



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**TESIS DE POSTGRADO**

**APLICACIÓN DE LA GEOTERMIA DE BAJA ENTALPIA PARA  
USOS PRODUCTIVOS EN HONDURAS**

**SUSTENTADO POR:**

**CRISTIAN EVELIO IRIAS**

**JOSE ADOLFO PINEDA**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN**

**GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

**TEGUCIGALPA, F.M, HONDURAS, C.A.**

**DICIEMBRE, 2017**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO**

**JOSÉ ARNOLDO SERMEÑO LIMA**

**APLICACIÓN DE LA GEOTERMIA DE BAJA ENTALPIA PARA  
USOS PRODUCTIVOS EN HONDURAS**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIMOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MASTER EN**

**GESTION EN ENERGIA RENOVABLE**

**ASESOR**

**JORGE NUÑEZ PAGOAGA**



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

# **APLICACIÓN DE LA GEOTERMIA DE BAJA ENTALPIA PARA USOS PRODUCTIVOS EN HONDURAS**

**AUTOR:**

**CRISTIAN EVELIO IRIAS**

**JOSE ADOLFO PINEDA**

### **RESUMEN**

El presente documento, se realiza una investigación sobre aplicación de geotermia de baja entalpia en rubros productivos de la zona sur de Honduras. Dentro de los objetivos esta analizar posibles usos de las manifestaciones hidrotermales y tecnologías a desarrollar de acuerdo a los procesos. Se aplicó la metodología estudios de caso, por las características de la investigación, tema poco conocido y desarrollado en el país. En el estudio se realizaron visitas de campo, debates con expertos nacionales e internacionales y apoyo bibliográfico. Entre los resultados más significativos obtenidos fue la identificación de dos estudios de caso; el primero ubicado en Pavana, Choluteca, una industria de lácteos cerca de la manifestación hidrotermal CHO12, también se identificaron tres manifestaciones nuevas con código MC1 con 55°C, MC2 con 76°C y MCV con 75°C, la tecnología a utilizar es intercambiador de calor de circuito cerrado con la manifestación hidrotermal MC2 ubicada a 40 metros del rubro productivo. El segundo caso, una industria de producción de tilapia en Nacaome a 740 metros de la manifestación VAL04, la opción tecnológica es uso de bomba de calor con la cámara frigorífica, utilizando la manifestación VAL04; otra alternativa el uso de la temperatura del agua del pozo perforado que es constante a 33°C, con beneficios doble generando frio, como también la disminución de la temperatura del agua, causante de mortalidad en los estanques.

**Palabras claves:** Hidrotermal, Intercambiador de calor, Estudio de caso, Baja entalpia



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

# **APPLICATION OF LOW ENTHALPY GEOTHERMAL FOR PRODUCTIVE USES IN HONDURAS**

**BY:**

**CRISTIAN EVELIO IRIAS**

**JOSE ADOLFO PINEDA**

## **ABSTRACT**

The present document, is carried out a research on geothermal application of low enthalpy in productive areas of the southern zone of Honduras. Among the objectives is to analyze possible uses of hydrothermal manifestations and technologies to be developed according to the processes. It was applied the study of case methodology, due to the characteristics of the research, a topic not too much known and developed in the country. In the study, we used field visits, debates with national and international experts and bibliographic support. Among the most significant results obtained was the identification of two case studies; the first located in Pavana, Choluteca, a dairy industry near the hydrothermal manifestation CHO12, three new manifestations with code MC1 with 55 ° C, MC2 with 76 ° C and MCV with 75 ° C were identified, the technology to be used is closed circuit heat exchanger with the MC2 hydrothermal manifestation located 40 meters from the productive sector. The second case, an industry of tilapia production in Nacaome at 740 meters from the demonstration VAL04, the technological option is the use of a heat pump with the cold room, using the manifestation VAL04; Another alternative is the use of the water temperature of the well drilled that is constant at 33 ° C, with double benefits generating cold, as well as the decrease in water temperature, causing mortality in the ponds.

Keywords: Hydrothermal, Heat exchanger, Case study, Low enthalpy

## **DEDICATORIA**

PRIMORDIALMETE A DIOS POR DARNOS LA SABIDURIA Y SALUD PARA CULMINAR UNA ETAPA MÁS DE NUESTAS VIDA PROFESIONAL, POR ILUMINAR NUESTRAS MENTES Y AYUDARNOS EN TODO MOMENTO QUE LE PEDÍMOS DIRECCIÓN PARA CULMINAR CON ÉXITO ESTA TESIS.

POR NUESTRAS ESPOSAS E HIJOS, POR SU COMPRESION DURANTE ESTE TIEMPO Y SER EL MOTIVO POR EL CUAL HEMOS ALCANZADO ESTA META.

NUESTROS PADRES, POR SER UN APOYO INCONDICIONAL EN TODO MOMENTO.

**CRISTIAN EVELIO IRIAS**  
**JOSE ADOLFO PINEDA**

## **AGRADECIMIENTO**

AGRADEZCO A NUESTRO ASESOR POR GUIARNOS EN EL PROCESO DE ELABORACION DE ESTE TRABAJO, LOS CUALES NO CONCLUYEN AQUÍ SINO MAS BIEN COMIENZAN EN LA APLICACIÓN Y DESARROLLO DE LOS CONOCIMIENTOS APRENDIDOS.

A TODOS LOS CATEDRÁTICOS POR COMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS A LO LARGO DE ESTOS AÑOS DE APRENDIZAJE.

A NUESTROS INSTITUCIONES LA DIRECCIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROPECUARIA (DICTA), LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA (UNA) QUE NOS BRINDÓ EL APOYO PARA PODER CULMINAR ESTE PROCESO.

A LOS COMPAÑEROS POR SU AMISTAD Y LOS MOMENTOS COMPARTIDOS EN EL TRANCURSO DE LA MAESTRIA.

A LA FAMILIA POR SU APOYO INCONDICIONAL Y EL SACRIFICIO COMPARTIDO, POR TODA LA CONFIANZA, PACIENCIA, AMOR Y COMPRESION.

**CRISTIAN EVELIO IRIAS**

**JOSE ADOLFO PINEDA**

## INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1    Introducción .....	1
1.2    Antecedentes .....	2
1.4    Objetivos del proyecto .....	4
1.4.1    General .....	4
1.4.2    Específicos .....	5
1.5    Justificación .....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.    Antecedente de la geotermia .....	6
2.2    Recursos Geotérmico Mundial .....	7
2.2.1    Cinturón de Fuego del Pacífico .....	7
2.2    Situación del uso directo de la geotermia en el mundo .....	9
2.3    Contexto Centroamericano de la Geotermia .....	11
2.4    Evolución de la Geotermia en Honduras .....	11
2.5    Teorías de sustento .....	13
2.6    Análisis de las metodologías .....	14
2.7    Conceptualización .....	14
2.8    Aplicaciones de la geotermia de baja entalpia .....	15
2.8.1    Calefacción y acondicionamiento de aire .....	15
2.8.2    Calentamiento de invernaderos y suelos .....	16
2.8.3    Deshidratado de cultivos .....	17
2.8.4    Acuicultura .....	17
2.9    Situación actual Poblacional y Agropecuario de Honduras .....	18
2.9.1    Cultivo de Tilapia .....	18



2.10 Tecnologías implementadas en la geotermia de baja entalpia .....	22
2.11 Sistemas de geotermia de baja entalpia .....	23
2.11.1 Circuito de intercambio de calor con la tierra .....	25
2.11.2 Bombas de Calor .....	25
2.11.3 Sistema Geotérmico de baja entalpía de circuito cerrado vertical en U .....	26
2.11.4 Pozos geotérmicos de extracción de aguas subterráneas. ....	27
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>
3.1 Congruencia de la Metodología .....	29
3.2 Enfoque y Método .....	30
3.3 Inicio de la investigación del estudio de caso .....	31
3.3.1 Revisión documental .....	31
3.3.2 Establecer relaciones con contactos clave .....	31
3.3.3 Colaboradores en situ .....	32
3.3.4 Preparación de la visita de Campo .....	32
3.4 Realización de la Visita .....	32
3.4.1 Visita de Campo.....	33
3.4.2 Trabajo con los contactos locales .....	33
3.4.3 Registro de la información.....	34
3.4.3 Reunión con los contactos claves.....	34
3.5 Confección del Estudio.....	34
3.5.1 Triangular y sintetizar los datos .....	34
3.5.2 Elaboración de un diseño .....	35
3.6 Alcance de la Investigación .....	35
3.7 Limitantes del estudio .....	36
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANALISIS .....</b>	<b>37</b>

4.1	Análisis de estudio de casos.....	37
4.2	Análisis de Manifestaciones de baja entalpia .....	37
4.3	Análisis de actores claves en la investigación.....	38
4.4	Selección del estudio de caso.....	39
4.4.1	Visita de Campo.....	39
4.5	Caso de industria de Lácteos .....	40
4.5.1	Reseña de la industria.....	40
4.5.2	Sistema Productivo de Lácteos .....	41
4.5.3	Descripción del proceso elaboración de quesillo .....	42
4.5.3	Relación manifestación geotérmica-industria láctea .....	46
4.5.4	Triangular y sintetizar datos .....	49
4.6	Manifestación de geotérmica de Pavana.....	50
4.7	Alternativa-con la manifestación MC1.....	52
4.8	Caso de industria de piscicultura.....	53
4.8.1	Reseña de la industria.....	53
4.9	Diagrama de flujo de la producción de tilapia .....	55
4.10	Sistemas de Refrigeración .....	56
4.11	Cuarto frio para el almacenamiento de la tilapia.....	57
4.12	Modelo de bomba de calor.....	63
4.12.1	Unidad interna de la bomba de calor .....	64
4.12.2	Unidad exterior de la bomba de calor.....	65
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		66
BIBLIOGRAFÍA.....		68
ANEXOS.....		73

## ÍNDICES TABLAS

Tabla 1. Historia al desarrollo de la Geotermia .....	9
Tabla 2. Evolución de la capacidad instalada en usos directos en el mundo.....	10
Tabla 3. Sistemas Geotérmicos en Honduras .....	12
Tabla 4. Manifestaciones hidrotermales del inventario nacional.....	15
Tabla 5. Rendimientos producciones con invernaderos y de manera tradicional .....	16
Tabla 6. Secadores de madera .....	17
Tabla 7. Metodología de Investigación.....	30
Tabla 8. Actores Clave.....	38
Tabla 9. Condiciones Ambientales en la zona de estudio .....	60
Tabla 10. Diseño de bomba de calor.....	63

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cinturón de fuego del pacifico. ....	7
Figura 2. Cinturón de fuego por el pacifico a través de la Placa del Coco.....	8
Figura 3. Energía geotermia de usos directos en el mundo. ....	10
Figura 4. Mapa con Ubicación de los Sitios de Manifestaciones Geotérmicas. ....	13
Figura 5. Evolución del Mercado de Estados Unidos. ....	19
Figura 6. Diagrama de flujo típico de una finca dedicada al cultivo de Tilapia. ....	22
Figura 7. Diagrama de Líndal.....	23
Figura 8. Comportamiento de las temperaturas del suelo. ....	24

Figura 9. Esquema básico de una bomba de calor. ....	26
Figura 10. Esquema de intercambiador de calor. ....	27
Figura 11. Potenciales de Energía Geotermia en Honduras. ....	36
Figura 12. Manifestaciones Hidrotermales en Choluteca. ....	40
Figura 13. Flujograma de Elaboración de queso. ....	42
Figura 14. Industria de lácteos junto a manifestación CHO12 en Pavana. ....	47
Figura 15. Polígono del terreno de industria láctea. ....	48
Figura 16. Influencia geotermal al entorno de la industria láctea. ....	49
Figura 17. Diseño de intercambiador de calor. ....	50
Figura 18. Perfil de resistividades para la zona de Pavana. ....	51
Figura 19. Intercambiadores Verticales con sondas geotérmicas. ....	53
Figura 20. Industria de piscicultura y manifestación VAL04. ....	55
Figura 21. Diagrama del proceso de la tilapia. ....	55
Figura 22. Sistema de refrigeración por adsorción. ....	56
Figura 23. Cámara Fría. ....	57
Figura 24. Etapas de dimensionamiento de una bomba de calor. ....	59
Figura 25. Unidad interior de bomba calor. ....	64
Figura 26. Unidad Exterior de bomba de calor. ....	65

# CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1 Introducción

El calor de la Tierra es inmenso, pero sólo una pequeña fracción del mismo puede ser utilizado por la Humanidad, que así lo ha venido haciendo desde las épocas glaciares, en regiones volcánicas, cuando los seres humanos descubrieron la utilidad de los manantiales termales para cocinar alimentos y con fines medicinales, hasta la época actual en la que los medios técnicos disponibles permiten extraerlo de la corteza terrestre y transformarlo en energía eléctrica, o usarlo directamente para calefacción humana o animal, y en procesos industriales y agrícolas (LLOPIS & RODRIGO, 2008).

