecánico**

**Autores: Jhonny Osvaldo Arteaga  
Jhonatan Henao Restrepo**

**Director: I.Q. Bernardo Argemiro Herrera  
Múnera, MSc.**

**Medellín, Julio 2014**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

**Nota de aceptación:**

---



---



---



---



---



---



---



---

Presidente del Jurado

---

Jurado 1

---

Jurado 2

Medellín, 014 de Julio de 2014

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	
		Versión	
		Fecha	

## RESUMEN

Cada día el avance de la tecnología hace que los empresarios que lideran empresas manufactureras se enfrente a nuevos retos. Nuevos productos, nuevas tecnologías, nuevas preferencias de los usuarios, nuevas tendencias del mercado y nuevos competidores hacen que cualquier empresa se vea comprometida con la actualización de su tecnología y para esto se debe tener claro hacia donde se dirigen los avances tecnológicos. Se presenta una vigilancia tecnológica sobre los sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico como herramienta para este sector de la industria que produce grandes cantidades de estos productos.

Como parte de esta vigilancia se desarrolla un estado del arte, se evalúan las 20 patentes más recientes en materia de sistemas para calentamiento de agua, se revisa la literatura gris consignada por empresas de fabricantes de estos sistemas, y finalmente se realiza un análisis de la implementación de esta tecnología definiendo cual es la brecha tecnológica que impide su desarrollo o implementación en Colombia.

Para estado del arte se realiza una recopilación de 20 Referencias bibliográficas relacionadas con los sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico, se exponen los logros más recientes en la eficiencia de los calentadores de diferentes tecnologías encontrados en 5 estudios diferentes que tratan sobre la implementación de un intercambiador de calor de Titanio en un sistema del calentamiento instantáneo, la comparación de estos sistemas con sistemas de calentamiento cíclicos, el aprovechamiento del calor radiante y el desarrollo de un dispositivo deflector para los sistemas de calentamiento de agua tipo acumulación; para el control de la contaminación y efectos en los productos de combustión se consultaron 3 diferentes referencias bibliográficas que muestran como los calentadores que emplean energía eléctrica son menos eficientes y la implementación de nuevos calentadores en Polonia; los avances tecnológicos tienden a la reducción de las emisiones de CO y la implementación de calentadores de alta eficiencia, para lo cual se resaltan los resultados encontrados en 2 estudios diferentes, finalmente se resaltan las nuevas aplicaciones en cuanto al uso de calentadores domésticos para lo cual se presenta la propuesta de un calentador de agua a partir de un gas, alimentada con hidrógeno y oxígeno obtenido por electrólisis en la misma unidad y se trae a colación la tecnología de calentadores de agua solar estudiada en Quebec e incentivada en Australia.

Palabras clave: Calentador, emisiones, calentador de agua a gas, avances, instantáneo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## ABSTRACT

Every day the advance of technology makes entrepreneurs leading manufacturing enterprises faced with new challenges. New products, new technology, new user preferences, market trends and new competitors make any undertaking is committed to upgrading its technology and to this must be made clear where technological advances are directed. A technological monitoring is presented on water heating systems for domestic use as a tool for this industry that produces large quantities of these products.

As part of this monitoring a state of the art is developed, the most recent patents are evaluated in terms of systems for water heating, gray literature recheck by those water heater manufacturers, and finally an analysis of the implementation is done of this technology which is defining the technological gap which prevents their development or implementation in Colombia .

A collection of 20 references related to water heating systems for domestic use are performed in this work, for this propose the latest achievements in the efficiency of different water heaters technologies are presented. 5 different studies that deal with the implementation a titanium heat exchanger in an instantaneous heating system, comparisons among instantaneous and cycling systems, the achievement of latent heat and the development of a baffle for the heating water storage type, for pollution control and effect on the combustion products two different references were consulted, they show how employing electrical heaters is less efficient and implementing new heaters in Poland technological developments tend to reduce CO emissions and implementation of highly efficient heater, for which the results are outlined in four different studies. Finally, new applications highlighted for the use of home heaters for which the proposing of a water heater from a gas-powered hydrogen and oxygen obtained by electrolysis in the same unit and it takes into account technology to solar water heaters studied in Quebec and encouraged in Australia.

Key words: Water heater, emissions, gas powered, advances, instantaneous.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## AGRADECIMIENTOS

A Dios que nos dio las fuerzas y la sabiduría para alcanzar este nivel de educación que abre las puertas del triunfo hacia el futuro profesional.

También de manera muy especial a nuestras esposas y familiares que dieron e hicieron todo para formarnos como personas de bien; gracias por el amor, la paciencia, y el apoyo brindado durante este largo proceso

Además agradecemos a nuestro asesor Ingeniero Bernardo Herrera por su profesionalismo y dedicación, que confió en nuestras capacidades y aptitudes. Al ITM por avanzar cada día para que los sus egresados sean personas íntegras con una visión más amplia y diferente de la vida.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	
		Versión	
		Fecha	

## ÍNDICE GENERAL

<b>Índice de figuras</b> .....	<b>9</b>
<b>Glosario</b> .....	<b>10</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>11</b>
<b>Objetivo general</b> .....	<b>11</b>
<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>11</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>12</b>
<b>Marco teórico</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>15</b>
1. Estado del arte de los sistemas de calentamiento de agua para uso domiciliario.....	<b>15</b>
1.1. Logros en el aumento significativo de la eficiencia.....	<b>15</b>
1.2. Control de contaminación y efectos de los productos de la combustión.....	<b>17</b>
1.3. Avances tecnológicos.....	<b>20</b>
1.4. nuevas aplicaciones.....	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>25</b>
2. Referenciación de patentes.....	<b>25</b>
2.1. Sistemas de control.....	<b>25</b>
2.1.1. sistemas y métodos para el control de la presión de gas de artefactos a gas para uso doméstico.....	<b>25</b>
2.1.2. Calentador de agua sin tanque controlado electrónicamente sin piloto de ignición	
2.1.3. Calentador de agua con dispositivo de filtrado.....	<b>26</b>
2.1.4. Sistemas de calentamiento de agua.....	<b>27</b>
2.1.5. Dispositivo válvula para el almacenamiento y el calentamiento de agua.....	<b>28</b>
2.1.6. Sistemas de calentamiento de agua.....	<b>29</b>
2.1.7. Método de control de calentadores de agua y similares.....	<b>29</b>
2.1.8. sistema de control de apagado.....	<b>30</b>
2.1.9. Calentador de agua a gas a prueba de explosiones.....	<b>30</b>
2.2. Avances en eficiencia energética.....	<b>32</b>
2.2.1. Calentador de agua a gas de alta eficiencia de encendido descendente.....	<b>32</b>
2.2.2. Calentador de agua hibrido gas – eléctrico.....	<b>33</b>
2.2.3. Calentador de agua a gas con incremento en la eficiencia térmica y seguridad.....	<b>35</b>
2.2.4. Bomba de calor a gas para calentamiento de agua.....	<b>36</b>
2.3. Procesos de manufactura efectivos.....	<b>37</b>
2.3.1. Calentador de agua a gas por condensación.....	<b>37</b>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.3.2. Calentador de agua a gas.....	<b>39</b>
2.3.3. Calentador de agua autoalimentado con piloto automático de luz.....	<b>39</b>
2.3.4. Calentador de agua a gas con inductor de aire e intercambiador de calor.....	<b>40</b>
2.3.5. Calentador de agua portable sin tanque de bajo costo.....	<b>40</b>
2.3.6. Calentador de agua a gas con intercambiador de calor separable o calentador de agua externo conectado desmontable.....	<b>41</b>
2.3.7. Calentador de agua a gas con una adaptación de ducto de evacuación.....	<b>42</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>43</b>
3. Literatura gris avances a nivel industrial.....	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>45</b>
4. Brecha tecnológica.....	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>46</b>
5. Conclusiones.....	<b>46</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>47</b>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama del prototipo experimental con ubicación de los puntos de medición.....	<b>19</b>
<b>Figura 2.</b> Principios básicos de un sistema de calentamiento de agua de Termosifón.....	<b>21</b>
<b>Figura 3.</b> Sistema de encendido por control electrónico.....	<b>26</b>
<b>Figura 4.</b> Sistema de filtrado para calentador de agua.....	<b>27</b>
<b>Figura 5.</b> Diagrama sistema de calentamiento.....	<b>28</b>
<b>Figura 6.</b> Diagrama dispositivo válvula para el almacenamiento y calentamiento de agua.....	<b>28</b>
<b>Figura 7.</b> Sistema de calentamiento de agua de energía renovable.....	<b>29</b>
<b>Figura 8.</b> Sistema de control de calentadores de acumulación y similares.....	<b>30</b>
<b>Figura 9.</b> Sistemas de control de apagado PMW.....	<b>30</b>
<b>Figura 10.</b> Calentador a gas a prueba de explosiones.....	<b>31</b>
<b>Figura 11.</b> Sistema de calentamiento de alta eficiencia.....	<b>34</b>
<b>Figura 12.</b> Calentador de agua híbrido gas – eléctrico.....	<b>35</b>
<b>Figura 13.</b> Calentador de agua con incremento de eficiencia y seguridad.....	<b>36</b>
<b>Figura 14.</b> Bomba de calor a gas para calentamiento de agua.....	<b>37</b>
<b>Figura 15.</b> Calentador de agua por condensación.....	<b>38</b>
<b>Figura 16.</b> Calentador de agua a gas.....	<b>38</b>
<b>Figura 17.</b> Calentador de agua autoalimentado con piloto de luz.....	<b>39</b>
<b>Figura 18.</b> Calentador con inductor de aire e intercambiador.....	<b>40</b>
<b>Figura 19.</b> Calentador de agua portátil.....	<b>41</b>
<b>Figura 20.</b> Calentador de agua a gas con intercambiador desmontable.....	<b>42</b>
<b>Figura 21.</b> Calentador de agua a gas con una adaptación de ducto de evacuación.....	<b>42</b>
<b>Figura 22.</b> Diagrama de calentador serie GC 160.....	<b>44</b>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## GLOSARIO

**Calentador:** es un dispositivo termodinámico que utiliza energía para elevar la temperatura del agua.

**Deflector:** aparato usado para cambiar la dirección de un fluido o corriente eléctrica.

**Eficiencia:** rendimiento de un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida.

**Electrólisis:** proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad.

**Energía renovable:** energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales

**Híbrido:** es el que utiliza una mezcla de tecnologías

**Ignición:** ocurre cuando el calor que emite una reacción llega a ser suficiente como para sostener la reacción química.

**Inductores:** son elementos lineales y pasivos que pueden almacenar y liberar energía basándose en fenómenos relacionados con campos magnéticos.

**Recopilación:** reunión de escritos diversos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Desarrollar una vigilancia tecnológica que presente los avances tecnológicos en materia de sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico.

### Objetivos específicos

- Analizar los avances tecnológicos más relevantes en el campo del desarrollo de sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico por medio de la revisión sistemática de publicaciones científicas y bases de patentes.
- Identificar la brecha tecnológica que impide la implementación de diversas tecnologías a nivel nacional, en materia de economía, tecnología, procesos de manufactura, cultura o cualquier otro factor necesario para avanzar hacia las nuevas tendencias mundiales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran competencia del mercado de los sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico y que en su mayoría son manufacturados en otros países y comercializados en Colombia, se tiene la necesidad de tener un panorama claro de los avances tecnológicos con el fin de emprender un proyecto para la invención y manufactura de un calentador a gas.