En América Central, la electricidad generada con recursos locales proporciona un promedio de 12% del total producido, en países como El Salvador, Costa Rica y Nicaragua, la geotermia contribuye en el suministro eléctrico el 24%, 14% y 13%, respectivamente, en el año 2012. La generación geotérmica en Centroamérica en 2012 fue de 3.542 GWh, 7,9% de la electricidad total generada. Plantea que el recurso potencial en América Central es estimado en 5.057 MW (PREG, 2015).

En Honduras la principal actividad económica es la agricultura, siendo los principales productos de exportación el café, textiles, camarones, bananos, aceite de palma africana, fruta y madera, dedicando el 28.5% de su terreno a la agricultura (Asturias, 2014, p. 5).

## 1.2 Antecedentes

Existe una crisis energética a nivel mundial, ya que la producción mundial de petróleo convencional empieza a disminuir, al haber alcanzado actualmente el límite de producción, mientras la demanda mundial no deja de aumentar.

A nivel mundial, 90% de la energía geotérmica es de baja y media entalpía, de modo que quien sólo genera electricidad en zonas de alta entalpía, desaprovecha el 90% , útil en más de 40 aplicaciones (refrigeración y secado de productos agrícolas y pesqueros, liofilización de café/cacao, acuicultura, turismo, balneología, entre otras (Varela & Ortega, 2009).

Las fuentes geotérmicas, según sus características y magnitud calórica, pueden ser aprovechadas no solamente para generar electricidad (alta entalpía) sino para usos directos del calor (baja entalpía) (Coviello, 1998).

La investigación geotérmica en Honduras inicio en 1976, cuando un experto enviado por las Naciones Unidas, a petición de la Empresa de Energía Eléctrica (ENEE), llevó a cabo un estudio preliminar de algunas manifestaciones termales en el país. Tal reconocimiento indica las áreas de interés potencial para el desarrollo de la energía geotérmica en Honduras. Esas áreas con potencial fueron: Pavana (Departamento de Choluteca) y San Ignacio (Francisco Morazán); como consecuencia, se recomendó que una exploración sistemática de los sitios identificados se llevó a cabo (Henríquez, 2011, p. 2).

Sobre la base de estas recomendaciones, la ENEE contrató en 1977 la firma EE.UU. Geonomics, Inc. para llevar a cabo un estudio preliminar de todas las áreas de interés con potencial geotérmico (incluyendo las dos áreas mencionadas anteriormente), y de acuerdo con los resultados de este estudio, continúe con más la investigación en áreas consideradas de interés técnico

preferencial. "Geonomics, Inc.", sin embargo, no pudo completar el estudio y se entregó a la ENEE en diciembre de 1977, informes de progreso que indica que las zonas prioritarias permanecieron Pavana y San Ignacio (Henríquez, 2011, p. 2).

Henríquez (2011) menciona que la ENEE, realizó los estudios por la empresa de EE.UU. GeothermEx, Inc. en 1979 y 1980, y las manifestaciones fueron clasificados en cuatro grupos:

- Las áreas con temperaturas entre 150 y 200 ° C: (San Ignacio, Platanares, Azacualpa, Sambo Creek y Agua Caliente).
- Las áreas con temperaturas alrededor de 150 ° C: (Pavana, Trinidad, El Olivar, San Rafael, Limones, y Los Almendros).
- Las áreas con temperaturas entre 100 y 150 ° C: (Humuya, Aguacates, Quebrada Grande, y La Plazuela).
- Varias zonas con temperatura inferior a 100 ° C.

García (2016) menciona que los trabajos de exploración y estimaciones termométricas que se han realizado en Honduras no poseen manifestaciones con potencial de alta entalpia, para considerar centrales de condensación o expansión súbita, sin embargo se puede aprovechar en ciclos binarios o usos directos para fines productivos de manera sostenible.

- Alta temperatura: más de 150°C: una temperatura superior a 150°C permite transformar directamente el vapor de agua en energía eléctrica.
- Media temperatura: entre 90°C y 150°C: permite producir energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio, que es el que alimenta a las centrales.

- Baja temperatura: entre 30°C y 90°C: su contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica, pero es adecuado para calefacción de edificios y en determinados procesos industriales y agrícolas.

### 1.3 Definición del problema.

Honduras cuenta con gran diversidad de recursos naturales de los cuales se encuentra la geotermia, con un potencial significativo que no está siendo aprovechado como fuente de energía. En vista de la creciente dependencia del petróleo y el aumento inminente de los precios internacionales de los combustibles fósiles, junto con la necesidad de cambiar la disposición del sector de la energía esto conlleva a buscar otras alternativas de fuentes con energías renovables.

Henríquez, (2015) menciona que existe seis sitios (Platanares, San Ignacio, Azacualpa, Sambo Creek, Puerto Cortés y Pavana) en todo el país para la generación de electricidad. También existe un potencial de la geotermia de baja entalpía que no están siendo aprovechados para usos directos, tales como refrigeración, procesos industriales y de baño que pueden ser una opción para para los procesos productivos.

### 1.4 Objetivos del proyecto.

#### 1.4.1 General

Analizar los posibles usos productivos de las manifestaciones de energía geotérmica de baja entalpía de Honduras.



#### 1.4.2 Específicos

- Identificar las aplicaciones de las fuentes geotérmicas según sus características y magnitud calórica en Honduras.
- Describir las tecnologías aplicables a manifestaciones geotérmicas a utilizar de acuerdo a los procesos productivos
- Definir los procesos productivos a los que aplica la energía geotérmica estudiada.

#### 1.5 Justificación

En Honduras la energía geotérmica no se ha aprovechado, hasta el momento único proyecto en desarrollo Geoplatanares en La Unión Copan. Estas fuentes según sus características y magnitud calórica, pueden ser aprovechadas no solamente para generar electricidad (alta entalpía) sino para usos directos del calor (baja entalpía).

La baja temperatura entre 30°C y 90°C, su contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica, pero es adecuado para calefacción de edificios y en determinados procesos industriales y agrícolas. Las formas de producción en Honduras utilizan distintas fuentes energéticas como combustibles fósiles, biomasa, electricidad e incluso con un bajo nivel de tecnificación en los procesos productivos.

Por lo que a través de la geotermia de baja entalpía existe la oportunidad de innovar e industrializar mejorando los procesos productivos con el uso y aprovechamiento de una fuente de energía renovable que permita alcanzar mejoras en la productividad de la agroindustria en Honduras.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedente de la geotermia

Desde el centro hasta la superficie de la tierra, el globo terrestre está constituido por tres capas sucesivas de temperatura decreciente como ser: el núcleo, el manto, la corteza. El resultado de esta estructura interna es que el 99% de la masa de la tierra está sometida a una temperatura superior a los 1,000 °C, y únicamente 0.1% de la misma soporta temperaturas inferiores a los 100°C. El origen del calor interno de la tierra se encuentra en los siguientes hechos:

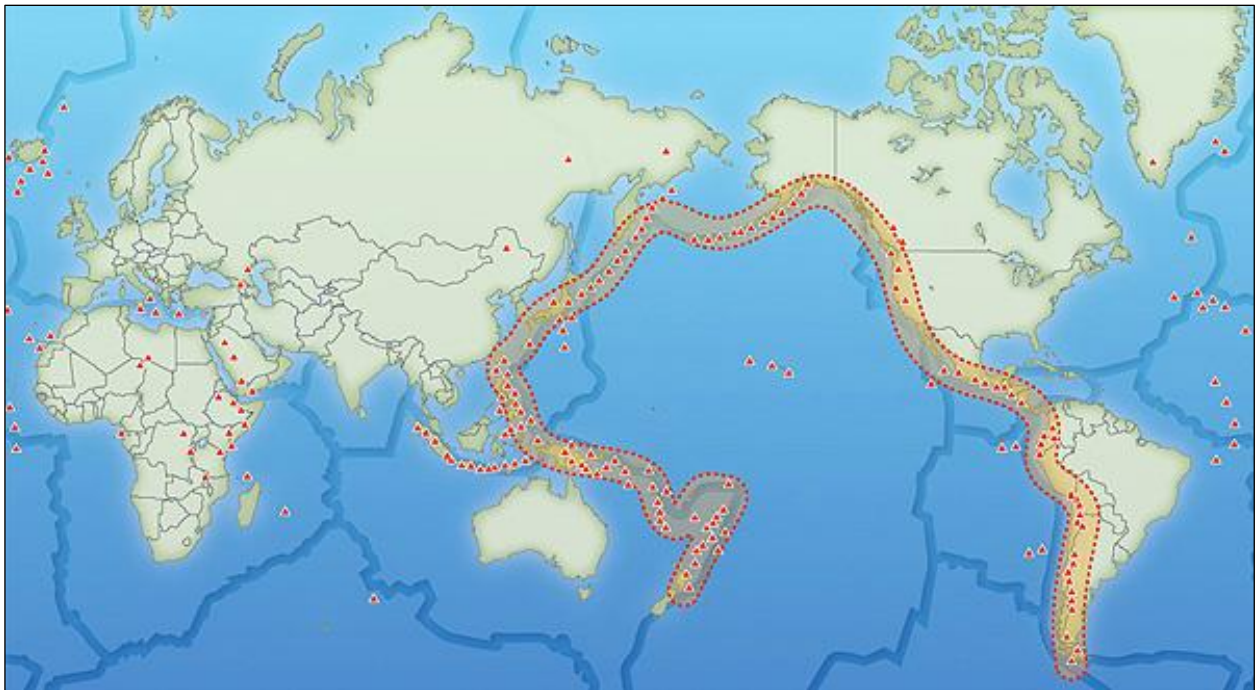
- Desintegración de isótopos radiactivos presentes en la corteza y en el manto, principalmente, uranio 235, uranio 238, torio 232 y potasio 40.
- Calor inicial que se liberó durante la formación del planeta hace 4.500 millones de años, y que todavía está llegando a la superficie.
- Movimientos diferenciales entre las diferentes capas que constituyen la Tierra, principalmente entre manto y núcleo.
- Cristalización del núcleo: El núcleo externo (líquido) está cristalizando continuamente, y en la zona de transición con el núcleo interno (sólido) se libera calor (Llopis & Angulo, 2008).

Hasta hace relativamente pocos años, la utilización de la energía térmica de la Tierra ha estado restringida a regiones del planeta donde condiciones geológicas favorables hacen posible la transferencia de calor desde zonas calientes profundas hasta la superficie, o muy cerca de ella, y el posterior aprovechamiento de éste en forma de agua caliente en fase líquida o vapor (Llopis & Angulo, 2008).

## 2.2 Recursos Geotérmico Mundial

### 2.2.1 Cinturón de Fuego del Pacífico

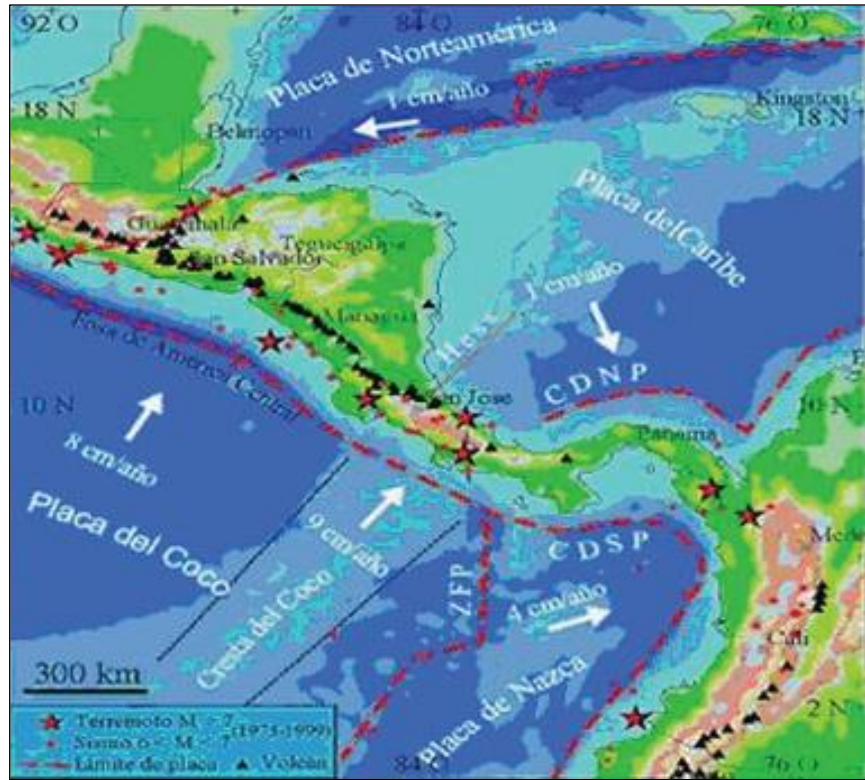
El Cinturón de Fuego del Pacífico es la zona del planeta que concentra la mayor cadena de volcanes y sitios de actividad sísmica alrededor de los bordes del océano Pacífico. Su forma es como la de una herradura de más de 40.000 kms. con 452 volcanes desde el extremo sur de América del Sur, a lo largo de la costa de América del Norte, a través del estrecho de Bering, Japón y Nueva Zelanda (Energía Andina Geothermal, 2017).



**Figura 1. Cinturón de fuego del pacifico.**  
Fuente:(Energía Andina Geothermal, 2017).

En la figura 2, las placas tectónicas de Cocos y el Caribe chocan en el Océano, aproximadamente

100 km paralelo a la costa del Pacífico de América Central. Las flechas blancas indican dirección y velocidad del movimiento. Los volcanes se formaron en una franja estrecha paralela a la zona del choque.



**Figura 2. Cinturón de fuego por el pacifico a través de la Placa del Coco.**  
Fuente:(IILA, 2010).

El proceso de subducción ocurre cuando la placa de Cocos desaparece debajo de la masa continental produciendo fusión de la corteza y un fallamiento extensional. A lo largo de la zanja, la subducción de la placa oceánica de Cocos bajo la placa Caribe se da a un ritmo de 73-84 mm / año. El movimiento de convergencia de la placa de Cocos es hacia el NE (IILA, 2010, p. 14).

En la siguiente tabla se muestra los avances de la geotermia durante el tiempo.

**Tabla 1. Historia al desarrollo de la Geotermia**

AÑO	ACONTECIMIENTO
1892	Boise, Idaho, USA Red local geotérmica de calefacción urbana entro en funcionamiento
1904	El primer experimento en el mundo de producción de energía eléctrica con vapor geotérmico
1919	Beppu, Japón se perforaron los primeros pozos exploración geotérmica.
1921	The Geysers, USA se perforan pozos geotérmicos e instalación de una pequeña máquina de vapor
1930	Rikjavik, Islandia, instalación de red de calefacción geotérmica.
1945	Indianápolis, USA. Primera instalación con bomba de calor geotérmica en una vivienda.
1948	En la Universidad de Ohio, USA se hace una instalación experimental geotérmica para la calefacción de las instalaciones
1958	Hasta este año Italia fue el único país al mundo que había desarrollado la tecnología geotérmica, produciendo 2 billones kWh/año
1959	México y USA dan luz verde a la operación de la primera planta geotermoelectricas
1973	Crisis del petróleo genero avances e intereses en el mundo principalmente en los países desarrollados, por la generación de electricidad a partir de la geotermia
1977	Exploración profunda entre 2000- 3000 metros estimulación y reinyección de pozos

Fuente:(Cappetti, 2016)

## 2.2 Situación del uso directo de la geotermia en el mundo

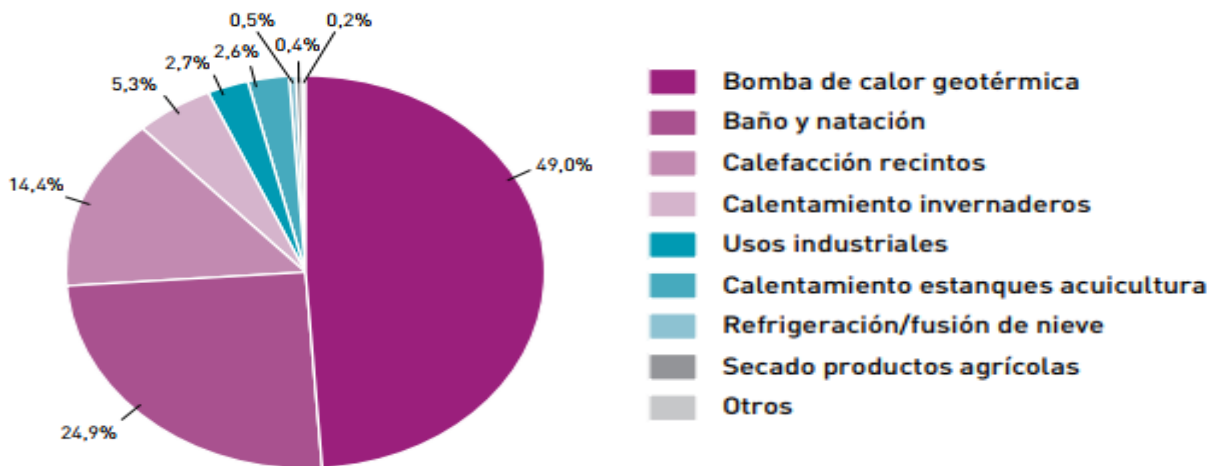
La utilización directa como fuente de calor de la energía geotérmica constituye la forma más antigua, versátil y también la más común de aprovechamiento de esta forma renovable de energía. Los datos disponibles indican que, a finales del año 2009, el número de países que hacían uso de la misma con el fin citado era de 78, con una capacidad instalada de 50.583 MWt. Esta última cifra representa un crecimiento del 78,9% respecto a los datos de 2005, lo que significa un incremento anual medio del 12,33%, con un factor de capacidad de 0,27 (equivalente a 2.365 horas de operación a plena carga al año) (Sánchez, Sanz, & Ocaña, 2011).

**Tabla 2. Evolución de la capacidad instalada en usos directos en el mundo**

Usos	Capacidad Instalada (MWt)			
	1995	2000	2005	2010
Bomba de Calor	1.854	5.275	15.384	35.236
Calefacción de recintos	2.579	3.263	4.366	5.391
Calentamientos invernaderos	1.085	1.246	1.404	1.544
Calentamiento estanques acuicultura	1.097	605	616	653
Secado productos agrícolas	67	74	157	127
Usos industriales	544	474	484	533
Baño y natación	1.085	3.957	5.401	6.689
Refrigeración fusión de nieve	115	114	371	368
Otros	238	137	86	41
<b>Total</b>	<b>8.664</b>	<b>15.145</b>	<b>28.269</b>	<b>50.583</b>

Fuente: (Sanchez et al., 2011)

En la Figura 3 la bomba de calor geotérmica representa el 49% de los usos térmicos de esta energía, mientras que el 24.9% se destinó a usos balnearios y de calentamiento de piscinas y un 14.4% a la calefacción de recintos.



**Figura 3. Energía geotermia de usos directos en el mundo.**

Fuente:(Sánchez et al., 2011).

### 2.3 Contexto Centroamericano de la Geotermia

El contexto centroamericano, se puede decir que el aporte de la generación con fuentes geotérmicas ha representado un valor significativo en las matrices de generación o potencia instalada de cada país de la región, para el caso: Guatemala tiene una capacidad instalada de 49.2 MW, Nicaragua 87.5 MW, Costa Rica 165.5 MW y El Salvador 204.4 MW, (IILA, 2010).

### 2.4 Evolución de la Geotermia en Honduras

Como una breve reseña histórica de la geotermia en Honduras, entre los años 1979 y 1980, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) realizaron un levantamiento de las manifestaciones geotérmicas en Honduras, el cual es el más completo que existe a la fecha, donde se establecieron las ubicaciones, medidas directas de temperatura, flujo y la conductividad de las mismas (Lagos F, 2016).

En Honduras, en los años setenta y ochenta el gobierno llevó a cabo labores de exploración superficial por intermedio de la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) con el apoyo de organizaciones internacionales y en particular de Los Alamos National Laboratories—, ENEE perforó tres pozos de diámetro reducido en el campo geotérmico de los Platanares a mediados de los años ochenta. Allí se detectó la presencia de un reservorio en profundidad de alta entalpía (T 220° C). Actualmente Ormat Technologies, Inc. está trabajando en el desarrollo del campo geotérmico (Bruni, 2014).

Utilizando los datos geológicos y hidrogeoquímicos, se clasificaron los sitios de acuerdo a su potencial energético; Platanares en Copán, Azacualpa en Santa Bárbara, San Ignacio en

Francisco Morazán, Olivar en Yoro, Pavana en Choluteca y Sambo Creeck en Atlántida. Estos lugares son los que están catalogados como de alta entalpía y con el potencial de poder generar energía eléctrica en manera comercial, inyectándola al Sistema Interconectado Nacional de Honduras (Lagos F, 2016).

Hoy en día se estima que la capacidad de generación eléctrica de que puede obtenerse de la explotación geotérmica en Honduras, asciende a un total de 116.1 MW.

En la Tabla 3 aparecen los campos geotérmicos estudiados y definidos como sistemas de alta temperatura (>150° c) con interés para generación eléctrica, especialmente Platanares.

**Tabla 3. Sistemas Geotérmicos en Honduras**

Temperaturas, volúmenes y energía de sistemas de convección de agua caliente hidrotermal > 150 °C						
No	Nombre del área	Ubicación geográfica departamento	Temperatura promedio reservorio	Volumen promedio reservorio	Energía térmica promedio reservorio	Energía eléctrica estimada
			° C	km •	1018 J	MWe/25 Años
1	Platanares	Copán	225	0,87	0,72	48 MW
2	San Ignacio	Francisco Morazán	190	0,38	0,26	20 MW
3	Azacualpa	Comayagua	185	5,20	3,4	22.1 MW
4	Pavana	Choluteca	150	0,92	0,43	11 MW
5	Sambo Creek	La Ceiba	155	1,16	0,61	15 MW
					Total	116,1 MW

Fuente:(IILA, 2010)

El potencial de recursos geotérmicos de baja y media temperatura es mayor, si fueran aprovechados para aplicaciones directas. Actualmente para aplicaciones directas se reporta una



capacidad instalada de energía geotérmica que apenas alcanza 1.93 MWt y una utilización anual directa de 45 TJ/año (J. W. Lund & Boyd, 2015).

En Honduras se cuenta con alrededor de 204 puntos de manifestaciones de geotermia de baja entalpía comprendidos en la zona norte y sur del País, de los cuales la mayoría se encuentran en temperaturas de baja entalpía (Henríquez, 2011).



**Figura 4. Mapa con Ubicación de los Sitios de Manifestaciones Geotérmicas.**  
Fuente: (Lagos F, 2016).

## 2.5 Teorías de sustento

El sector agropecuario es el más importante generador de producción, ingresos, exportaciones y empleo de la economía hondureña, además de que aporta valiosos servicios ambientales. Honduras tiene que enfrentar tres desafíos importantes: elevar la productividad, mejorar su competitividad y capacidad de aprovechar el tratado de libre comercio entre Centroamérica, República Dominicana y Estados Unidos (Serna, 2007).

FAO (2009), Menciona que una cantidad importante de los alimentos producidos en los países en desarrollo se pierden después de la cosecha, agravando así el problema del hambre. La Organización subrayó que con inversiones y formación adecuadas, las pérdidas de alimentos se podrían reducir en forma drástica. Las causas de las pérdidas post-cosecha, que algunas estimaciones sitúan entre el 15 y hasta el 50 por ciento de la producción, son muy diversas.

Con el propósito de contribuir a desarrollar el sector agropecuario se buscan alternativas sostenibles que no causen impactos negativos al ambiente y aprovechar recursos renovables que se puedan aplicar a las necesidades de las actividades productivas que demandan los agricultores.

## 2.6 Análisis de las metodologías

Este trabajo de investigación se realizó en cuatro etapas:

- Recopilación bibliográfica
- Trabajo de campo
- Análisis de rubros productivos y alternativas de utilización de la geotermia
- Elaboración de un diseño de uso de las manifestaciones con un rubro productivo

## 2.7 Conceptualización

Debido a que los recursos geotérmicos de baja entalpia se encuentran asociados a zonas con características geológicas muy particulares, es necesario realizar una serie de estudios específicos, siguiendo una guía o metodología integral para la evaluación de su potencial y su aprovechamiento en rubros productivos cercanos a las manifestaciones hidrotermales.

En el cuadro siguiente, podemos observar los 51 sitios o manifestaciones hidrotermales que se presentan en el inventario geotérmico nacional las cuales se identificaran al menos dos con usos potenciales para desarrollar estudios de casos.