Las grandes marcas manufactureras han invertido gran parte de sus ganancias en investigación y los frutos de esta inversión se ven reflejados en la gran variedad y versatilidad de los sistemas de calentamiento que ofrecen hoy en el mercado nacional e internacional.

Una importante empresa manufacturera nacional pretende innovar en este campo y competir con las multinacionales que se han visto beneficiadas por los tratados de libre comercio con otros países de naturaleza industrial y altamente competitivos por sus altos estándares de calidad, al bajo costo en su mano de obra y materias primas.

Competir con las industrias extranjeras no es fácil y se tiene que tener claro los avances de dichas empresas para competir con criterio y calidad, por esta razón y con el objetivo de diseñar un calentador que pueda ser producido y comercializado en Colombia y otros países de la región, se presenta esta vigilancia tecnológica.

Este trabajo se convierte en la antesala al proyecto de calentador de paso que se desarrollará en Industrias Haceb con el fin de impulsar la industria manufacturera del país y beneficiar el empleo en el área metropolitana. Consciente del impacto social que puede generar un proceso de manufactura se requiere tener un marco de tendencias tecnológicas claro que sumado a la amplia experiencia y el conocimiento del mercado nacional y regional adquirido durante setenta años desde su fundación, Haceb pretende ofrecer un producto competitivo y de alta calidad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## MARCO TEÓRICO

Los sistemas de calentamiento de agua han sido uno de los focos de investigación más importantes a nivel industrial debido a su alta demanda en todos los ámbitos de la sociedad. En el presente texto académico se resaltan los principales adelantos en este sector de la industria y la investigación. Esta vigilancia tecnológica se presenta bajo tres frentes; un estado del arte que comprende 20 artículos científicos sobre los últimos estudios en esta materia y se clasifican logros en el aumento significativo de la eficiencia, control de contaminación y efectos de los productos de la combustión, avances tecnológicos y nuevas aplicaciones. A continuación se presentan 20 patentes presentadas en los últimos 4 años que han dado nuevas alternativas a las industrias dedicadas a la manufactura de este tipo de sistema. Para la clasificación de estos avances se consolidaron tres grandes grupos; sistemas de control, avances en eficiencia energética y procesos de manufactura efectivos. También se hace referencia a los adelantos en materia de aplicación de nuevas tecnologías con 5 artículos de literatura gris que resaltan las nuevas tendencias del mercado actual. Finalmente, se realiza un análisis de la brecha tecnológica que impide la implementación de los avances presentados a nivel nacional.

Gran parte de los artículos y patentes presentados sustentan en análisis en el incremento de la eficiencia energética valiéndose de principios ingenieriles y análisis termodinámicos que permiten aprovechar la energía que se desperdicia controlando el incremento de la entropía en los sistemas. Pero también los avances en el campo de la seguridad que ofrecer estos artefactos se hacen evidentes en la industria implementando mejores sistemas para el control de la combustión dando respaldo al usuario y disminuyendo el impacto en el medio ambiente.

Los sistemas de control contribuyen significativamente al aumento de la eficiencia de los calentadores de agua. No sólo se puede controlar los dispositivos básicos de maniobra y seguridad que constituyen el calentador para su correcto funcionamiento sino que se controla la combustión con la pre-mezcla del gas y el aire comburente haciendo de que la llama presente una combustión limpia y emisiones de monóxido realmente bajas.

Pero las nuevas tendencias no sólo deben ocuparse de la eficiencia sino también de conservarla en los diferentes pisos térmicos teniendo en cuenta estudios de altimetría y dando a los sistemas de combustión características de diseño que eviten los efectos de la altitud, dicha compensación es un área interesante que debe desarrollarse más a profundidad.

Los adelantos en *software* de simulación han dado un nuevas formas de comprensión, no solo por el análisis termodinámico sino por la modelación matemática cada vez más acertada, que ha permitiendo ahorros en los

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

costos de prototipado y facilitando el diseño y la manufactura del producto final.

Son muchos los aspectos que se han de tener en cuenta durante el desarrollo de un sistema de calentamiento que ofrece un servicio en el ámbito domiciliario, para los sistemas de calentamiento que utilizan un tanque de almacenamiento una de las amenazas que se presentan es la alta proliferación de bacterias como la Legionela que se reproduce en el fondo de los tanques cuando la temperatura del agua ofrece las condiciones para la su reproducción. A nivel mundial no hay una política clara que prevenga y proteja a los usuarios sobre este fenómeno que es una amenaza latente a la salud.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	
		Versión	
		Fecha	

## CAPÍTULO I

### 1. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA PARA USO DOMICILIARIO

Antes de iniciar cualquier proyecto de investigación y desarrollo que implique innovación tecnológica, se debe tener claro los antecedentes y adelantos en el área definida. La vigilancia tecnológica que se propone en este trabajo, se plantea como antesala a un proyecto de desarrollo de un calentador de agua que será diseñado y manufacturado por una importante empresa colombiana, con el fin de robustecer sus procesos de producción para estos sistemas. Con base en los avances en materia de investigación sobre los sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico, se presenta la necesidad de documentar las innovaciones y adelantos en este campo con el fin de dar una visión global y actualizada sobre estos sistemas. Finalmente, se identificará la brecha tecnológica para la implementación de estos sistemas en el territorio nacional.

#### 1.1. LOGROS EN EL AUMENTO SIGNIFICATIVO DE LA EFICIENCIA

Uno de los objetivos principales de los países es la descarbonización de los productos de la combustión emitidos por los artefactos domésticos que usan gas combustible. De acuerdo con la investigación adelantada por Boait et al., (2012) donde se realizaron comparaciones entre las diferentes tecnologías implementadas para mejorar la eficiencia de los calentadores, se puede asegurar que los sistemas de calentamiento de agua instantáneo no solo tienen alto desempeño, sino que disminuyen las emisiones de carbón que se liberan a la atmosfera, con respecto a las emisiones producidas por los calentadores de acumulación. Este estudio permite también concluir que no solo es posible innovar en la disminución de carbono de los calentadores instantáneos de agua, sino que se demostró que la implementación de un control más preciso, incrementa la eficiencia entre 5% y 7%. Por estas razones existe una tendencia mundial por el uso este tipo de sistema. Para este artículo también se estudiaron las bombas de calor con un sistema de control termostático adaptativo que minimiza los ciclos de calentamiento asegurando las temperaturas de confort para el uso de agua caliente.

A pesar de la tendencia al uso de los sistemas de calentamiento instantáneo, se han hecho grandes esfuerzos por elevar la eficiencia de los calentadores de acumulación. El principal mejoramiento es un dispositivo deflector que mejora el consumo de gas en un 4.95%, Mahmoud y Khodadadi (2013). Este estudio numérico y experimental demuestra que el deflector implementado al

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

interior de la salida de los productos de la combustión retrasa el flujo de los humos transfiriendo más calor al tanque de almacenamiento de agua. La geometría de este dispositivo es esencial para alcanzar los resultados esperados, por esta razón se diseñaron diferentes modelos tridimensionales. La disminución del consumo de gas natural se da en condiciones de estabilidad térmica definido en el ensayo normativo de eficiencia, lo cual era el objetivo según el autor.

En un estudio realizado por Hwang et al., (2010) para investigar las características de transferencia de calor y masa en un intercambiador de calor de titanio, se pudo concluir que la eficiencia térmica del calentador de agua se puede mejorar hasta un 93% en la recuperación de calor latente con un intercambiador de calor de titanio configurado con un banco de tubos escalonados.

Otra forma de analizar la eficiencia en los calentadores está relacionada con la comparación del calentamiento instantáneo y los modos de calefacción cíclicos. Los resultados de este estudio realizado por Gang et al., (2011) muestran que el modo de calentamiento instantáneo no sólo tiene una eficiencia superior, sino también una capacidad de calentamiento más alta, lo que conlleva al ahorro de consumo de energía y la disminución en el tiempo de calentamiento.

Otros estudios experimentales han logrado aumentar la eficiencia utilizando hidrogeno, Cliff et al., (2011) el calor radiante de la cámara de combustión aumenta mejorando la eficiencia pero solo levemente, en el análisis de los costos de la implementación de este estudio se concluyó que es muy costosa la implementación de un sistema con estas características.

Boait (2012) estudia la eficiencia de 5 tipos de sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico ampliamente utilizados en el Reino Unido. Se estandarizó un método que permitiera la evaluación comparativa de los calentadores. Se incluyeron en este estudio calderas a gas, micro CHP (*Control heat pump*), bombas de calor, calentador de inmersión y un sistema de calentamiento solar. Se encontró que el sistema de calentamiento instantáneo de agua a gas es mucho más eficiente que los calentadores de acumulación a gas. Para los calentadores eléctricos, se descubrió que un calentador de inmersión tiene un mejor desempeño, en algunas circunstancias, que las bombas de calor, y también tiene ventajas cuando es combinado con un sistema de calentamiento solar porque ofrece mayor potencial. Se identificaron oportunidades de mejoramiento de todos los sistemas de acumulación con un mejor control de la potencia de entrada. También se identificaron inconsistencias y problemas, en los estándares establecidos para la mitigación de la Legionela en los sistemas de calentamiento de agua.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## 1.2. CONTROL DE CONTAMINACIÓN Y EFECTOS DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.

La contribución de los calentadores de uso doméstico al calentamiento global fue estudiada por Taborianski y Prado (2004). Este artículo se demuestra que los calentadores que usan gas combustible generan un impacto en el medio ambiente pero el uso de calentadores eléctricos para el mismo fin tiene un efecto mucho mayor por la cantidad de energía consumida a muy baja eficiencia.

En varios países de Europa, entre ellos Polonia, se están dedicando durante los últimos años a estudiar y a realizar pruebas pensando en la seguridad de los usuarios de los sistemas de calentamiento de agua, con el fin de evitar la contaminación que se está ocasionando a su población con el uso de los calentadores a gas de combustión abierta llamados tipo B, ya que estos generan gran cantidad de gases de carbono en el interior de las viviendas. Se está trabajando en la implementación de calentadores a gas llamados tipo C los cuales son iguales a los tradicionales con la diferencia que estos realizan una combustión interna y están equipados con suministro de aire tomado directamente del exterior, todo con el fin de garantizar una calidad de aire en las viviendas de hasta 5 pisos según estudios realizados para la población de Polonia. (Czerskia et al., 2013).

Los sistemas de combustión no solo deben ser eficientes sino seguros y la producción de monóxido de carbono (CO) derivada de la reacción también debe ser controlada. La disminución de las emisiones de CO fue estudiada por Ozer y Erhan (2010). En este estudio experimental se utilizó un material de llenado de diferentes diámetros que redujo considerablemente las emisiones de CO, lo que se traduce en la disminución del riesgo de intoxicación por inhalación de altas concentraciones de monóxido de carbono. De acuerdo con este artículo las emisiones de CO aumentan debido a la concentración insuficiente de oxígeno en la combustión estequiométrica, implementando un dispositivo de material sólido en la cámara de combustión se controló no solo las emisiones de CO, sino la combustión incompleta del gas combustible a menor concentración de aire.

Una bomba de calor accionada por un motor de combustión trabajando como un calentador de agua tiene una alta utilización de la eficiencia y puede reducir más contaminación ambiental que una caldera a gas o una bomba de calor accionada por motor eléctrico, Zhao et al., (2012). En este trabajo se estudia el comportamiento de la capacidad de calentamiento, el COP (*Coefficient of Performance*) y el PER (*Primary Energy ratio*) de un sistema una bomba de calor accionada por un motor de combustión trabajando como un calentador de agua, se realizó por simulación y de manera experimental.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

De acuerdo con el estudio, El COP y el PER aumentan cuando el flujo de agua disminuye, pero se reduce cuando la velocidad rotacional y la temperatura del agua aumentan. Los resultados de la modelación coincidieron con los resultados experimentales. En la fig. 1 se encuentra un diagrama esquemático del modelo experimental, este incluye un motor a gas, un compresor recíprocante tipo abierto, un condensador, una válvula de expansión (V3), un evaporador, dos intercambiadores de calor, dos tanques de agua caliente, instrumentos de medición y dispositivos de seguridad y control. Todas las tuberías fueron aisladas térmicamente. La temperatura ambiente fue medida por un termómetro de resistencia de platino. El refrigerante utilizado es R134a. Cuando el prototipo trabaja, la baja temperatura y presión del vapor de refrigerante en el evaporador es succionado por el compresor donde se mejora de su recalentamiento hasta convertirse vapor a presión que sale del compresor y a través de una válvula en el condensador, donde, el vapor sobrecalentado entrega calor al agua procedente de la Tanque2, y se convierte en refrigerante líquido, que desemboca en la válvula de expansión electrónica ( V3 ) y es estrangulado por la válvula para convertirse mezcla de líquido y vapor. Esta mezcla fluye hacia el evaporador para absorber el calor del medio ambiente y convertirse en vapor de refrigerante que es absorbida por el compresor de nuevo para terminar el ciclo de refrigerante. La mezcla de agua y de etileno (45 % en volumen) en la chaqueta del cilindro es utilizado para recuperar el calor residual del motor de gas. Cuando la temperatura de la mezcla de líquido es mayor que 80° C, la bomba de agua 1 (WP1) inicia y la mezcla líquida que es bombeada al Tanque2 de agua caliente para calentar el agua a través del intercambiador de calor. La bomba de agua 2 (WP2) inicia cuando la temperatura de la agua en el tank1 es mayor que 65° C, y el agua se bombea en el intercambiador 1 para absorber el calor liberado por los gases de exosto. El agua recalentada por el gas de escape fluye a través de la válvula eléctrica (V1) en el intercambiador 2 para calentar el agua que fluye hacia fuera del condensador. Al final, el agua sale hacia el tanque 2 de agua caliente para terminar el ciclo de recuperación de calor residual. La válvula eléctrica (V2), que se utiliza para descongelar, se cierra cuando la V1 se está abriendo. Para garantizar que la temperatura del agua que fluye de nuevo al tanque de agua caliente es mayor que 65° C, se adopta un sistema WP2 para la medición de la velocidad de ajuste. Finalmente después del análisis de los datos arrojados por la simulación y los datos experimentales se encuentra una variación no significativa de un 10 %, por lo tanto el simulador puede usarse de manera confiable en este sistema. El tiempo del proceso de descongelación del método 1 fue el mayor entre los métodos utilizados. En el ambiente experimental donde trabajó el prototipo, las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, disminuyeron hasta en un 37%.

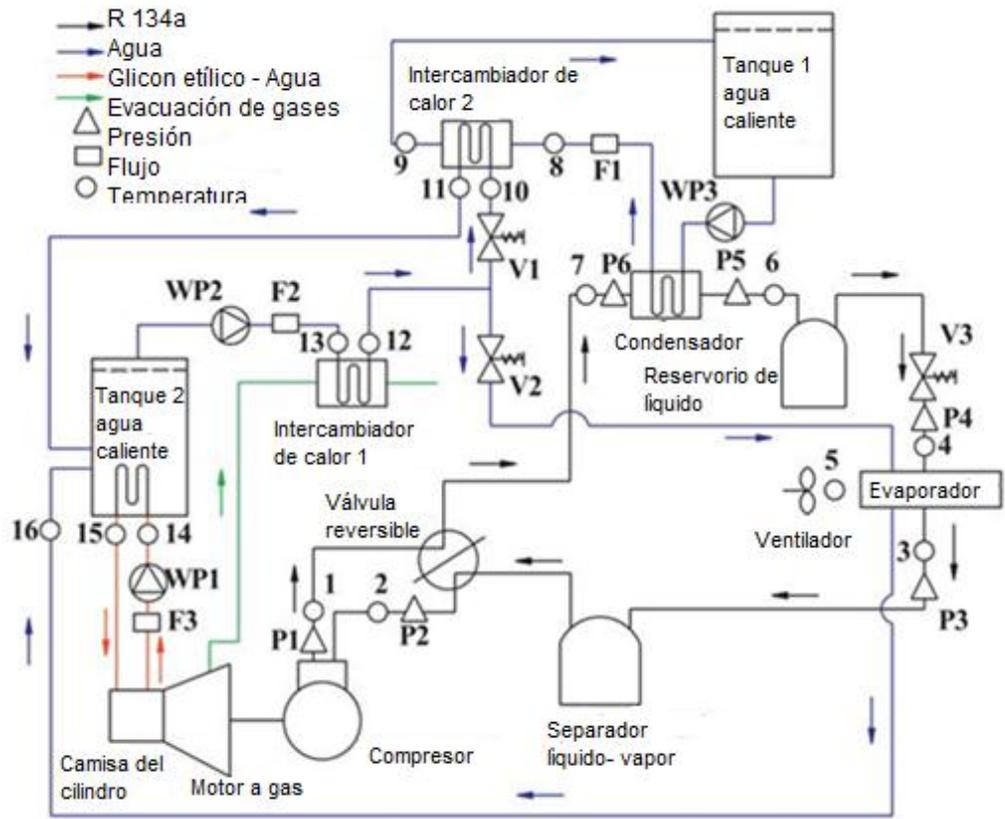


Figura 23. Diagrama del prototipo experimental con ubicación de los puntos de medición.  
 Fuente: Zhao et al. (2012)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

### 1.3. AVANCES TECNOLÓGICOS.

Uno de los avances técnicos más significativos ha sido la modelación del efecto del diámetro de los inyectores y su orientación, Sachin et al., (2007), este avance ha permitido optimizar recursos utilizados en los sistemas de combustión a gas llevando a los diseñadores de máquinas térmicas a estudiar nuevas formas para la orientación de la llama, variando su longitud y la velocidad del fluido al pasar por cada inyector. Cuando la llama se encuentra en una posición de 90 su longitud aumenta y su distribución permite aprovechar zonas de mayor calor en puntos del intercambiador que pueden ser aprovechados de una manera más eficiente.

Los calentadores para uso doméstico son artículos de uso masivo y no solo tienen un impacto sobre el medio ambiente sino que se mueven en el ámbito económico, industrial, científico y social. Las personal prefieren calentadores ecológicamente eficientes como lo demuestra Hisanori et al., (2011) en su estudio sobre las tendencias del comercio hacia los calentadores de alta eficiencia. Basados en una encuesta se detectó la conciencia entre la población de utilizar calentadores de alta eficiencia debido a los aumentos en el costo de la energía, se demostró también que las personas esperan que al utilizar calentadores de tecnología *Eco Cute* el consumo de energía baje considerablemente. También se evidenció que este tipo de calentadores es más utilizado por personas que compran casas nuevas o que están haciendo remodelaciones.

Una de las aplicaciones más ampliamente conocidas de la energía solar es el calentamiento de agua. En términos de gastos de instalación y costos de mantenimiento durante la vida útil del sistema, los calentadores solares para uso doméstico e industrial han demostrado eficiencia económica, Islam (2013). Este trabajo presenta varios tipos de tecnologías entre ellos está el sistema de termosifón (sistema pasivo), que trabaja con el principio de diferencia de densidades para transportar energía calórica (ver figura 3.). Un fluido potable es calentado en un colector solar y la convección natural lleva el agua de la unidad colectora al tanque de acumulación de agua caliente. El agua disminuye su densidad debido al calor de la radiación solar y se expande con el incremento de temperatura. El agua circula hacia el tanque de acumulación y el agua a temperatura media del fondo del tanque circula hacia dispositivo colector. Este flujo depende de la duración a la exposición a la radiación solar.

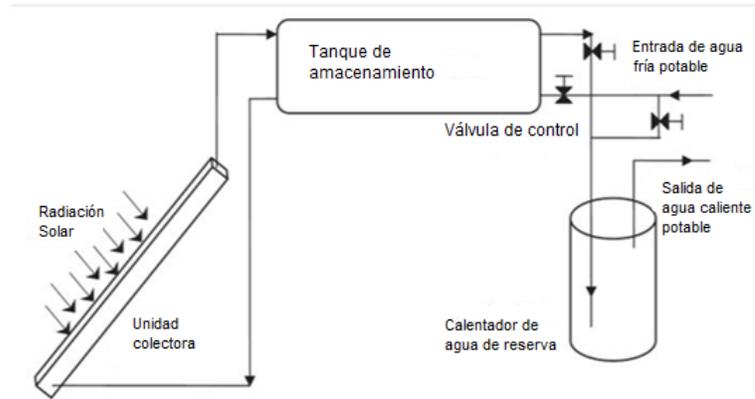


Figura 24. Principios básicos de un sistema de calentamiento de agua de termosifón. Fuente: Islam (2013).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

#### 1.4. NUEVAS APLICACIONES.

Con el objeto de mitigar la necesidad de almacenamiento de agua cuando se utiliza calentadores eléctricos y las pérdidas de las emisiones contaminantes producidas por los calentadores de gas natural, un estudio realizado por Toja (2011) propone un calentador de agua alimentado con hidrógeno y oxígeno obtenido por electrólisis en la misma unidad, para ser instalado en los edificios, lo cual arrojó que esta es una alternativa que entrega una muy alta eficiencia para ambos calentadores de agua, a gas y eléctricos de almacenamiento. La propuesta experimental es una turbina configurada en el circuito de gas que inyecta hidrógeno y oxígeno producidos por la electrólisis del agua. Los productos de la combustión es vapor a alta temperatura se pueden inyectar directamente en el flujo de agua transfiriéndole calor y disminuyendo las pérdidas de debidas al intercambiador y al ducto de evacuación.

Una nueva aplicación que puede ser muy beneficiosa para el medio ambiente y los consumidores, es el calentador de agua solar. En la ponencia realizada por LI y Weiguob (2011), se muestra como se ha estudiado el calentador de agua de energía solar, y como la industria tiene frenado el desarrollo de este calentador, aunque también nos enseña cómo solucionar el problema por medio de una integración completa de una industria de servicio, definiendo los pasos de cómo se debería llevar a cabo.

Para continuar con las aplicaciones sobre los calentadores de agua solar se realizo en el año 2009 un proyecto piloto en Quebec liderado por el Ministerio de Recursos Naturales y de la fauna (MRNF), Moreaua y Laurencellea (2012) el cual contó con 70 participantes y se arrojaron como principales resultados un ahorro del 40% de energía y una optimización en el rendimiento de los paneles fruto de muchos años de estudios y esfuerzos internacionales.