**Tabla 4. Manifestaciones hidrotermales del inventario nacional**

DEPARTAMENTOS	CANTIDAD DE SITIOS
Choluteca	10
Valle	2
Comayagua	4
Yoro	3
Francisco Morazán	4
Lempira	7
Atlántida	6
Intibucá	2
Cortes	3
Colon	5
El Paraíso	3
Copan	1
Olancho	1

Fuente:(GARCIA, 2016)

## 2.8 Aplicaciones de la geotermia de baja entalpia

### 2.8.1 Calefacción y acondicionamiento de aire

Aplicación típica de circuito cerrado para abastecimiento de calefacción y aporte de ACS. En ella, el agua del circuito secundario se hace circular por tuberías que, con una distribución adecuada, recorrerá una serie de edificios, complejos, centros de gran extensión, o incluso grupos de viviendas particulares, proporcionando tanto calefacción como agua caliente sanitaria. Las necesidades de calefacción prevén temperaturas de uso entre 50 - 60°C y las de ACS entre 40 - 50

°C, con lo cual, y con unos intercambiadores de placas modernos de hasta un 70 % de eficacia, se precisarían unas aguas geotérmicas entre 80 y 90 °C.

### 2.8.2 Calentamiento de invernaderos y suelos

La utilización de la geotermia en espacios productivos como invernaderos nos favorece en zonas donde la radiación solar es baja en algunas épocas del año, mediante varios métodos podemos aprovechar la energía como usando focos para aumentar la radiación, climatización del agua de riego o tubos enterrados en el sustrato donde se desarrollan las plantas y así incrementar los rendimientos de los cultivos. Hay muchas formas de utilizar este recurso en climatización de invernaderos como disipadores finales de calor por aire y de la posible combinación de variedades de especies de tecnologías (LLOPIS & RODRIGO, 2008).

**Tabla 5. Rendimientos producciones con invernaderos y de manera tradicional**

Tipo de Cultivo	Invernadero e Hidroponía			Tradicional
	Producción (t/ha)	Cosechas/año	Rendimiento anual (t/ha)	Rendimiento anual (t/ha)
Fríjol	11.5	4	46	6
Repollo	57.5	3	172.5	30
Pepino	250	3	750	30
Berenjena	28	2	56	20
Lechuga	31.3	10	313	52
Pimiento	32	3	96	16
Tomate	187.5	2	375	100

Fuente:(División de Geotermia, 2007).

### 2.8.3Deshidratado de cultivos

LLOPIS & RODRIGO (2008.) “menciona que la práctica de utilizar el calor geotérmico para el secado de productos agrícolas, carnes y pescados, así como para el secado selectivo de maderas”.

**Tabla 6. Secadores de madera**

País	Uso	Descripción	Flujo de vapor o agua caliente
Nueva Zelanda (Kawerau)	Pulpa y papel	Procesamiento de pulpa de papel y generación de potencia eléctrica en pequeñas cantidades	1,270 ton/h de vapor húmedo
Japón (Yuzawa)	Secado de Madera	Un secador al vacío y un evaporador	48 ton/h de agua caliente
Taiwán (Tatun)	Secado de Madera	Capacidad de secado de 8,500 pies <sup>3</sup> /mes	0.5 ton/h de vapor a 180 °C
México (Los Azufres)	Secado de Madera	Secador con capacidad de 9000 pies/tabla	750 ton/h de agua caliente

Fuente:(División de Geotermia, 2007)

### 2.8.4 Acuicultura

Interesante aplicación usar el calor geotérmico para la crianza de animales acuáticos como ser peces, crustáceos, cangrejos, tortugas, otros que puedan tener un buen valor económico como los caimanes y que tengan una buena repuesta de crecimiento a ambientes de temperatura constante. La utilización del agua geotérmica es indirecta se necesita un circuito secundario con el agua del estanque de crianza (LLOPIS & RODRIGO,2008).

## 2.9 Situación actual Poblacional y Agropecuario de Honduras

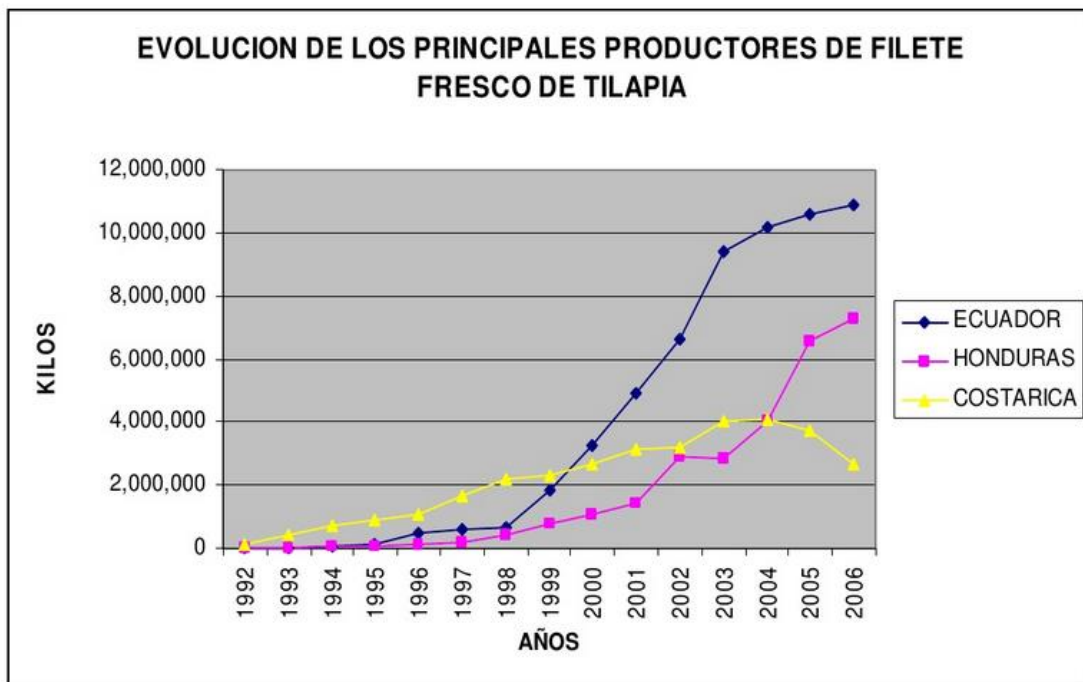
La población del área rural alcanza el 54% del total, mientras que el 46% corresponde al área urbana. El 67.4% de la población vive en condiciones de pobreza, de ellos el 42.8% se encuentra en condiciones de extrema pobreza. Más de 1.16 millones de personas son vulnerables en términos de desnutrición, principalmente los que viven en la zona sur y en la región fronteriza con Guatemala y el Atlántico Norte (CGIAR & CCAFS, 2014).

La agricultura es el soporte fundamental de la economía hondureña, lo que sucede en el sector se refleja en las demás actividades productivas, industria, comercio, transporte, almacenamiento y, en parte, en los servicios financieros ya que representa más del 50% del producto interno bruto. En el sector hay mucha producción pero la poca infraestructura en cuanto a procesos y almacenamiento de las materias primas es muy deficiente y se generan muchas pérdidas. El valor agregado que aporta el sector agropecuario primario es generado por la agricultura en el 63.2%, la ganadería el 10.9%, la silvicultura 8.0%, avicultura 8.4%, pesca 5.6% y el 3.9% restante (Serna, 2007).

### 2.9.1 Cultivo de Tilapia

La producción acuícola mundial de pescado representó el 44.1% de la producción total de la pesca de captura y la acuicultura en 2014, una cifra superior al 42.1% alcanzado en 2012 y al 31.1% registrado en 2004. Todos los continentes han mostrado una tendencia general de aumento del porcentaje de la producción acuícola en el total de la producción pesquera, si bien en Oceanía esta proporción ha disminuido en los últimos tres años (FAO, 2016).

El cultivo de tilapia es uno de los principales rubros de exportación que fortalece la economía nacional. Honduras es el país de mayor crecimiento en la producción y exportación de filete de tilapia fresca a nivel latinoamericano. Unos 62 millones de dólares dejarán las exportaciones de tilapia, lo anterior debido a que la producción ha aumentado en la parte de infraestructura en pequeña y grande escala, principalmente en la zona Sur del país y el valle de Comayagua, y ronda una producción de 60 millones de libras anuales (OSPESCA, 2017).



**Figura 5. Evolución del Mercado de Estados Unidos.**

Fuente (Hurtado, 2007).

El cultivo la tilapia se da en las principales zonas costeras de Honduras, existen 1589 productores que generan 19,000 empleos directos y 50,000 indirectos, con una producción anual de 10 mil toneladas en un área de 82,512 hectáreas. Honduras ocupa el Primer lugar en exportaciones de Tilapia a Estados Unidos, quien es el mayor consumidor a nivel mundial de tilapia fresca, ya que su producción local es insipiente (ANDAH, 2015).

En el país se emplean tres sistemas de producción: extensivo, semi intensivo e intensivo. En este sentido, es necesario aclarar que no necesariamente la extensión del cultivo en superficie o sus instalaciones físicas determina el tipo de sistema, sino la inversión efectuada para conseguir la mayor producción de biomasa por unidad de área (hectárea) en el menor tiempo posible, ya sea en estanques o en un cuerpo de agua en el que se utilizan jaulas flotantes (CNP+LH, 2009a).

Actualmente, la acuicultura suministra más del 50 % de todo el pescado que se consume. Proporciona ingresos a los productores en pequeña escala y permite a los acuicultores y las empresas a gran escala generar millones de empleos bien remunerados para personas con escasos recursos. Asimismo, mejora el estado nutricional de las familias y su acceso a servicios de vivienda, salud y educación adecuados. En consecuencia, la acuicultura ha demostrado que puede contribuir a la erradicación del hambre, la inseguridad alimentaria y nutricional y la pobreza en muchas partes del mundo (FAO, 2016).

La acuicultura se presenta como una nueva alternativa de producción en el sector agropecuario, con excelentes perspectivas, sin embargo, es necesario desarrollar tecnología en este campo que optimice los sistemas de producción y transformación de las especies acuícolas. Un buen manejo, alimentación adecuada, estricta sanidad, animales de alta calidad y un canal adecuado de comercialización, son los pilares sobre los cuales descansa el éxito de la actividad piscícola (Nicovita, 2015).

Para que la acuicultura siga creciendo y, por tanto, genere más beneficios socioeconómicos como estos, deben superarse diversos obstáculos a través de, por ejemplo, políticas y estrategias

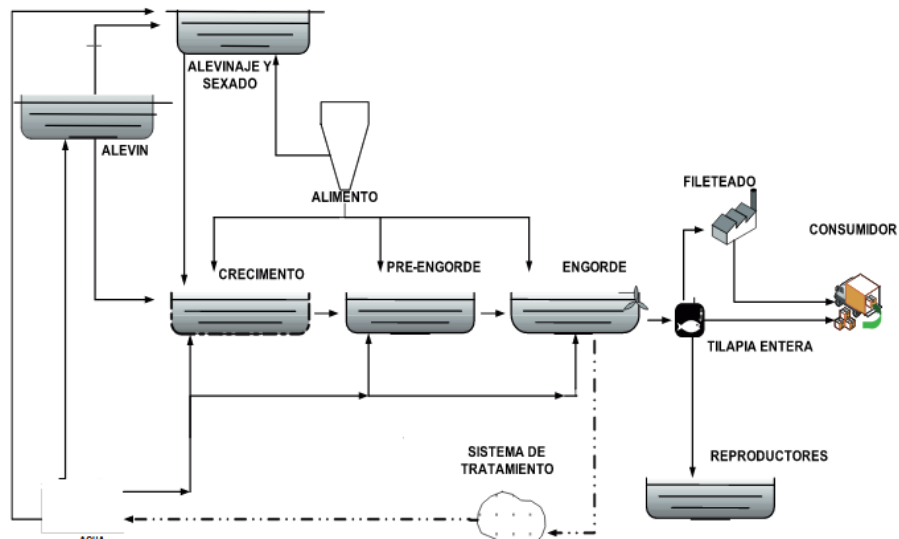


acertadas respaldadas por programas de investigación sólidos, y el intercambio de información y conocimientos en los planos nacional, regional y mundial. Consciente de la importancia de la colaboración activa y de la creación de vínculos entre las experiencias y los recursos de los sectores públicos y privado, así como del intercambio de información y conocimientos.

La tilapia roja (*Oreochromis sp*) por sus hábitos alimentarios, capacidad de adaptación, fácil reproducción, resistencia a enfermedades y posibilidades de soportar condiciones adversas en cultivo, con amplia tolerancia y rápido crecimiento, es ideal para producción en estanques bajo sistemas extensivos o intensivos.

Las tilapias son peces de origen tropical, por lo que sus mejores crecimientos se obtienen a temperaturas entre los 24 °C y los 30 °C. Por encima o por debajo, tanto la reproducción como el crecimiento pueden disminuir hasta detenerse completamente, se deben evitar adicionalmente oscilaciones diarias de temperatura por encima de los 5 °C. La temperatura afecta directamente la tasa metabólica de los peces, cuando la una aumenta la otra también lo hace, y por consiguiente el consumo de oxígeno (Borjas, Gonzales, & Quintero, 2006).

El flujo de producción del cultivo de tilapia (Figura 6) se representa las diferentes etapas de manejo y procesamiento, iniciando con la siembra de alevines hasta llevar el producto al consumidor final.

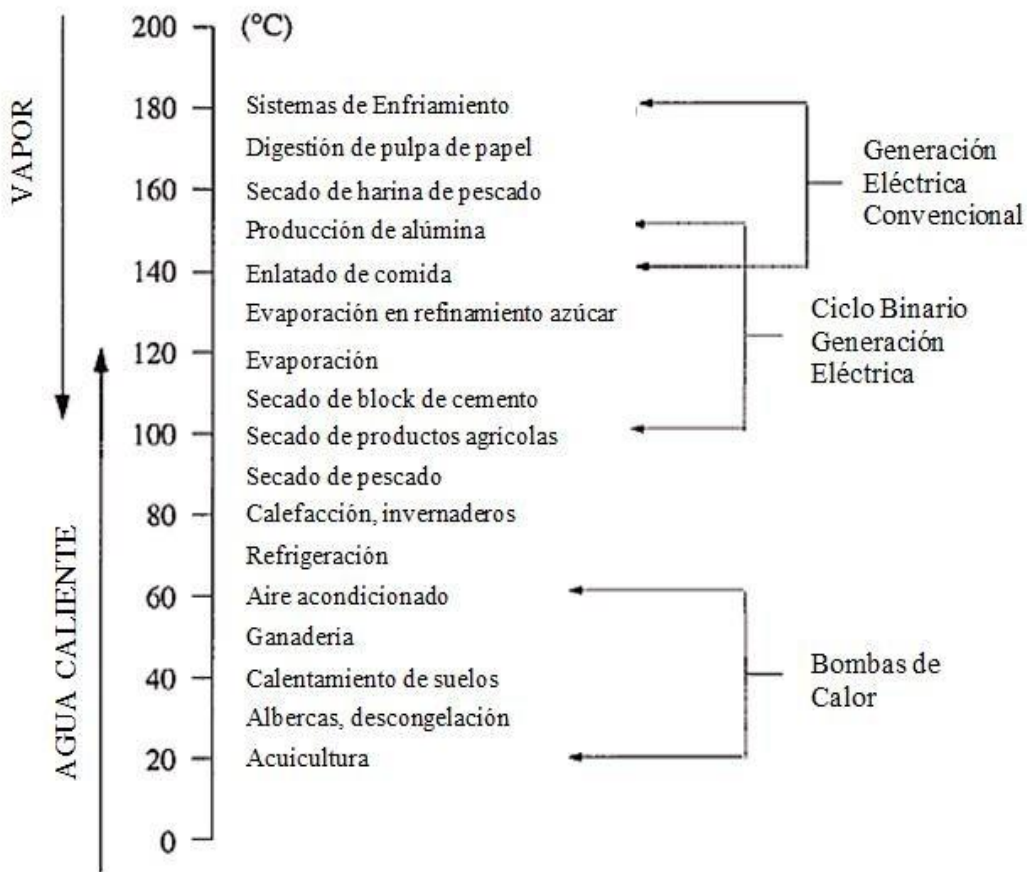


**Figura 6. Diagrama de flujo típico de una finca dedicada al cultivo de Tilapia.**

Fuente:(CNP+LH, 2009).

## 2.10 Tecnologías implementadas en la geotermia de baja entalpia

Las diferentes tecnologías aplicadas en la geotermia están determinadas por las características geofísicas, geoquímicas y geológicas del recurso. El aprovechamiento del recurso hidrotermal, según figura 7 se pueden hacer diferentes categorizaciones en base a la entalpia y las distintas aplicaciones.



**Figura 7. Diagrama de Lándal.**

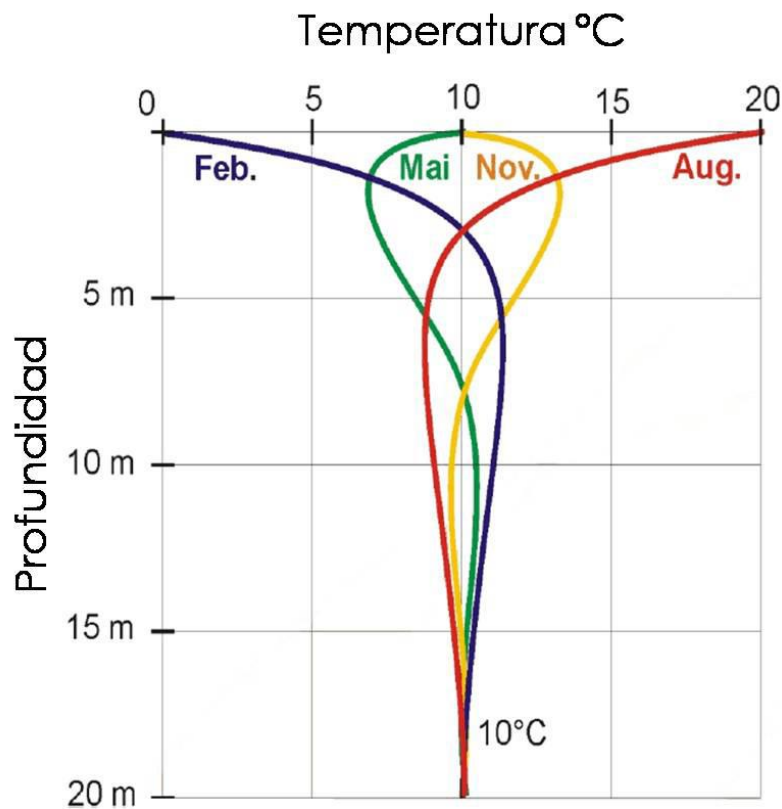
Fuente: (Kuruja, 2011).

El agua geotérmica se utiliza en todo el mundo, incluso cuando no está lo suficientemente caliente como para generar electricidad. En cualquier momento el agua geotérmica o el calor se utilizan directamente. El uso de agua geotérmica "directamente" conserva energía y reemplaza el uso de recursos energéticos contaminantes por otros limpios (Geothermal Education Office, 2017).

### 2.11 Sistemas de geotermia de baja entalpia

La energía geotérmica superficial utiliza el calor en los estratos superiores de la Tierra (hasta 400 metros) y del agua subterránea. Esta energía se basa en el calor irradiado por el sol y el flujo de

calor desde el interior de la Tierra a la superficie. Es conveniente para la calefacción o refrigeración de edificios y para calentar el agua. A profundidades de alrededor de 20 metros, y dependiendo de las condiciones geológicas hasta un máximo de 40 m, las temperaturas en los estratos superiores de la Tierra están sujetas a las fluctuaciones estacionales. A profundidades cercanas a los 20 m, un equilibrio prevalece entre el exterior y la temperatura interior de la Tierra. En este nivel, las fluctuaciones climáticas ya no se ven, y la temperatura es de aproximadamente la temperatura media anual en el lugar (DENA, 2013).



**Figura 8. Comportamiento de las temperaturas del suelo.**

Fuente: <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com>.

Los sistemas de estudio que se desarrollan en la investigación corresponden a dos de los sistemas de mayor utilización a nivel mundial de aprovechamiento de la energía geotérmica, los cuales corresponden a los sistemas abiertos con uso de aguas subterráneas, y los sistemas de intercambiador de calor cerrados verticales.

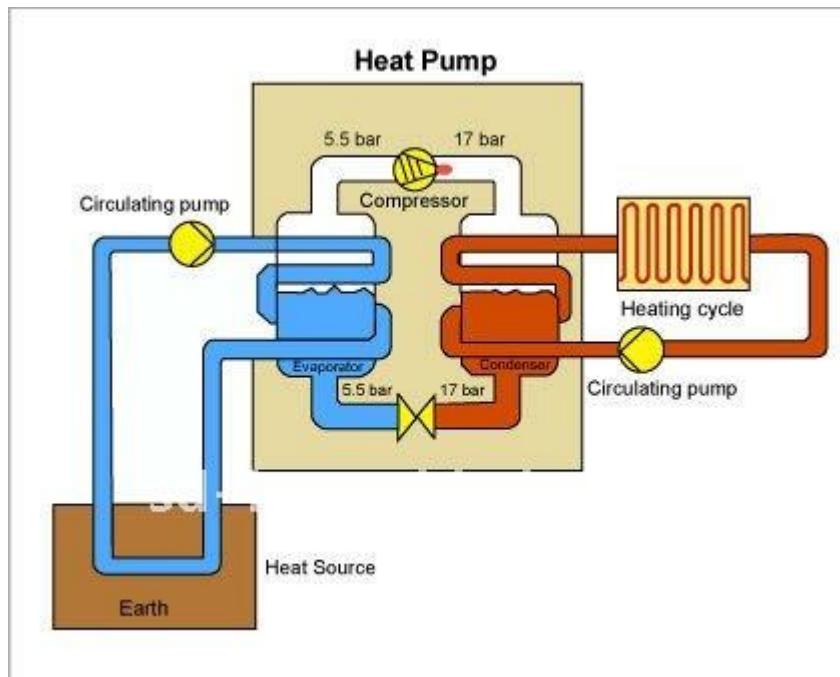
#### 2.11.1 Circuito de intercambio de calor con la tierra

Los sistemas geotérmicos de intercambio de calor con el suelo pertenecen a dos grandes grupos a nivel mundial: Los sistemas abiertos de uso de agua subterránea y los circuitos cerrados que se pueden instalar horizontal y verticalmente en pozos o lagos (Lund & Boyd, 2015).

El estudio contempla el desarrollo de dos diseños distintos de utilización del recurso geotérmico: El aprovechamiento de las aguas subterráneas en pozos verticales y el aprovechamiento del suelo por medio del intercambio de calor a través de pozos de circuito vertical en forma de U, que son detallados a continuación.

#### 2.11.2 Bombas de Calor

La bomba de calor es una máquina que transfiere calor desde un foco frío a otro caliente utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. La bomba de calor por tanto, tiene la capacidad de aprovechar la energía existente en el ambiente ya sea en el aire, en el agua o en la tierra (foco frío) y permitir calefacción el interior de un edificio (foco caliente) con una utilización relativamente pequeña de energía eléctrica. En caso de que la transferencia de calor se realice en modo inverso, es decir desde el recinto que requiere frío hacia el ambiente que se encuentra a una temperatura superior, la bomba de calor trabaja en modo refrigeración (Schoennenbeck, 2014).



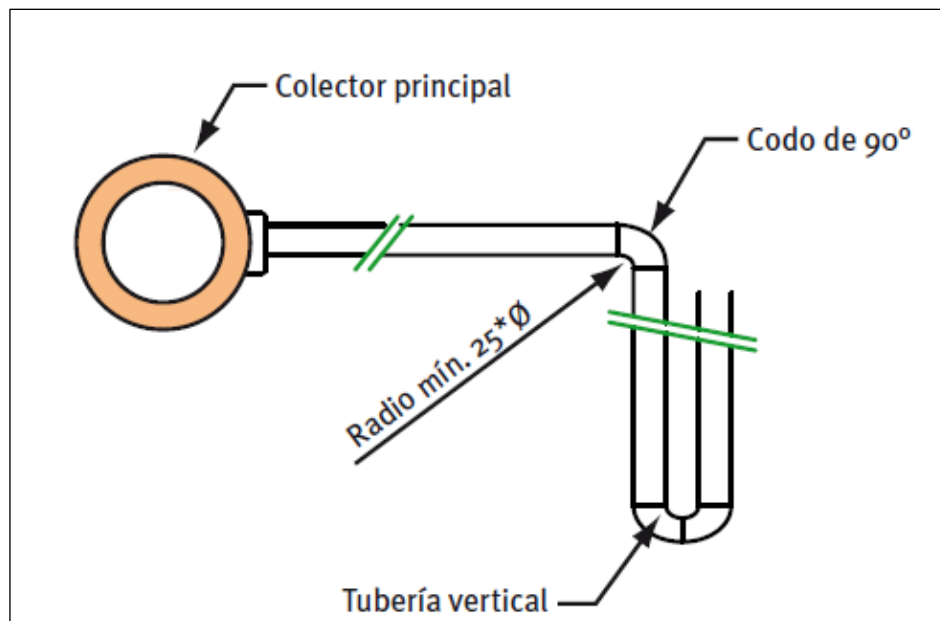
**Figura 9. Esquema básico de una bomba de calor.**

Fuente:(EGSHPA, 2017).