El calentamiento de agua en Australia es el responsable de la generación del 24% de gases de efecto invernadero, para mitigar este impacto se han implementado una serie de programas estatales los cuales tienen como objetivo mejorar la capacidad de la industria para ofrecer soluciones solares, reducir la intensidad de las emisiones, implementación de incentivos en los hogares que empleen calentamiento de agua solares y ejecución de programas de sensibilización. (Ferraria et al., 2012).

Otra propuesta fue expuesta por Chong et al., (2012) En su artículo propuso una mejora significativa a los calentadores solares utilizando un sistema de convección forzada de fácil fabricación. Se trata de un dispositivo deflector implementado en el sistema de absorción calentador permitiendo. En este

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

estudio se detallan el análisis de los resultados experimentales, el análisis óptico y de costos del proyecto.

Uno de las herramientas de estudio más destacadas es el uso de CFD (Dinámica de fluidos computacional) implementada en diferentes campos para el análisis de intercambiadores de calor cómo: la mala distribución de flujo de fluidos, caída de presión y análisis térmico, diseño y la fase de optimización, flujo de fluidos, transferencia de calor, reacciones químicas, etc. Bhutta et al., (2012). La calidad de los resultados analizados con este tipo de modelación son ampliamente aceptados por lo que se puede señalar como una herramienta efectiva al utilizarse para predecir el comportamiento y el desempeño de una amplia variedad de intercambiadores de calor. Los métodos convencionales para el diseño y desarrollo de intercambiadores de calor son tediosos y costosos en el actual mercado. Los CFD han surgido como una alternativa de bajo costo efectiva que entrega una solución rápida al diseño y optimización de un intercambiador de calor. La fiabilidad y confiabilidad de los resultados de CFD han llegado a un punto integral de todos los procesos de diseño, que conduce hacia la eliminación de la necesidad de creación de prototipos.

La estratificación térmica dentro de los tanques de agua caliente conocidos como calentadores de acumulación, maximizan la disponibilidad de la energía almacenada y facilitan la optimización tanto de las fuentes convencionales como las fuentes de energía renovables. Sin embargo energía convencional y renovable de los sistemas de acumulación también se asocian con la proliferación de bacterias patógenas, tales como Legionela, debido a las apropiadas temperaturas que se presentan durante operación. Se han propuesto medidas sanitarias, destinadas a homogenizar la distribución de la temperatura en todo el tanque pero tales medidas reducen la capacidad de almacenamiento de energía del calentador. En este trabajo realizado por Armstrong (2014) se cuantifica el conflicto entre el desempeño termodinámico y la esterilización en 10 de los sistemas de calentamiento de agua utilizados en todo el mundo. Mientras que la estratificación perfecta mejora la recuperación de agua caliente y reduce las pérdidas de calor, muestras de agua revelaron proliferación bacteriana significativa atribuible a dicha estratificación. Como resultado, las mediciones de temperatura indican que los usuarios fueron expuestos a agua potencialmente insalubre. La desestratificación de un sistema para esterilizar bacterias redujo en un 19% la eficacia del sistema de calentamiento de agua. Incrementando el tamaño del tanque esta situación se redujo a un 11%. Los formuladores de políticas, tratando de utilizar tanques de agua caliente como respuesta a la demanda, deberían considerar la posibilidad de monitoreo e implementación de sistemas de control que impidan la exposición a agua caliente antihigiénico. Durante el experimento, se observó una tendencia significativa a la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

proliferación de bacterias en el fondo de los 10 calentadores de acumulación eléctricos cuyos sistemas cumplen a cabalidad con las normas internacionales BS 699 – 198. Si bien se alcanzaron temperaturas de funcionamiento superiores a 60° C, aproximadamente un tercio del volumen del tanque se mantuvo crónicamente no esterilizado debido a la posición del elemento calefactor. En cada vivienda monitoreada durante un período de 2 semanas, se produjeron potenciales exposiciones insalubres al agua del tanque. Las autoridades, tratando de utilizar tanques de agua caliente para dar respuesta a la demanda de energías renovables, deben buscar medidas de seguimiento, control y diseño que impidan que el agua insalubre de los calentadores de acumulación, de forma que no comprometa la estratificación térmica, sería un mecanismo clave que mantiene la disponibilidad de calor y asegura la competitividad económica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## CAPÍTULO II

### 2. REFERENCIACIÓN DE PATENTES

A continuación se presentan distintas patentes relacionadas con los sistemas de calentamiento para uso doméstico. Se trata de un compendio de las patentes relacionadas con innovaciones de en cuanto a dispositivos que permiten el aumento de la eficiencia, un mejor control, mayor versatilidad para el usuario con sistemas portables y de fácil desensamble, mayor seguridad tanto para el usuario como para el mismo dispositivo, mejor calidad del agua con sistemas de filtrado y mayor economía con la utilización de fuentes renovables de energía.

#### 2.1. SISTEMAS DE CONTROL

##### 2.1.1. Sistemas y métodos para el control de la presión de gas de artefactos a gas para uso doméstico

En esta patente se divulgan sistemas y métodos de control para sistemas de combustión de uso doméstico. Un sistema ilustrativo puede incluir una válvula modulante adaptada en la entrada del suministro del gas al dispositivo quemador, un ventilador inductor para producir un flujo de aire hacia la unidad del quemador, un elemento reductor de presión en conexión con la válvula de gas y adaptada a la salida con al menos señal de presión para sensar el flujo de aire de la combustión emitida por el ventilador de inductor, y un controlador para la velocidad del ventilador. El elemento reductor de presión puede incluir un tubo venturi, un inyector, u otro dispositivo que pueda emitir una señal neumática que pueda ser utilizada por la válvula de gas para modular el gas de entrada al quemador. Con un enlace neumático entre la válvula del gas y la entrada de aire a la combustión, la válvula modulante puede operar en un rango amplio de diferentes rangos de calor y ajustar de esta manera la velocidad del ventilador. (Schultz & Bergum, 2014).

##### 2.1.2. Calentador de agua sin tanque controlado electrónicamente sin piloto de ignición

A continuación se presenta un calentador de agua sin tanque de acumulación, y de recuperación rápida que opera por medio de un controlador electrónico o tarjeta que regula el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema, optimizando así el consumo de gas y reduciendo al mínimo la emisión de contaminantes del gas. Un quemador múltiple sólo se enciende cuando se cumplen determinadas condiciones o

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

requisitos predefinidos en la lógica del controlador electrónico. Otros factores que contribuyen a la mejora de la eficiencia del calentador son: a) el diseño del tanque agua que en la parte inferior tiene una cámara de agua que rodea la cámara de combustión, y b) el uso de un intercambiador de calor con aletas, que junto con un núcleo, utiliza con éxito la mayor parte de la energía térmica contenida en los gases de la combustión. Un dispositivo deflector de aire se detiene la entrada de corrientes de aire en la parte superior del calentador, deteniendo así el potencial de inversión de llama hasta la extinción de la llama en el quemador múltiple. (Villalobos et al., 2014).

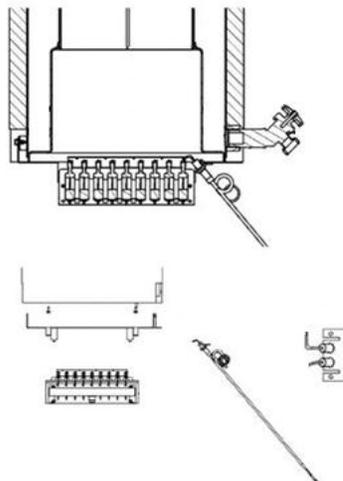


Figura 25. Sistema de encendido por control electrónico. Fuente: Villalobos et al., (2014).

### 2.1.3. Calentador de agua con dispositivo de filtrado

Esta patente presenta una innovación en el sistema de filtro de agua que se compone de una membrana de sulfato de calcio ubicada entre la salida de agua y la placa de resina magnética. Este filtro retira impurezas metálicas en el agua caliente provenientes de la línea y/o del calentador, así como residuos de cloro. Las siguientes son las reclamaciones que declaran los autores: 1 Un calentador eléctrico de agua de tener un filtrado de dispositivo que comprende: Un calentador de agua eléctrico configurado con un filtro y un dispositivo eléctrico de calentamiento. El dispositivo de filtrado se comunica con el dispositivo eléctrico de calefacción, e incluye una carcasa que tiene al menos una zona de alojamiento, una entrada de conexión a un extremo de la carcasa comunica con la zona de alojamiento, una toma de conexión al otro extremo de la carcasa y que comunica con el dispositivo de calefacción eléctrica y la zona de alojamiento de agua, una película de resina magnética porosa situada dentro de la zona de alojamiento, y una membrana de filtro de sulfato de calcio en la zona de alojamiento y entre la salida y la película de resina magnética porosa. Con la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

combinación de la película magnética de resina porosa y la membrana de filtro sulfito de calcio, para la absorción de impurezas metálicas en agua y la eliminación de cloro respectivamente, las escalas se pueden evitar para generar el accionamiento del dispositivo de calefacción de agua caliente el líquido.

2. El calentador eléctrico reivindicación 1, en donde el calentador comprende una carcasa, un serpentín situado en la carcasa, y una unidad de encendido que se conecta con el calentador.

3. El calentador eléctrico de agua de la reivindicación 2, en el que el serpentín de agua caliente tiene una sección de entrada y una sección de salida, donde la entrada está situada entre la salida y el serpentín de agua caliente.

4. El calentador eléctrico de agua de la reivindicación 1, en el que la película de resina magnética porosa hace la fusión del caucho en el líquido, la mezcla de la masa fundida de caucho con polvos magnéticos, moldeado por una máquina de moldeo por presión, y a continuación, formar una variedad de agujeros. (Hsinn, et al., 2014).

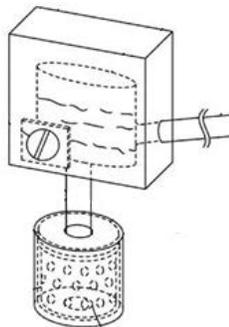


Figura 26. Sistema de filtrado para calentador de agua. Fuente: Tzeng et al., (2014).

#### 2.1.4. Sistemas de calentamiento de agua

Se presenta un sistema de calentamiento de agua que incluye un contenedor de agua con dos conexiones para la entrada de agua fría que conecta al suministro de agua, una salida de agua caliente, una salida del calentador y una entrada, un calentador de agua instantáneo ensamblado al contenedor de agua y este cuenta con un tanque de suministro conectada a la salida del calentador, una salida del tanque de aprovisionamiento conectada a la entrada del calentador, un quemador, y un intercambiador de calor en posición adyacente al quemador entre la entrada del tanque y la salida de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

este, una bomba conectada entre el contenedor de agua y el calentador de agua instantáneo que mueve agua entre el contenedor y el calentador, y un controlador que opera la bomba y el quemador. (Humphrey et al., 2013).

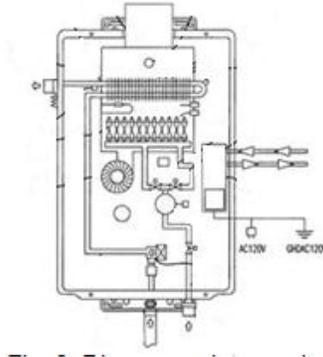


Figura 27. Diagrama sistema de calentamiento. Fuente: Humphrey et al., (2013).