Las bombas de calor geotérmicas son eficientes porque utilizan energía que viene de la tierra, como también la necesaria para alimentar al compresor en un sistema cerrado donde casi no existen pérdidas de energía. Estas bombas de calor miden su eficiencia por medio del coeficiente de desempeño, COP: Relación entre la potencia/energía térmica entregada en el condensador y la potencia/energía eléctrica consumida en el compresor (Vielma, 2013).

### 2.11.3 Sistema Geotérmico de baja entalpía de circuito cerrado vertical en U

Los sistemas geotérmicos de baja entalpía con intercambiador de calor vertical son los más usados a nivel mundial, constituyen el 46% del total de las instalaciones en Estados Unidos, siendo gran parte, aplicaciones residenciales (Lund & Boyd, 2015). Los sistemas verticales cerrados funcionan bajo un concepto distinto al sistema anterior, realizan un intercambio de calor directo con la tierra por medio de pozos verticales, es decir, el intercambio se realiza a través de sondas geotérmicas consistentes en un tubería en U embebida en la tierra por el cual circula un fluido que traspasa calor al medio en el que se encuentra (Rey & Velasco, 2005).



**Figura 10. Esquema de intercambiador de calor.**

Fuente:(IDAE, 2012).

#### 2.11.4 Pozos geotérmicos de extracción de aguas subterráneas.

El sistema de intercambio de calor está constituido por dos pozos, uno de producción, donde se extraerá el caudal necesario de agua, y el otro de inyección donde se introduce el agua a

una temperatura menor. El pozo de producción tiene que ser capaz de proporcionar el agua necesaria para asegurar el funcionamiento de la bomba de calor durante todo el ciclo anual. Éste debe ser diseñado cuidando parámetros hidráulicos, químicos y constructivos, contemplando caudal máximo extraído, nivel de depresión de la napa al momento de la extracción, profundidad y diámetro del pozo, como profundidad de extracción y posición de la bomba dentro del mismo (Vielma, 2013).

Estos sistemas dependen de las características del subsuelo, siendo los principales parámetros, la conductividad térmica, la difusividad térmica, el calor específico y contenido de humedad del terreno, como también los efectos de la temperatura del agua subterránea (Vielma, 2013).



## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 Congruencia de la Metodología

Este capítulo presenta el diseño metodológico que describe como se realizó la investigación. La metodología que se consideró a utilizar es el estudio de caso basado en Llopis y Rodrigo (2008), y Expósito (2015) esta investigación de estudios es interactivo y que conlleva la visitas y debate con un amplio número de partes interesadas, incluyendo grupos comunitario. Esta estrategia es complementada por una revisión de elementos tanto nacionales como internacionales, haciendo el análisis y desarrollar la investigación tomando en cuenta diferentes ámbitos.

Los recursos geotérmico de baja entalpia, son de mucha importancia y de gran explotación en otros países, haciendo usos directos o con bombas de calor en diferentes sectores productivos; Invernaderos, acuacultura, deshidratado de frutos, secado de madera como también en calefacción y refrigeración en industrias y viviendas

La estrategia metodológica de la presente investigación comprendió varios pasos, identificadas principalmente en cuatro fases:

- Recopilación bibliográfica
- Trabajo de campo
- Análisis de rubros productivos y alternativas de utilización de la geotermia
- Elaboración de un diseño de uso de las manifestaciones con un rubro productivo

La tabla 7 metodologías de la investigación comprende las fases que conllevara al desarrollo del estudio de las manifestaciones de baja entalpia en Honduras con el objetivo de identificar los potenciales usos productivos.

**Tabla 7. Metodología de Investigación**

<b>Fase</b>	<b>Finalidad</b>	<b>Etapas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Técnicas</b>	
Investigación	Localización de la zona y Evaluación del recurso	Documentación	Antecedentes	Evaluación de los datos y mapas sobre Geotermia de la ENEE	
			Planificación de las etapas	Recomendación de métodos para ubicar los productivos apropiados	
		Analizar los estudios Geológicos e hidrológicos	Características	Información Geotérmica	
			Identificar los potenciales del recurso	Gira exploratoria y de identificación de rubros productivos	
			Identificar y fijar los puntos de exploración		
		Estudio de la demanda e identificación de alternativas tecnológicas	Analizar la demanda energética de las tecnologías utilizadas en los rubros productivos	Potencia a suministrar	Estudio de la temperatura de la manifestación hidrotermal en función de la importancia de la instalación
	Comportamiento térmico del suelo			Dimensionamiento de Bombas de calor	
	Tipo de instalación de aprovechamiento			Distribución de consumo de energía, Calefacción, ACS, Refrigeración, Climatización o Proceso industrial	
	Horas de Funcionamiento				
	Modalidad de la demanda				
	Soluciones técnicas		Tipos de instalaciones geotérmicas	Tipos de colectores	Tipos de colectores
				Estudio de las manifestaciones hidrotermales	Estudio de las manifestaciones hidrotermales
				Análisis del rubro productivo	Análisis del rubro productivo
				Exploraciones en los casos correspondientes	Exploraciones en los casos correspondientes

Fuente: Elaboración Propia, 2017

### 3.2 Enfoque y Método

Partiendo del inventario de manifestaciones hidrotermales en la zona sur de Honduras, se han identificado una serie de sitios con potencial de uso directo y a la vez este recurso pueda ser utilizado en procesos de transformación o dar valor agregado a los productos que se cosecha en las zonas de estudio.

### 3.3 Inicio de la investigación del estudio de caso

#### 3.3.1 Revisión documental

Para definir los objetivos de la investigación se necesita conocer y documentar los antecedentes de la geotermia e investigaciones desarrolladas a nivel mundial, también los estudios en Honduras relacionados con el tema. La revisión bibliográfica se realiza utilizando fuentes como libros, artículos, encuestas, recursos en internet, como materiales no publicados, puestos a disposición del investigador; informes, evaluaciones y mapas, que sustentan una base para dar un rigor científico a la investigación.

El trabajo se centra en la identificación de manifestaciones hidrotermales de baja entalpía que estén próximas a un rubro productivo o industria con el objetivo que los recursos puedan ser utilizado en los procesos que desarrollan, los cuales pueden ser calefacción o sistemas de enfriamiento. Para esto se identificó tecnologías que apliquen al uso de la geotermia como las bombas de calor o uso directo.

#### 3.3.2 Establecer relaciones con contactos clave

Para obtener una investigación con los puntos de vista de investigadores que han estudiado la geotermia en el país se establecieron acercamientos técnicos con distintos actores como ser: técnicos especialistas y consultores de empresas, instituciones y cooperantes internacionales. La importancia de las relaciones con los contactos nos permite acceder a fuentes de información de primera mano, conocimiento en campo de los sitios de interés, a la vez de entrevistas con especialistas y beneficiarios.

### 3.3.3 Colaboradores en situ

La identificación de los colaboradores en campo de instituciones gubernamentales y empresas privadas que brindan asistencia técnica en las regiones y que facilitaron los acercamientos con beneficiarios, dueños de los terrenos donde se encuentran las manifestaciones, industrias de la zona aplicaciones de geotermia en procesos y usos productivos.

### 3.3.4 Preparación de la visita de Campo

La metodología a emplear en la visita de campo tiene una serie de elementos:

- Revisión de bibliografía recolectada.
- Priorizando los puntos con las manifestaciones que cubran con los aspectos necesarios para el aprovechamiento en usos productivos.
- Programación de la gira coordinada con el contacto local con fecha, hora, punto encuentro, permiso a empresas y propietarios de las tierras en que se encuentran manifestaciones.
- Utilización de programas de la web que permita observar las condiciones y la zona donde se encuentra las manifestaciones (rutas, accesos y áreas productivas en el entorno).
- Hacer uso de equipos y herramientas que permitan el levantamiento de información primaria como ser: cámara fotográfica, termómetro, GPS, bitácora de campo.

## 3.4 Realización de la Visita

La investigación se realizó identificando y localizando las 51 manifestaciones geotermiales en todo el país según inventario de la ENEE, de las cuales se seleccionaron de acuerdo a la temperatura, las que poseen menos de 100 grados centígrados, tomando en cuenta las

clasificaciones de la geotermia de acuerdo a su entalpía. Esto para analizar en qué procesos se puede implementar tecnologías según demandas energéticas de las industrias.

#### 3.4.1 Visita de Campo

De las 51 manifestaciones se priorizaran al menos 2 ubicadas en la zona sur y norte de Honduras las cuales cubran los parámetros establecidos junto con los aportes técnicos de especialistas entre las cuales están:

- Temperatura de baja entalpía (30°C a 100° C) a nivel superficial.
- Ubicación respecto a usos productivos
- Distancia de la fuente geotermal a un área productiva para ser aprovechada en los procesos industriales.
- Caudal de la fuente hidrotermal.
- Influencias sobre el entorno

Además de las variables antes mencionadas, se debe tomar en cuenta las condiciones del entorno, floraciones visuales de la geología predominante del lugar, aprovechamiento que se le esté dando a los fluidos hidrotermales (balneología y otros), caminos de accesos, ubicación, vegetación local, afectación de la temperatura de la manifestación en la flora y sobre todo la clasificación del tipo de anomalía.

#### 3.4.2 Trabajo con los contactos locales

A través de los contactos locales se establecieron los acercamientos para las visitas a las manifestaciones que permitirá obtener los permisos a terrenos en donde se encuentran las fuentes

hidrotermales, a la vez agroindustrias y productores que demanden de calor o la cadena de frío en sus procesos productivos.

#### 3.4.3 Registro de la información

La información recabada en la visita fue escrita en la bitácora de campo utilizada como un instrumento de levantamiento de información. Se actualizarán los puntos de manifestaciones geotérmicas con GPS a la vez se identificarán las áreas productivas que se encuentren en el entorno de la fuente hidrotermal.

#### 3.4.3 Reunión con los contactos claves

Posterior a la visita de campo se debe realizar un análisis de la información recabada y discutirla con los actores integrados a la investigación para poner enriquecer con sus aportes al estudio.

Stott & Ramil, (2014) menciona que la entrevista libre permite al entrevistador tener una riqueza en la información por parte del entrevistado.

### 3.5 Confección del Estudio

#### 3.5.1 Triangular y sintetizar los datos

“La triangulación de datos está relacionada con sintetizar datos y comprobar la validez de la información recopilada por un investigador” (Stott & Ramil, 2014, p. 22).

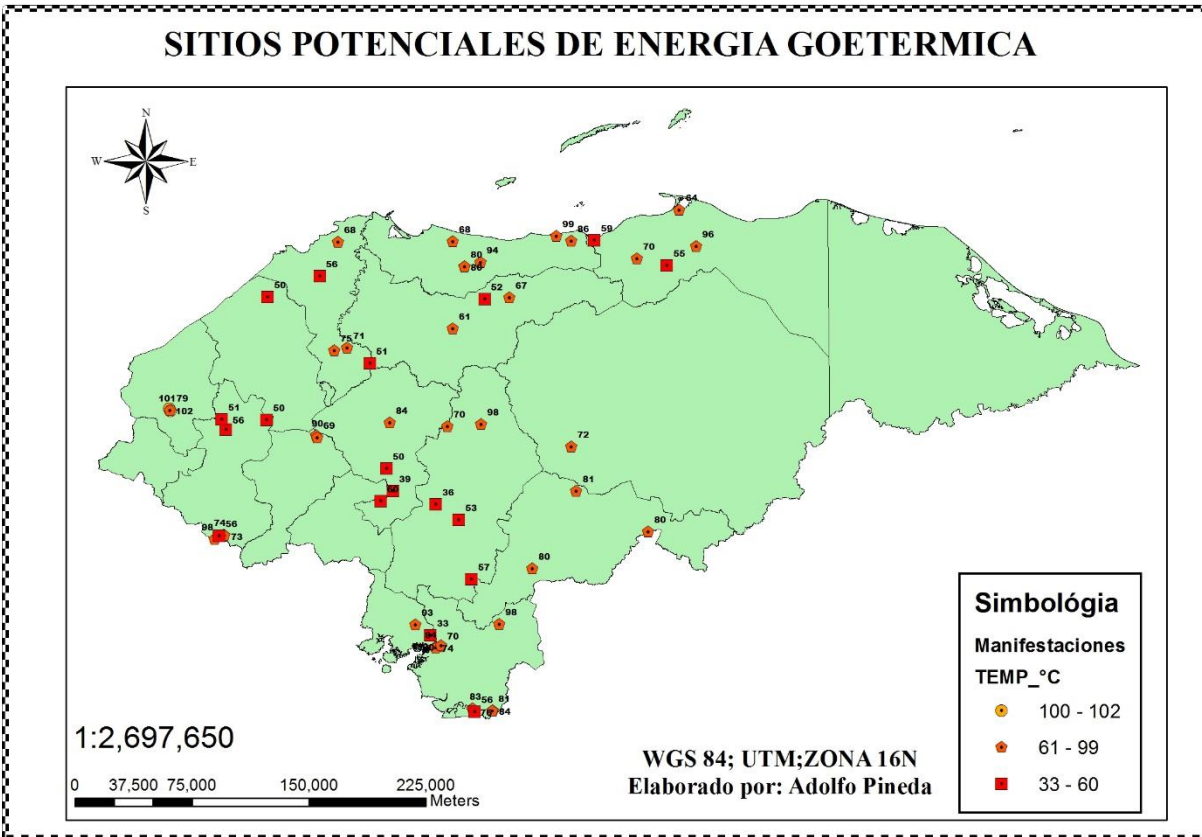
### 3.5.2 Elaboración de un diseño

Stott & Ramil, (2014) menciona una vez que los datos hayan sido triangulados el investigador deberá de redactar sus conclusiones, durante el proceso de revisión deberá tener una alta participación con colegas, asesores y contar con un panel de expertos en el tema o área de estudio con capacidad de comentar de un modo crítico y confirmar los resultados.

### 3.6 Alcance de la Investigación

Honduras cuenta con manifestaciones en diferentes regiones del país (figura 11) siendo la zona sur que presenta un potencial geotérmico para la implementación de usos directos en las actividades productivas.

Se planificaron dos visitas a la zona de estudio a realizar exploraciones de campo con el propósito de levantamiento de información e identificación de las industrias que demanden de energía en sus procesos de transformación de sus productos. El objetivo del estudio es identificar al menos dos casos que permita la aplicación de la geotermia de baja entalpia y recomendar las alternativas tecnológicas para el uso adecuado del recurso y contribuir a la eficiencia de las industrias.



**Figura 11. Potenciales de Energía Geotermia en Honduras.**

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.7 Limitantes del estudio

Esta investigación presenta retos particulares debido a la poca información disponible sobre la geotermia en Honduras específicamente. Por lo se presentan algunas limitantes del estudio:

- Los equipos e instrumentos de medición que permitan el levantamiento de información puntual de las manifestaciones.
- El costo de investigación facilitado por actores o instituciones que de manera constante se genere información desde el muestreo datos hasta el desarrollo de proyectos.
- La transferencia y aplicación de tecnologías en la geotermia de baja entalpia.



## **CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANALISIS**

### 4.1 Análisis de estudio de casos

Es importante destacar que la presente investigación es de tipo exploratoria, partiendo del supuesto que menciona, “Los estudios exploratorios se realizan, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (Sampieri, Collado, & Lucio, 2010, p. 79), por tanto el trabajo realizado y datos recolectados sirvan como apoyo a nuevas investigaciones relacionadas con el tema que en desarrollo.

### 4.2 Análisis de Manifestaciones de baja entalpia

Basado en el inventario Nacional Geotérmico se seleccionaron 51 manifestaciones hidrotermales de baja entalpia menores a 100°C. (Ver anexos 1), el estudio consistió en la identificación y verificación de cada fuente hidrotermal, analizar los parámetros previamente definidos por investigaciones realizadas anteriormente por entes estatales y privados en los cuales se han estudiado las variables como; localización de las fuentes, temperatura superficial del fluido y conductividad.

Después de hacer un análisis a nivel nacional relacionando las fuentes hidrotermales con industrias productivas cercanas a la misma, se identificaron dos casos en la zona sur en los cuales se desarrolló la investigación. El primer caso se identificó en la comunidad de Agua Caliente Pavana en el Departamento de Choluteca una industria de procesamiento de productos lácteos de manera artesanal, está ubicada a 231 metros de la manifestación con registro CHO12; El segundo

caso está ubicado en la comunidad del Rosario Nacaome Departamento de Valle, relacionado con una industria de producción de piscicultura con geomembrana ubicada a 740 metros de la fuente hidrotermal con registro VAL04. En ambas zonas se puede hacer el aprovechamiento del calor de las fuentes antes mencionadas.

#### 4.3 Análisis de actores claves en la investigación

Con el propósito de obtener diferentes puntos de vista de la geotermia de baja entalpia en Honduras se realizaron entrevistas libres o no estructuradas a investigadores y personas con conocimientos amplios sobre el tema. Los acercamientos fueron fundamentales para la investigación, de acuerdo a las diferentes posturas, trabajos y acciones de cada uno de los actores. Encuentros, diálogos e intercambios de información que se desarrollaron de forma oral o escrito, con los diferentes actores representan una importante fuente de información y con un aporte clave para el estudio realizado. En resumen el siguiente cuadro representa los actores que participaron en la investigación.

**Tabla 8. Actores Clave**

<b>Actores clave</b>	<b>Participantes</b>	<b>Entrevistas realizadas</b>	<b>Cargo/Rol</b>
Entes del gobierno	DICTA	Ing. Miguel Mercado	Jefe Regional de Choluteca
	ENEE	Ing. Miguel García	Técnico Investigador
	Academia	Ing. Luis Castillo	Agroindustria
Consultor / Experto	Consultor privado	Cesar Flores	Consultor
	GIZ-4E	Christoph Frenkel	Asesor Técnico/fomento de la Geotermia en C.A.

Fuente: Elaboración Propia, 2017

#### 4.4 Selección del estudio de caso

A partir del análisis de la información y ayuda de los expertos se determinó realizar visitas de campo para identificar sitios con potencial para aprovechamiento de usos directos en aplicaciones productivas.

##### 4.4.1 Visita de Campo

Junto con los actores locales de SAG-DICTA, la Cooperación Alemana (GIZ-4E) y ENEE, se visitó del 28 al 30 de agosto del 2017 los puntos de geotermia en los departamentos de Choluteca y Valle del sur de Honduras, con apoyo de herramientas de posicionamiento geográfico se planifico las visitas a las manifestaciones en la zona con el propósito de identificar industrias que demanden de aplicaciones de frio o calor en sus procesos productivos.

Del total de las manifestaciones recorridas se identificaron 2 usos potenciales de la aplicación de uso directos en las industrias de Producción de Tilapia en Nacaome Valle y la producción de lácteos en Pavana Choluteca.

Para delimitar el uso de la fuente hidrotermal se tomó como referencia un radio de 2 km para identificar las industrias adyacentes a la manifestación. En estas industrias se aplicaron entrevistas semi-estructuradas que permitió conocer la capacidad productiva, funcionamiento y flujo de procesos.

Se levantó una ficha técnica (ver anexos) que incluye los aspectos importantes de la manifestación y el uso productivo de la industria, en caso de estar dentro del rango determinado de distancia permitió la recopilación de la información basados en parámetros de consumo de

energía, maquinaria y equipo, fuente de energía utilizada, y actividades en las que requieren energía.

Las manifestaciones hidrotermales presentes en el departamento de Choluteca (figura 4), se realizó reconocimiento de campo de cada punto geotérmico con el propósito de identificar industrias que necesiten energía para la transformación de sus productos. Lo cual se determinó siguiendo los parámetros ya establecidos.



**Figura 12. Manifestaciones Hidrotermales en Choluteca.**

Fuente: (Elaboración Propia, 2017).

#### 4.5 Caso de industria de Lácteos

##### 4.5.1 Reseña de la industria

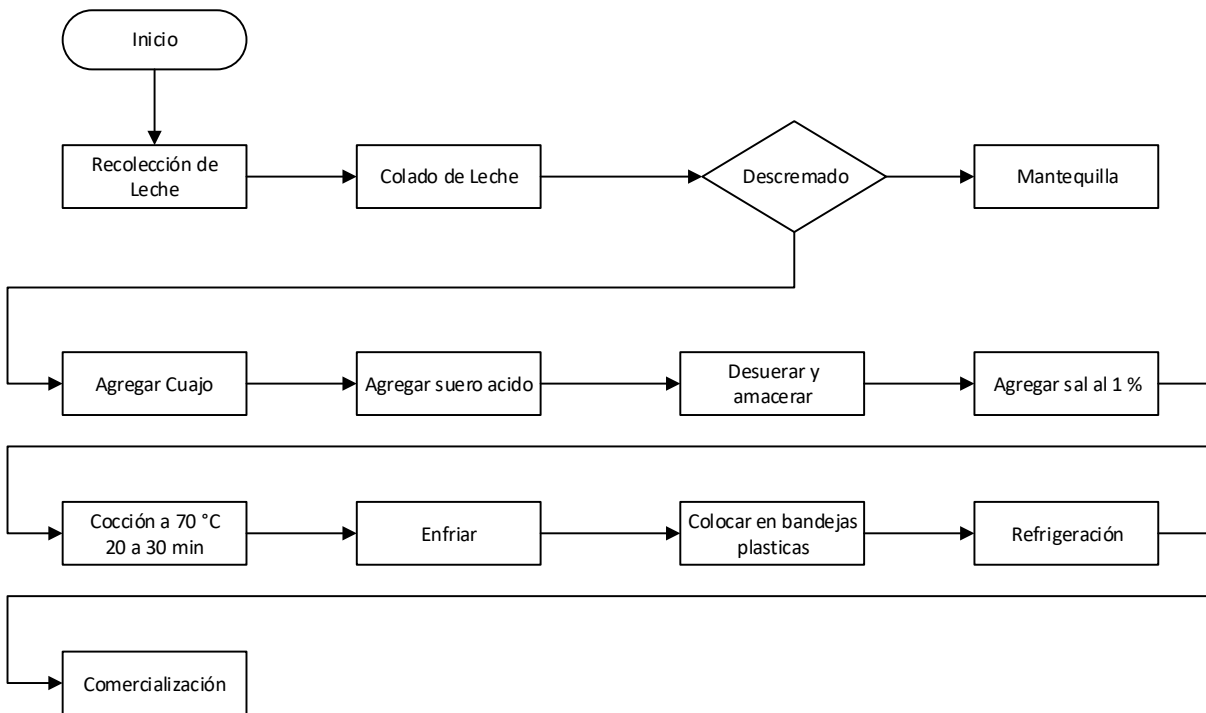
Se identificó una industria de lácteos en la comunidad de Agua caliente con coordenadas N 13.4041°; W 087.31683°, a una altura sobre el nivel del mar de 40 metros. Está ubicada a 50

metros de distancia al lado izquierdo de la CA1, en sentido hacia la ciudad de Choluteca antes de llegar al puente de Pavana tomando el desvío de terracería.

Es una industria familiar dedicada exclusivamente a la producción de quesillo y mantequilla de forma artesanal. El génesis del proceso de lácteos surge con la migración de la Familia Corrales de la comunidad de Tapatoca, con el objetivo de encontrar un nuevo mercado y zonas de producción de materia prima en este caso la leche, para desarrollar su microempresa, lo cual inicio en el año 1981 por lo cual esta tiene 36 años en operación que ha sido el medio de vida de la familia.

#### 4.5.2 Sistema Productivo de Lácteos

El productor José Gustavo Corrales es un procesador de leche que elabora lácteos de manera artesanal en su microempresa con una capacidad de procesamiento de 600 litros diarios de leche que la obtiene de su finca y compra a los productores locales, de la cual produce 42 libras de mantequilla y 120 libras de quesillo. Actualmente se procesa la leche a través de una descremadora eléctrica donde se extrae del 40 al 60% de grasa que contiene la leche para la elaboración de mantequilla; la leche descremada se procesa para la elaboración quesillo este requiere una temperatura de 70 °C para la cocción que se realiza través de un fogón tradicional



**Figura 13. Flujograma de Elaboración de quesillo**

Fuente: (Elaboración propia, 2017)

#### 4.5.3 Descripción del proceso elaboración de quesillo

El quesillo es un producto de pasta hilada que se obtiene mediante una coagulación mixta dando como resultado una cuajada con aspecto huloso que favorece al momento de su cocción, la leche para el desarrollo de este producto se calienta hasta una temperatura de 35-37 °C.