### 2.1.5. Dispositivo válvula para el almacenamiento y el calentamiento de agua

Este invento involucra la estructura de una válvula de agua para el almacenamiento y calentamiento de agua. La estructura del grifo de agua contiene dispositivos de almacenamiento tales como tanque de almacenamiento, para contener determinada cantidad de agua. Los dispositivos de almacenamiento están equipados con un grifo de agua en la entrada para adicionar un grifo al los dispositivos, también como en la salida para retirar agua cuando sea necesario. Entre los dispositivos de almacenamiento se incluye un intercambiador de calor de suministro y un intercambiador de calor de retorno, también otro intercambiador de retorno adicional. La estructura del grifo de agua contiene también reguladores para retornar al grifo de agua por cualquiera de las dos vías, por el intercambiador de retorno o por el intercambiando de retorno adicional. (Heijden, 2014).

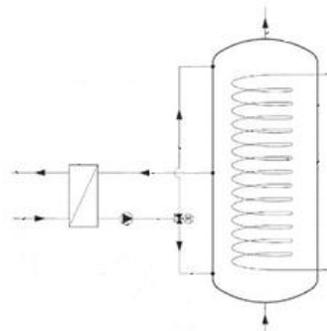


Figura 28. Diagrama dispositivo válvula para el almacenamiento y calentamiento de agua. Fuente: Heijden (2014).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

### 2.1.6. Sistemas de calentamiento de agua

En este documento se proporciona los sistemas y métodos dirigidos a la utilización de fuentes de energía renovables con sistemas de calefacción de agua. Un sistema de calentamiento de agua consiste en: un tanque de almacenamiento que contiene una conexión de entrada para el suministro de agua, una salida para fluido con conexión por lo menos a una válvula de entrada, en donde, cuando la válvula es abierta, el agua del suministro esta pasa a través del tanque y sale por la línea de salida. Un elemento calefactor con posibilidad de conexión a una fuente de energía eléctrica o una fuente de combustible gaseoso. Un termostato conectado en serie con el primer elemento calefactor, donde el termostato controla el funcionamiento del elemento calefactor basado en la temperatura del tanque. Un segundo elemento calefactor configurado de la siguiente manera: un extremo roscado para ser conectado a una abertura roscada en el tanque, un conector eléctrico conectado a las terminales eléctricas del elemento y expuesto en el exterior del tanque, una fuente de energía renovable que provee la energía para el segundo elemento calefactor. (Kreutzman, 2013).

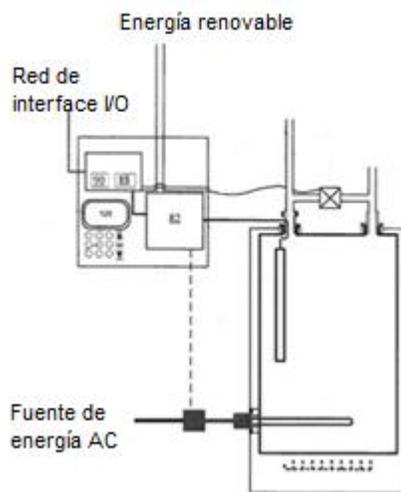


Figura 29. Sistema de calentamiento de agua de energía renovable. Fuente: Kreutzman (2013).

### 2.1.7. Método de control de calentadores de agua y similares

Un calentador de agua que incluye una línea de entrada de agua compuesta por una entrada que permite la entrada de agua al tanque, una línea de salida de agua que permite retirar el agua caliente, el sistema de calentamiento incluye un sistema de control. El elemento calefactor puede ser una resistencia eléctrica, un quemador de gas, o una combinación de ambos. En una construcción, el elemento calefactor del gas incluye la primera sección de combustión y la segunda sección independiente controladas desde la primera sección. (Bradenbaugh, 2012).

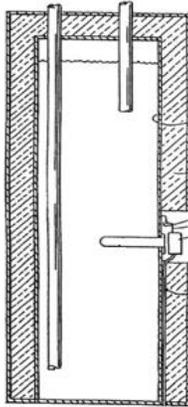


Figura 30. Sistema de control de calentadores de acumulación y similares. Fuente: Bradenbaugh (2012).

### 2.1.8. Sistema de control de apagado

Un sistema de control de apagado tiene un mecanismo eficiente de energía. El sistema se puede utilizar para convertir energía térmica en energía eléctrica como una termopila. El calor puede venir de un piloto de encendido usado para encender la llama del artefacto. El sistema puede almacenar energía en un módulo de almacenamiento que debería ser un capacitor de capacidad suficiente para iniciar el sistema. El sistema puede monitorear la posición del motor de amortiguación u otro sistema que manipule el dámper para utilizar un PWM (pulso de ancho de banda). (Kucera et al., 2012)

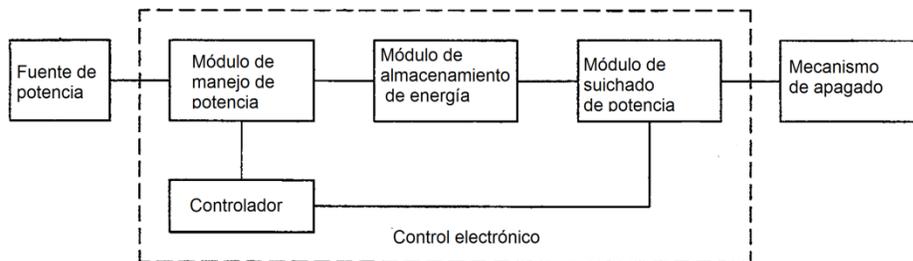


Figura 31. Sistemas de control de apagado PMW. Kucera (2012).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

### 2.1.9. Calentador de agua a gas a prueba de explosiones

Un calentador de agua a gas a prueba de explosiones comprende un chasis que contiene un reservorio de agua con una cámara de de combustión sellada. Un ducto dispuesto sobre la cámara de combustión y se extiende a través del tanque de agua. Un quemador y un piloto de ignición provistos en la cámara de combustión. Al menos un canal de entrada para el suministro de aire permitirá el ingreso de aire a la cámara de combustión. El canal tiene una toma de aire dispuesta a determinada altura con respecto a suelo para evitar la entrada de gases de la combustión provenientes de la cámara de combustión. Detectores de vapor o sensores de presión instalados como características adicionales para detectar la presencia de vapores combustibles y también de vapores tóxicos como el CO<sub>2</sub> actuando sobre la válvula de corte de suministro de gas. (Lesage, 2003).

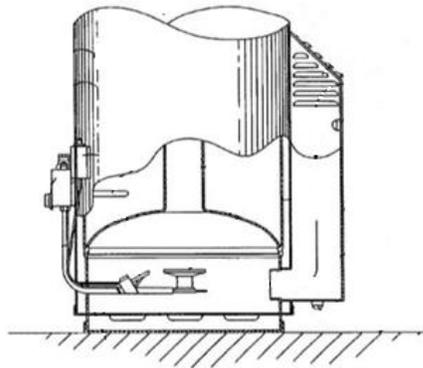


Figura 32. Calentador a agas a prueba de explosiones. Fuente: Lesage (2003).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## 2.2. AVANCES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

### 2.2.1. Calentador de agua a gas de alta eficiencia de encendido descendente

En este documento se fabrica, interior del tanque del calentador, un sistema de intercambio de calor que fuerza a los productos de la combustión a pasar subsecuentemente por la cámara de combustión, el intercambiador de calor, la cámara de transferencia y el conducto de descarga. Las reclamaciones de esta patente son: 1. Un artefacto de combustible destinado a calentar líquidos comprende: un tanque adaptado para contener una cantidad de líquido a calentar, dicho depósito que tiene extremos superior e inferior; una estructura de cámara de transferencia de productos de la combustión subyacentes al extremo inferior de dicho tanque; un conducto de descarga de los productos de combustión dispuesto en el exterior de dicho depósito y que tiene un extremo de entrada que comunica directamente con el interior de dicha estructura de cámara de transferencia de productos; una cámara de combustión se extiende hacia abajo en el interior de dicho tanque a través de la pared superior de la misma, dicha cámara de combustión está espaciada hacia arriba aparte de dicho menor extremo del tanque; una estructura de intercambiador de calor dispuesta en el interior del tanque y está definido por una variedad de tubos de humos de intercomunicación dicha cámara de combustión y la estructura cámara de transferencia de los productos de combustión, estos ductos de productos de combustión que tiene entradas y salidas, respectivamente, directamente conectado a la cámara de combustión y la estructura de cámara de transferencia de productos de la combustión; y un quemador de combustible para crear productos de combustión calientes dentro de dicha cámara de combustión para la transferencia del mismo en forma secuencial a través de estos tubos de humos, en dicha estructura de productos de combustión pasan a la cámara de transferencia, y luego hacia el exterior de dicha estructura de productos de combustión al interior de dicha cámara de conducto de evacuación de productos de combustión.

2. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1es: un calentador de agua de combustible.

3. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 2 es un calentador de agua a gas.

4. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1 en la que dicho tubos de humos tienen configuraciones rectas y se extienden longitudinalmente en paralelo a un eje vertical que se extiende a través de dicho tanque.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

5. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1, dichas tuberías de escape espiral alrededor de un eje vertical que se extiende a través de dicho tanque.

6 El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1, dicho intercambiador de calor de una sola pieza es una estructura de intercambiador de calor de condensación.

7. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 6, que comprende además un drenaje de condensado ajuste dispuesto en dicho conducto de descarga de productos de combustión.

8. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1, en la que dicha cámara de combustión tiene un extremo inferior, y entradas de tubos de humos están conectados directamente a al extremo inferior de la cámara de combustión.

9. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1, en la que dicha estructura de los productos de combustión cámara de transferencia tiene una pared superior definida por el extremo inferior del depósito.

10. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1, en el que el quemador de combustible se extiende hacia abajo en el interior de la cámara de combustión.

11. El artefacto de calentamiento de líquido de la reclamación 1, el quemador de combustible es un quemador alimentado secuencialmente por la fuerza de dichos productos de combustión calientes hacia abajo a través de la cámara de combustión, hacia abajo a través de los tubos de humos en la estructura de los productos de la cámara de transferencia, y a continuación, hacia el exterior de la estructura de la cámara dentro de dicho conducto de descarga de productos de combustión.

12. El aparato de calentamiento de líquido de combustión de combustible de la reivindicación 1 que comprende además: un ventilador inductor conectado a los conductos de descarga y operativo para secuencialmente dichos productos de combustión calientes van hacia abajo a través de la cámara de combustión, pasando través de los tubos de humos en dicha cámara de transferencia y, a continuación, hacia el exterior de dicha estructura de cámara de transferencia.

13. El aparato de calentamiento de líquido de combustión de combustible de la reivindicación 12 en el que: el ventilador de inducción, durante el funcionamiento del mismo, mantiene una presión negativa en la cámara de combustión y en la estructura de cámara de transferencia. (Boros et al., 2014).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

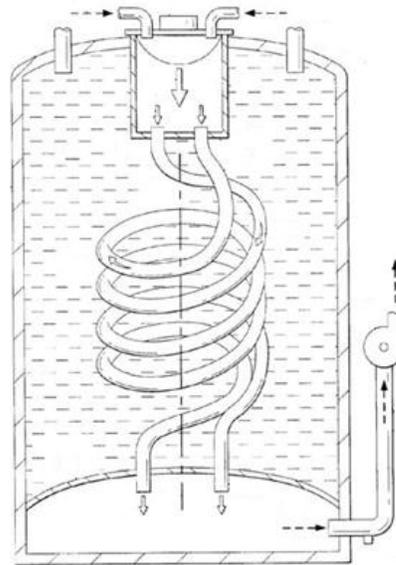


Figura 33. Sistema de calentamiento de alta eficiencia. Boros et al., (2014)

### 2.2.2. Calentador de agua híbrido gas – eléctrico

En este documento se proporciona los sistemas y métodos dirigidos a la utilización de fuentes de energía renovables con sistemas de calefacción de agua.

Un sistema de calentamiento de agua consiste en: un tanque de almacenamiento previsto de una conexión de entrada para el suministro de agua, una salida para fluido con conexión por lo menos a una válvula de entrada, en donde, cuando la válvula es abierta, el agua del suministro esta pasa a través del tanque y sale por la línea de salida. Un elemento de calefacción para la combustión del gas adaptado al quemador de gas desde la fuente del combustible para aplicar energía térmica al agua en el tanque de acumulación. Un elemento de calefacción por lo menos parcialmente dispuesto en dicho tanque, donde dicho elemento es adaptado para ser conectado a la fuente eléctrica y un controlador conectado al quemador y al elemento de calefacción donde el controlador los opera selectivamente. (Kreutzman, 2013).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

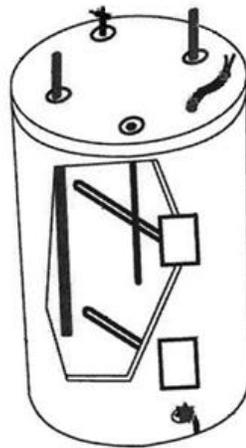


Figura 34. Calentador de agua híbrido gas - eléctrico. Kreutzman (2013).

### 2.2.3. Calentador de agua a gas con incremento en la eficiencia térmica y seguridad

En este texto, se presenta un calentador de agua tipo acumulación que induce una corriente de aire a la cámara de combustión para realizar un precalentamiento de del agua de entrada elevando la eficiencia del equipo. Un calentador de agua que cuenta con un incremento en su eficiencia térmica se compone de un tanque de agua que tiene una cámara de combustión sellada en virtud del mismo. Un quemador atmosférico se encuentra ubicado en la cámara de combustión. Una tubería se extiende desde la cámara de combustión sellada y a través del tanque de agua por el intercambiador de calor de gas caliente atmosférico ubicado en el tanque. Un intercambiador de calor comunicado con los gases de la combustión que existen en el tanque para extraer el calor residual de la combustión in el ducto para mezclarse con el aire del ambiente para producir un precalentamiento del aire. Una convección de aire se introduce de manera directa al aire de la combustión desde el intercambiador de calor a través del conducto sellado y lleva el aire de la combustión precalentado a la cámara de combustión. (Lesage & Lesage, 2013).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

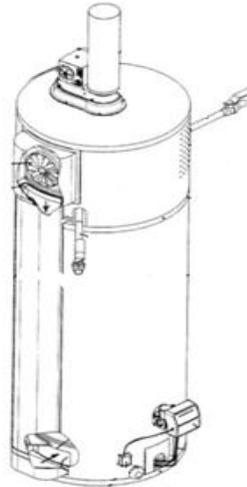


Figura 35. Calentador de agua con incremento de eficiencia y seguridad. Lesage & Lesage (2013).

#### 2.2.4. Bomba de calor a gas para calentamiento de agua

En este trabajo se describe una bomba de calor para calentamiento de agua (preferiblemente de con una fuente de gas natural, gas propano o energía solar) y un sistema de intercambiador de calor. El calor por absorción conducido por la bomba de calor extrae un bajo grado de calor del aire del ambiente y produce una gran cantidad de calor adecuado para ser utilizado como sistema de calentamiento de agua para uso doméstico, control de temperatura de un recinto o para un proceso de almacenamiento de agua en un tanque. Los gases de la combustión de la absorción de la bomba de calor son posteriormente enfriados por el agua para permitir una gran cantidad de condensación de los productos de la combustión lo que hace que haya una gran eficiencia del sistema. La bomba de calor a gas para calentamiento de agua puede alcanzar una eficiencia del 150 % o mayor. (Garrabrant, 2010).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

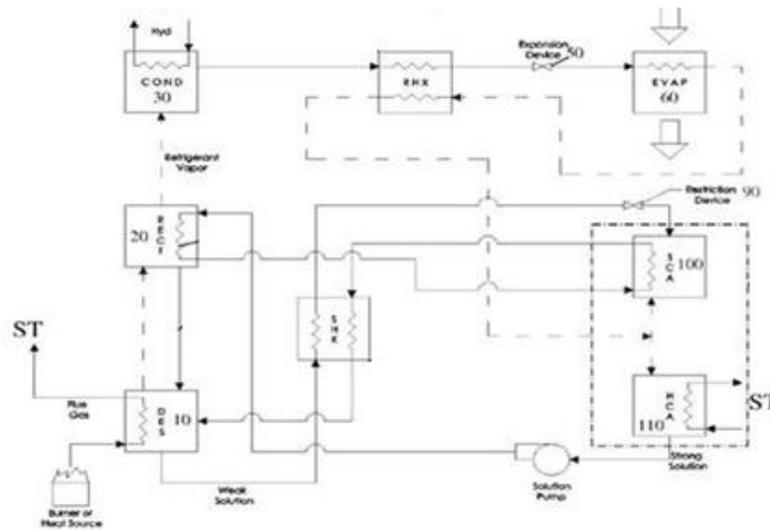


Figura 36. Bomba de calor a gas para calentamiento de agua. Garrabrant (2010).

## 2.3. PROCESOS DE MANUFACTURA EFECTIVOS

### 2.3.1. Calentador de agua a gas por condensación

Este documento presenta un calentador de paso de uso común en el mercado colombiano, la innovación es un sistema de intercambiador por condensación. Se trata de una estructura soldada al intercambiador principal hecha de acero inoxidable. Esta se encarga de simplificar la el ensamble en el proceso de fabricación en masa, ahora espacio en la instalación y materiales en el ensamble del intercambiador adicional a que aumenta la resistencia a la corrosión que ataca al sistema.

Un calentador de agua a gas por condensación incluye un marco, un intercambiador principal y un intercambiador de calor por condensación. El marco, intercambiador principal y el condensador por condensación están fabricados con acero inoxidable. Los dos intercambiadores están íntegramente soldados con el ducto del marco a lo largo del camino del flujo del gas al ensamble del intercambiador. Un colector de agua condensada está ubicado entre los dos condensadores. Soldando el marco, el intercambiador principal y el intercambiador por condensación que están fabricados de acero inoxidable en una estructura ensamblada de intercambiador de calor, el presente invento simplifica la estructura y el proceso tecnológico del ensamble del intercambiador de calor ahorrando espacio en la instalación y materiales y adicionalmente se mejora la resistencia a la corrosión del chasis del intercambiador de calor. (Ding et al., 2014).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

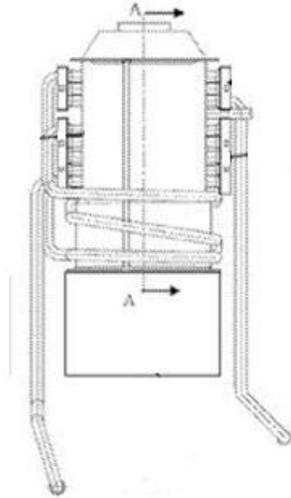


Figura 37. Calentador de agua por condensación. Ding et al., (2014).

### 2.3.2. Calentador de agua a gas

En este texto se presenta un intercambiador de calor calentado por un quemador se incorpora después de una válvula de agua en un interruptor de agua y después de las válvulas de gas controlado por el interruptor de la válvula de agua y una servo-válvula. La servo-válvula tiene una membrana que hace una división interior, la primera cámara conectada al conducto del gas entre las dos válvulas de gas. La segunda cámara está conectada al paso del gas después de la válvula de gas para que sea operada por un electro-magneto. La membrana tiene un portador que soporta el cuerpo de la válvula desde la válvula de gas. El extremo portador, de cara al cuerpo de la válvula lleva el cuerpo de la válvula contra la fuerza de recuperación de un muelle. (Aranzabal, 2006).

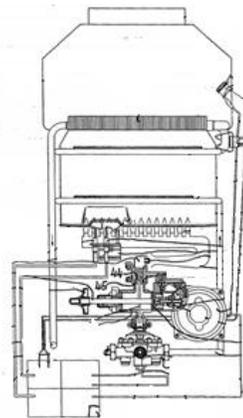


Figura 38. Calentador de agua a gas. Fuente: Aranzabal (2006).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

### 2.3.3. Calentador de agua autoalimentado con piloto de luz automático

Se presenta un sistema de calefacción de agua caliente (como, por ejemplo, un sistema de calefacción de agua caliente a gas), que incluye alimentación automático piloto que no está conectado a ninguna fuente de energía externa.

un sistema de calentamiento de agua que comprende: un tanque de agua, un quemador principal configurado para calentar el agua almacenada en el tanque, un piloto de encendido configurado para encender el quemador principal, una primera válvula termo-mecánica que monitorea la temperatura del agua y determina si es demasiado baja en el primer umbral, y permite el paso del gas al piloto de encendido, cuando la primera válvula permite el encendido del piloto una segunda válvula que monitorea la temperatura cerca del piloto, determina si el piloto está encendido, y permite el flujo de gas al quemador principal y este es encendido por el piloto, cuando la segunda válvula termo-mecánica determina si la temperatura cerca al piloto se encuentra por debajo del segundo umbral. (Reyman 2014).

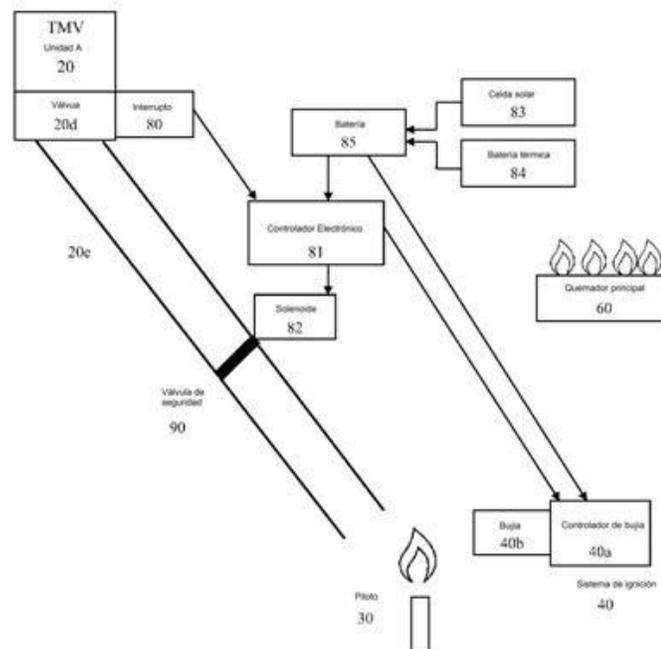


Figura 39. Calentador de agua autoalimentado con piloto de luz. Fuente: Reyman (2014).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

### 2.3.4. Calentador de agua a gas con inductor de aire e intercambiador de calor

En este documento se presenta un calentador de agua a combustible que tiene un tanque que almacena agua para ser calentada por un quemador localizado en la cámara de combustión sellada dispuesta bajo la pared del fondo del tanque. Un ducto de salida de los productos de la combustión se extiende verticalmente a través del centro del tanque teniendo contacto con el agua. Un deflector fijado en el interior del ducto de evacuación para retardar la salida de los productos de la combustión que suben desde la cámara de combustión para incrementar la transferencia de calor de los gases al agua que está en contacto con el ducto de evacuación. Un ventilador de inducción se asegura en la salida de ducto de evacuación en la cima del tanque. Un intercambiador de calor comunicado con la sección superior del ducto para extraer más calor residual de los gases de la combustión. (Lesage & Lesage 2013).

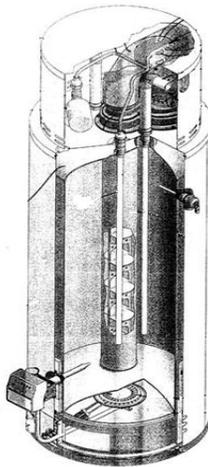


Figura 40. Calentador con inductor de aire e intercambiador. Fuente: Lesage & Lesage (2013).

### 2.3.5. Calentador de agua portable sin tanque de bajo costo

El documento presenta una alternativa portable como solución al calentamiento de agua. El calentador de agua portable sin tanque de almacenamiento incluye un intercambiador de calor ubicado en un compartimiento sellado con una línea de entrada de agua y una línea de salida de agua caliente que se extiende hasta el exterior desde la cámara sellada. Un quemador dispuesto en operación con el intercambiador de calor dispuesto para calentar el flujo de agua que fluye a través de dicho intercambiador y un sistema de salida de los productos de la combustión que induce una ráfaga de aire que fluye desde la entrada de aire a través del

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

intercambiador y sale por el ducto de evacuación de los gases de la combustión. (Consadori, 2012).

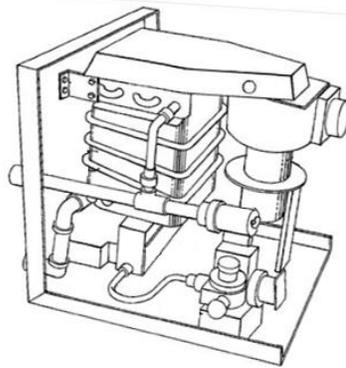


Figura 41. Calentador de agua portátil. Fuente: Consadori (2012).

### 2.3.6. Calentador de agua a gas con intercambiador de calor separable o calentador de agua externo conectado desmontable

Un calentador de agua, no exclusivo para uso doméstico, se presenta en este documento, tiene un intercambiador de calor modular que se puede retirar o un calentador de agua externo que se puede separar para calentar sólo una porción del agua almacenada en el tanque. Las dos unidades se separan fácilmente una de la otra para efectos de mantenimiento, reparación o para intercambiarlos. Los dos intercambiadores extraen las pérdidas de calor del ducto de evacuación central para entregarlo al ambiente en donde se encuentra instalado el calentador. El calentador externo provisto de un quemador para calentar el agua del tanque que circula por el intercambiador de calor para transferir calor del fluido calentado por el quemador para calentar el agua almacenada en el tanque. (Lesage & Lesage 2012).

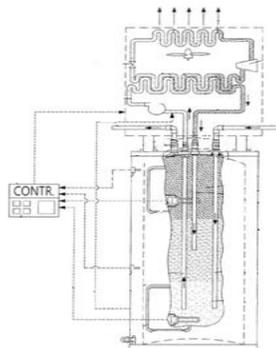


Figura 42. Calentador de agua a gas con intercambiador desmontable. Fuente: Lesage & Lesage (2012).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

### 2.3.7. Calentador de agua a gas con una adaptación de ducto de evacuación

En este documento se presenta un calentador de agua incluye un tanque de almacenamiento, una cámara de combustión, un quemador para la producción de productos de combustión, otro quemador ubicado en la cámara de combustión y un ducto de evacuación que incluye un eje longitudinal, este ducto se extiende desde la cámara de combustión pasa a través del tanque y desemboca en el dispositivo ensamblado el parte superior del calentador. El dispositivo incluye una campana, un motor de flujo dirigido y una par de ventiladores dirigen los productos de combustión hacia un ventilador posicionado en ángulo. El eje rotativo se encuentra en un ángulo agudo relativo al eje longitudinal. (English, 2012).

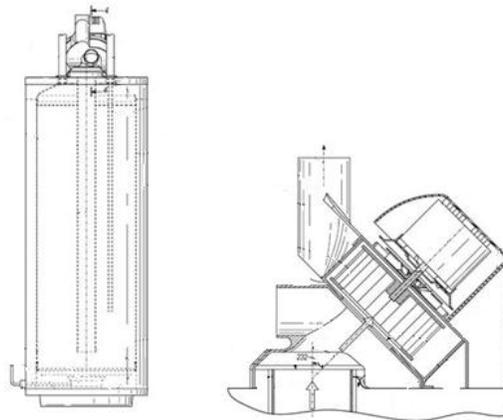


Figura 43. Calentador de agua a gas con una adaptación de ducto de evacuación. Fuente: English (2012).

### CAPÍTULO III

#### 3. LITERATURA GRIS AVANCES A NIVEL INDUSTRIAL

Las soluciones para el calentamiento de agua vienen regularmente de la industria manufacturera cuyas inversiones en desarrollo e investigación se ven reflejadas en las ofertas que se brindan al mercado. La empresa Smith (2014) presenta el GC160, un calentador que incorpora un intercambiador de flujo paralelo patentado y un sistema de pre-mezcla de aire – gas para el sistema del quemador que optimiza la combustión. La eficiencia térmica se encuentra en un 93%. Cuenta con una plataforma de control electrónico que permite una configuración fácil. El diseño permite que la instalación y el mantenimiento sean operaciones sencillas.

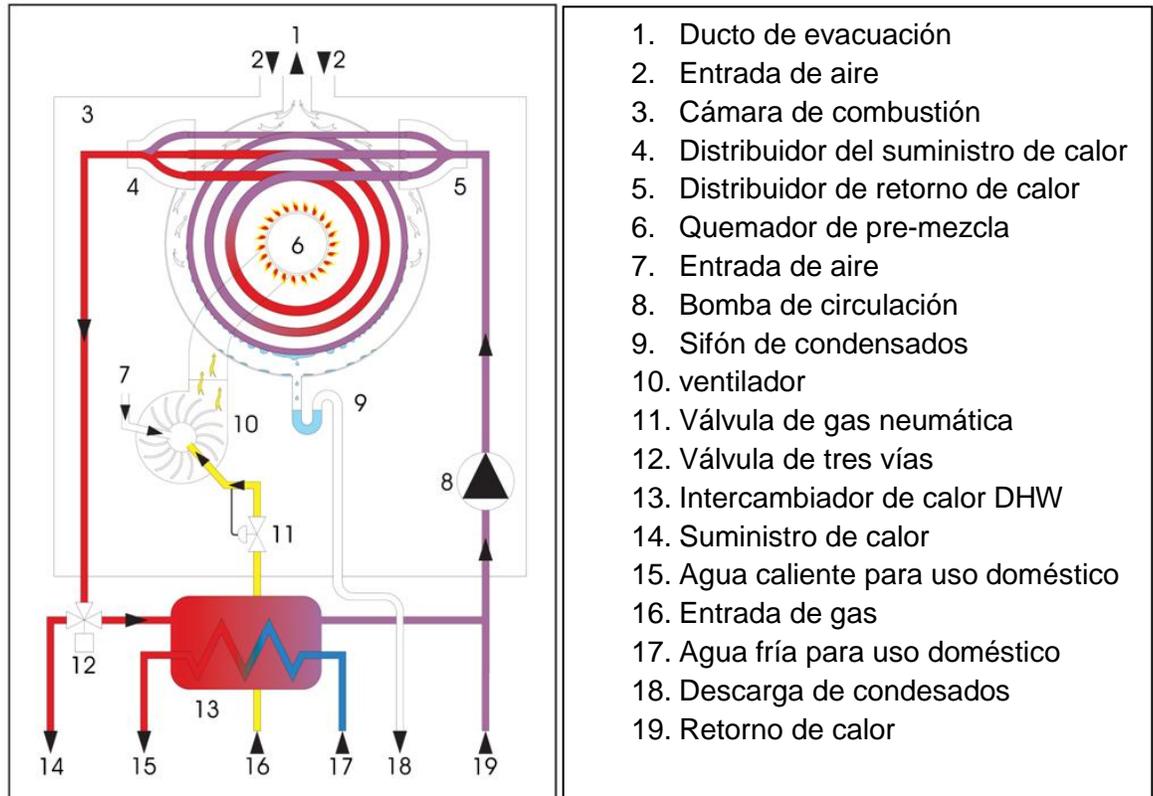


Figura 44. Diagrama de Calentador serie GC 160. Smith (2014).

Uno de los campos en los que más se ha avanzado son los sistemas de calentamiento de agua de energía solar o unidades de termo-transferencia. Un sistema de energía solar térmica está constituido por varios subsistemas, que a su vez pueden considerarse como sistemas independientes

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

conectados entre sí. Sin embargo hay ocasiones en que un mismo elemento físicamente independiente realiza varias funciones dentro del sistema solar. Estos distintos elementos son: a) El sistema de captación: paneles o calentadores solares propiamente dichos. b) El sistema de acumulación: es un depósito para acumular el agua caliente generada. c) El sistema hidráulico: bombas y tuberías por donde circula el fluido de trabajo. d) El sistema de intercambio: en donde se da la transferencia de calor al fluido. e) El sistema de control. f) El sistema de energía auxiliar: cuando la energía producida por la instalación depende de las condiciones climatológicas se dispone de un sistema auxiliar. De estos subsistemas el que distingue la instalación solar de cualquier otra instalación de producción de agua caliente es el sistema de captación. (García, 2012).

Otra importante empresa manufacturera canadiense es RBI *Domestic hot water heaters and boilers*, la cual propone un banco de calentamiento de agua para uso doméstico y de pequeñas industrias llamado *Spectrum* de diseño compacto en acero inoxidable, resistente a la corrosión lo que permite que pueda ser utilizado en interiores y exteriores. Su calor reversible de dos o cuatro pasos en diferente tiempo por el intercambiador es de grado comercial de 7/8", con aletas integradas al tubo de cobre, debido a que las aletas son extruidas a partir de la tubería que en sí garantizan la máxima eficiencia en la transferencia de calor, RBI (2012). Estos sistemas de calentamiento a baja escala no solo tienen alta eficiencia sino alta versatilidad en la instalación debido a que cuentan con una cámara de combustión sellada que permite que esta unidad pueda ubicarse a la intemperie sin sufrir grandes pérdidas durante su funcionamiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## CAPÍTULO IV

### 4. BRECHA TECNOLÓGICA

La implementación las tecnologías abordadas por esta vigilancia tecnológica en el territorio nacional es limitada debido a varios factores como el alto costo de la materia prima de alta calidad.

De acuerdo con los avances presentados se tiene múltiples opciones para incrementar la eficiencia energética de un calentador, por ejemplo utilizando hidrógeno para mejorar el calor radiante de la cámara de combustión aumenta mejorando la eficiencia pero solo levemente, en el análisis de los costos de la implementación concluyó que es muy costosa la implementación de un sistema con estas características. (Cliff et al., 2011).

En el año 2009 Industrias Haceb S.A. asociados con la Universidad de Antioquia presentan un calentador diseñado para eliminar los efectos de la altitud en el sistema de combustión. Este producto se potencializa y da trabajo a una línea de producción de 50 personas, única en Colombia que tendría una mayor capacidad de producción si el producto fuera aún más robusto y permitiera una manufactura aún más versátil. Con el desarrollo de un nuevo calentador se debe tener en cuenta las limitaciones de la planta actual en cuanto a tecnología y a que estos proyectos conllevan un espíritu social en el cual se contempla la mano de obra calificada como primera opción quitándole protagonismo a los grandes avances tecnológicos que se pudieran desarrollar como la automatización de la planta de ensamble con miras a la implementación de las tecnologías expuestas en este trabajo.

Se debe resaltar que China has sido una mina de oro de la manufactura a bajo costo en las últimas dos décadas. En el 2009 153 de los 200 exportadores mas grandes fueron firmas con participación extranjera. Son muchos los factores han contribuido para hacer de china la principal opción para la manufactura: bajo capital de inversión, costos de abastecimiento interno, políticas gubernamentales favorables como inversión extranjera directa, exenciones de impuestos y vía libre para las empresas multinacionales que subcontratan, infraestructura estable y bajo costo de la mano de obra. El salario promedio por hora tasa en China es actualmente de unos 9 por ciento de la tasa en los países desarrollados o economías occidentales como el Reino Unido y EE.UU. (Wright Jonathan, 2011).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

Las mayores preocupaciones en el campo de los sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico son la seguridad de los usuarios, el impacto ambiental y el uso eficiente de la energía.

Los estudios presentados en este trabajo entregan propuestas innovadoras y prácticas que, de ser puestas en marcha a nivel industrial, generarían una disminución representativa de los impactos ambientales generados por los sistemas de calefacción de agua, esto es por ser un servicio masivo que se presta en todo el mundo.

Los avances relacionados con la optimización de los sistemas de calentamiento de agua van desde materiales para disminuir las perdidas en la transferencia de calor, hasta nuevas formas de conducir los productos de la combustión para que no lleguen al medio ambiente transfiriendo el 100% de la energía al agua, este último demandando un profundo análisis termodinámico del proceso completo de este tipo de sistemas.

Los CFD han ganado gran fuerza en el diseño y desarrollo de intercambiadores de calor, con desviaciones que van desde 2% al 10% con respecto a los datos reales. Pero la versatilidad de poder definir subrutinas específicas a los problemas puntuales de diseño hace que estos sistemas de simulación eliminen la necesidad de la fase de prototipado de cualquier proyecto.

Se evidencian graves fallas en la legislación que previene la proliferación de la Legionela en los sistemas de acumulación eléctricos que alcanzan temperaturas que promueven el crecimiento de dicha bacteria en más de  $\frac{3}{4}$  partes de los tanques de acumulación.

Las principales razones que no permiten que los procesos productivos de los sistemas de calentamiento de agua se ejecuten en Colombia es el poderío de la industria China que compite con bajos costos de mano de obra y materia prima de alta calidad a muy bajo costo. Países latinoamericanos como Chile cuentan con fábricas avanzadas pero gran parte de la materia prima proviene de la industria China.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

### Referencias bibliográficas

Alain Moreau and François Laurencelle, “Field study of solar domestic water heaters in Quebec”. *Journal Energy Procedia* N 30 pp 1331 – 1338. 2012.

Aranzabal Uriarte, “Gas – fired water heater”. Europäische Patentschrift, 2006.

Armstrong P., D. Ager, I. Thompson, M. McCulloch, “Domestic hot water storage: Balancing thermal and sanitary performance” Energy Policy, 2014.

Boait J., D. Dixon, D. Fan, A. Stafford, “Production efficiency of hot water for domestic use”. *Energy and Buildings* 54 (2012) 160–168

Boros Jozef, Qian Zhang, Yoshiki Semba, subbramanian ThenaPPan, “Downfired high efficiency gas-fired water heater”. United States Patent Application Publication 2014.

Bradenbaugh Kenneth A., “Water heater and method of controlling the same”. United States Patent 2012.

Cliff Lowe, Nick Brancaccio, Dan Battenb, Chris Leungb and Dick Waibelc, “Technology Assessment of Hydrogen Firing of Process Heaters”. *Journal Energy Procedia* N 4 pp1058–1065, 2011.

Consadori Franco, Rennert Gerald, Chavez Ryan, “Low cost tankless portable water heater” United States Patent 2012.

Farrington, .M Dangles, L. Morrison and D Dougherty, "Performance evaluation of a refrigerant-charged thermosyphon solar DHW system. In Proc. AS/ISES annual meeting, Philadelphia, published by the ISES, American Section 1981; 4: 676–680.

Ferraria David, Guthrie Ken, Sonja Otta, Thomson Robert, “Learning from interventions aimed at mainstreaming solar hot water in the Australian market”. *Journal Energy Procedia* N° 30 pp 1401 – 1410, 2011

Gang Pei, Li Guiqian, Ji Jie, “Comparative study of air-source heat pump water heater systems using the instantaneous heating and cyclic heating modes”. *Journal Applied Thermal Engineering* N° 31 pp. 342 -347, 2011.

García Cesar Alonso, “Instalación solar térmica en vivienda unifamiliar para la producción de ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de piscina”. Escuela Politécnica de ingeniería de minas y energía, 2012.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Garrabrant Michael A., “Gas-fired heat pump water heater”. United States Patent Application Publication, 2010.

Gilberto Sanchez Villalobos, Epigemio Guzmán C., Flavio Saúl G., “Electronically-controlled tankless water heater with pilotless ignition”. United States Patent 2014.

Grzegorz Czerskia, Zdzisław Gebhardt, Andrzej Strugala and Czesław Butrymowicz. “Gas-fired instantaneous water heaters with combustion chamber sealed with respect to the room in multi-storey residential buildings—Results of pilot plants tests”. *Journal Energy and Buildings* N° 57 pp 237–244, 2013.

Hisanori Goto a, Mika Goto and Toshiyuki Sueyoshi, “Consumer choice on ecologically efficient water heaters: Marketing strategy and policy implications in Japan”. *Journal Energy Economics* N33 pp 195–208, 2011.

Hsinn-Jyh Tzeng, J hao-Kai Huang, Chun-Chen Tso, Jyun-Yi Wu, Shin-Hsien Chao, “Electric water heater having filtering device”. United States Patent Application Publication 2014.

Islam M. Raisul, K.Sumathy, Samee UllahKhan," Solar water heating systems and their market trends", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 17, 2013.

K.K. Chong, K.G. Chay, K.H. Chin, “ [HYPERLINK "http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111004459"](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148111004459) Study of a solar water heater using stationary V-trough collector ” *Journal Renewable Energy* N° 39 pp 207-215, 2012.

Kreutzman David, “Hybrid gas-electric hot water heater”. United States Patent Application Publication 2013.

Kreutzman David, “PV water heating system”. United States Patent Application Publication 2013.

Kucera David, Liland Lorraine Shanna, Anderson Peter, “Damper control system”. United States Patent 2012.

Kucera David, Liland Lorraine Shanna, Anderson Peter, “Damper control system”. United States Patent 2012.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Kyudae Hwang, Chan ho Song, Kiyoshi Saito and Sunao Kawai, “Experimental study on titanium heat exchanger used in a gas fired water heater for latent heat recovery”. *Journal Applied Thermal Engineering* N° 30 pp. 2730 -2737, 2010.

Lesage Claude, “Explosion proof gas-fired water heater”. United States Patent 2003.

Lesage Claude & Jean Claude Lesage, “Gas-fired water heater with separable heat exchanger or detachably connected external water heater”. United States Patent Application Publication 2012.

Lesage Claude & Jean Claude Lesage, “Gas water heater with increased thermal efficiency and safety”. United States Patent Application Publication 2013.

Lesage Claude & Jean Claude Lesage, “Fuel-fired water heater with air draft inducer and flue heat exchanger”. United States Patent Application Publication 2013.

LI Xina and LIU Weiguob, “Study on the Industrialization of Servicing of Solar Water Heaters”. *Journal Energy Procedia* N 5 pp 513–519, 2011

Mahmoud Moeini Sedeh and J.M. Khodadadi, “Energy efficiency improvement and fuel savings in water heaters using baffles”. *Journal Applied Energy* N° 102 pp 520–533, 2013.

Michael W. Schultz & Glenn R. Bergum, “Systems and methods for controlling gas pressure gas-fired appliances”. United States Patent 2014.

Muhammad Mahmood Aslam Bhutta, Nasir Hayat, Muhammad Hassan Bashir, Ahmer Rais Khan, Kanwar Naveed Ahmad, Sarfaraz Khan, "CFD applications in various heat exchangers design: A review". *Applied Thermal Engineering*, 2012.

Ozer Aydin and Y. Erhan Boke. “An experimental study on carbon monoxide emission reduction at a fire tube water heater”. *Applied Thermal Engineering* N 30 pp 2658e2662, 2010.

RBI domestic hot water heaters and boilers, “Spectrum series” SCT 8 brochure, 2013.

Reyman Mark, “Hot water heater with self-powered automatic pilot light”. United States Patent Application Publication 2014.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Sachin K. Dahikara, Sagar S. Gulawania, Jyeshtharaj B. Joshia, Manish S. Shahb, Chaganti S. Rama Prasadb and Daya S Shukla. “Effect of nozzle diameter and its orientation on the flowpattern and plume dimensions in gas–liquid jet reactors”. *Journal Chemical Engineering Science* N° 62 pp 7471 – 7483, 2007.

Scott Gilman Humphrey, Timothy J. Shellenberger, James Stuart York, “Water heating system”. United States Patent Application Publication 2013.

T. English Stephen, “Gas-fired water heater with an exhaust assembly”. United States Patent Application Publication 2012.

Toja-Silva Francisco, “A novel water heater using injected hydrogen combustion exhaust”. *Journal Energy and Buildings* N°43 pp 2320–2328, 2011.

Van der Heijden Eric R., Hendrikus J Acobus Aleida Maria Braken, Henricus Petrus Anna Michiels, “Tap water device for storing and heating tap water”. United States Patent Application Publication 2014.

Vanessa Montoro Taborianski and Racine T.A. Prado “Comparative evaluation of the contribution of residential water heating systems to the variation of greenhouse gases stock in the atmosphere”, *Journal Building and Environment* N° 39 pp 645 – 652, 2004.

Wei Ding, Bu QIU, Dayan Bi, “Condensing gas water heater”. United States Patent Application Publication 2014.

Wright Jonathan, Sahni Manisha, Zamora Rowena, “Wage Increases in China: Should Multinationals Rethink their Manufacturing and Sourcing Strategies?” Accenture, 2011.

Zhao Yang, Wen-Bin Wang, Xi Wu, “Thermal modeling and operating tests for a gas-engine driven heat pump working as a water heater in winter”. *Energy and Buildings* 58 (2013) 219–226.