Luego se pasa a la tina se utiliza de cuajo enzimático, el 25% del total para cuajar leche de manera normal y se usa 30-40% de suero ácido a una titulación de 160°D. el suero ácido se va agregando de tal manera que el complejo de caseinato se va separando de la parte hidrolítica de la leche y a la vez se va agitando la pasta de una manera suave pero constante, cuando empieza a observarse una clara separación del complejo de caseinato de calcio y suero de apariencia fuertemente blanquecina se deja de agregar suero ácido y se está agitando de manera suave pero

constante. Esta acción dura aproximadamente entre diez a quince minutos, procurando de no romper la pasta, cuando se ve una clara separación del complejo caseinato ya formado con respecto al suero que es de color amarillento con una leve coloración verdosa gracias a la riovoflamina que esta adherida a los glóbulos de grasa es cuando empieza el desuerado.

La pasta tiene una consistencia ligeramente elástica, al separar pequeñas partes de la pasta del resto, se observa la formación de hebras de aproximadamente dos milímetros de grosor y cinco milímetros de largo, se desuera hasta alcanzar una mayor consistencia de la pasta con respecto al inicio (aproximadamente el doble de fuerte que la pasta inicial).-si en esta parte las fibras son demasiado suave se agrega agua a 45°C o el mismo suero se saca para calentarlo a esta temperatura y se deja reposar la pasta durante 5-10 minutos hasta observar una pasta de apariencia fibrosa.

El desuerado en la primera fase se hace colocando un pazcón dentro de la tina y sacando el suero que está, se hace con el fin de evitar agitar la pasta, luego se coloca una rejilla para separar la pasta y el suero cuando los grumos de cuajada están asomando en la superficie, seguidamente se lleva la pasta a la parte superior de la tina con la rejilla y se procede a dejar que drene el suero abriendo la válvula de la tina y colocando un pazcón para recuperar la pasta que se escape por la rejilla, se procede a quitar la rejilla del desuerado y se hace un canal en el centro de la pasta para hacer el desuerado manual de una manera lenta y fuerte pegando a los laterales de la tina la cuajada, esta operación se deja de realizar cuando se observa que está saliendo un suero con restos de caseína (suero blanco).

Se procede al amasado y a la vez se le va agregando la sal al gusto (no excediendo de media libra por cada 100 litros de leche). Si queda la cuajada falta de sal y se está procediendo a la cocción este es el momento en que se procede a agregar el resto de sal, esparciéndola por toda la cuajada a medida que se cuece la pasta.

La cocción se realiza de tal manera que la cuajada va adquiriendo una consistencia elástica, se introduce la pasta en el recipiente destinado para la cocción, se encienden las hornillas con una llama no tan fuerte hasta que estas alcancen una coloración azul eléctrico suave, de esta manera estamos asegurándonos que hay una buena combustión del gas con respecto al aire de su entorno, introducimos la cuajada en el recipiente para cocción de pasta de quesería.

Dejar reposar durante un par de minutos hasta observar que la cuajada se va fundiendo y hay un ligero desprendimiento del suero, en este punto se empieza a mover con la paletilla para cocción de pasta de tal manera que se van realizando movimientos de afuera hacia adentro de la cuajada pasando por todo el contorno de la pasta, cuando ya se observa una apariencia levemente lisa es cuando con la paletilla de cocción se empieza a envolver la pasta de adentro hacia afuera de la masa, primero recogiendo la pasta del contorno de tal manera que toda quede en el centro del recipiente para cocción

La paletilla se introduce en la parte frontal de la masa hasta cruzar al otro lado de la pasta se va levantando con vigor y esta operación se está repitiendo hasta formar hebras de la pasta ya cocida de un metro de largo, se estira la hebra de su parte de en medio de adentro hacia afuera y



tiene que formar una cortina similar a una lira esto indica que la pasta ya está cocida, si hay restos de suero someterla cinco minutos más a cocción.

Luego se apaga a la hornilla y se sigue agitando levantando la pasta haciendo movimientos vigorosos como en el hilado con la diferencia que en esta parte la pasta esta sostenida, se hacen movimientos de zig-zag buscando a envolver el resto de pasta que queda en el recipiente, esto se hace con la finalidad de enfriar la pasta y a la vez adquiere una textura plastificante (brillante y elástica) cuando ya adquiere una textura no tan fácil de hilar por la pérdida de calor que sufre al momento de darle textura se pasa a una paila para que enfrié a temperatura ambiente y luego almacenarla a temperaturas de refrigeración

**Materiales:**

- Perol
- Cuajo microbiano
- Suero acido.
- Paleta de madera
- Tina
- Paila plástica
- Sal

**Procedimiento:**

- Agregar a la leche el 25% del total de cuajo para queso fresco (25ml/100)
- Dejar que el cuajo actúe durante 2-5 minutos

- Adicionar poco a poco el suero acido.
- Estar agitando la leche de manera lenta con paila y seguir adicionando suero y a la vez agitando de manera suave hasta ver una clara separación de fases
- Cuando se observe la separación del suero verdusco de los grumos de cuajada dejar de adicionar el suero acido.
- Acentuar la cuajada en el fondo de latina de manera suave y constante o apilarla al lado superior de latina
- Separar la cuajada del suero
- Amacerar
- Adicionar sal al gusto 1-2 libras por cada 100 litros de leche
- Someterla a proceso de cocción lenta durante 10 minutos hasta formar hebras de aproximadamente 1 metro de largo
- Enfriar en mesa buscando que las hiladas sean más fuertes que las formadas en la cocción.
- Colocar la pasta en paila plástica y dejar que enfrié a temperatura ambiente
- Refrigerar.

#### 4.5.3 Relación manifestación geotérmica-industria láctea

La industria de lácteos se encuentra a una distancia de 231 metros del punto de geotermia CHO12 ubicado en la aldea Agua Caliente que es una de las manifestaciones geotermiales más representativas en el país tipo fumarolas que alcanza temperaturas de 101 °C figura 14. Según datos de la población hay evidencias al hacer excavaciones máximo de 1 a 2 metros en el predio

presenta manifestaciones de agua con temperaturas mayores al ambiente la cual permite el aprovechamiento del recurso en la agroindustria láctea.



**Figura 14. Industria de lácteos junto a manifestación CHO12 en Pavana.**

Fuente Elaboración propia.

Se realizó una segunda visita para recolectar datos más técnicos de las industrias identificadas en exploraciones anteriores, esta se llevó a cabo el día 16 de noviembre del 2017. Con el propietario de la procesadora se realizó una inspección en el predio de su casa que con su experiencia ha determinado que hay agua caliente al realizar excavaciones a poca profundidad. Se realizaron tres excavaciones en el terreno a 0.30 metros de profundidad donde se observó mucha humedad y aflora agua caliente, la muestra con coordenadas N 13.40425; W 087.31723 ha 33 metros sobre el nivel del mar, se realizaron cuatro mediciones con una temperatura promedio de 68 °C y a una distancia de 40 metros del fogón tradicional donde elabora el proceso de cocción del quesillo. En 10 metros lineales se hicieron dos muestreos más donde se identificaron temperatura

de 44 y 38 °C, muy arriba de la temperatura ambiente; cabe recalcar que estos datos se tomaron a las 5 de la tarde.

Dentro de predio de la casa del vecino de la familia Corrales se encuentra un pozo malacate con profundidad de 3 metros con coordenadas N 13.407069°; W 087.317236° a una distancia de 54 metros de la cocina tradicional de cocción del quesillo figura 15.



**Figura 15. Polígono del terreno de industria láctea.**

Fuente: Elaboración Propia.

También se identificó otra manifestación cerca de río debajo del puente de la calle antigua de la CA1 con coordenadas N 13.40283°; W 087.31648° a 26 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 151 metros de la industria láctea donde se tomaron datos de temperaturas de 75°C.

Se georreferenciaron las manifestaciones presentes al entorno la industria se identificó 4 presencias de nacimientos hidrotermales en un radio de 140 metros lo cual representa una zona de influencia del pozo geotérmico



**Figura 16. Influencia geotermal al entorno de la industria láctea.**

Fuente: Elaboración Propia.

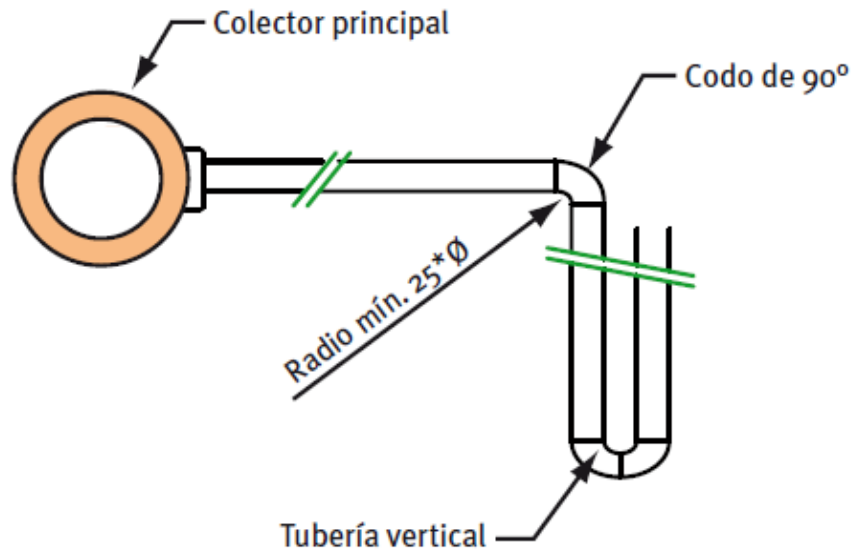
#### 4.5.4 Triangular y sintetizar datos

La manifestación MC2 que se encuentra en el predio de la microempresa de lácteos, cuenta con las características de temperatura de 68 °C a nivel superficial, aceptable para ser implementada en la producción de queso a través de un intercambio de calor que transmitiría al área de procesamiento por lo que reducirá el uso de leña en la preparación del lácteo.

La elaboración de queso demanda de una temperatura entre los 60 -70 °C por un periodo de tiempo de 20 a 30 minutos por cocción, el productor para elaborar las 120 libras realiza 3 a 4

cocciones por día de los 600 litros de leche, para determinar la demanda de energía de la industria es de 1.5 horas de uso efectivo de la hornilla.

actividades productivas dentro de un radio definido se encontró que las áreas productivas de la microempresa de lácteos



**Figura 17. Diseño de intercambiador de calor.**

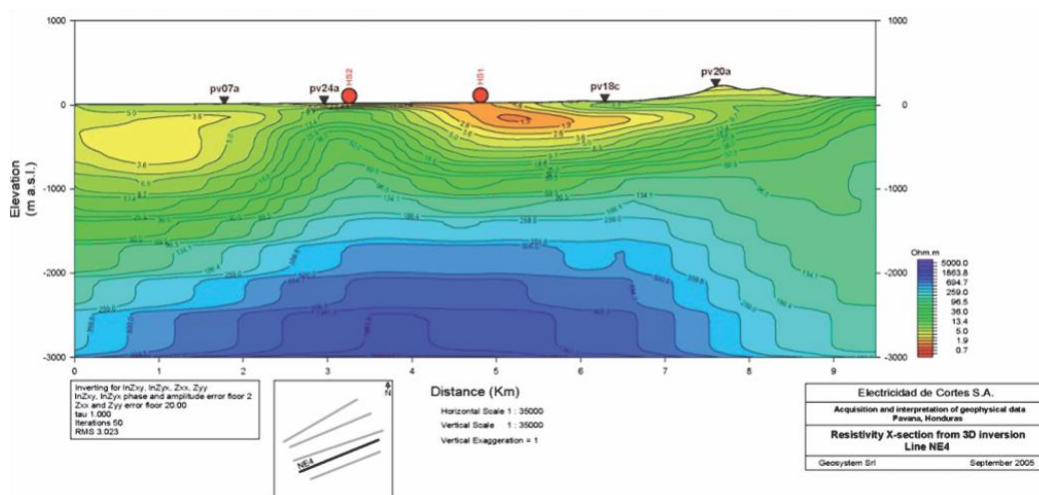
Fuente: Guía técnica de intercambiador de calor.

#### 4.6 Manifestación de geotérmica de Pavana

Estudios de reconocimiento en geotermia realizados en el país, indicaron que el campo geotérmico de Pavana posee presencia de recursos potenciales en cuanto a su aplicación en generación de electricidad. GeoPower S.A, ha dedicado recursos para continuar con las evaluaciones del sitio y actualmente el proyecto se encuentra en etapa finalización de la factibilidad del mismo.(IILA, 2010, p. 152)

El área geotérmica de Pavana, esta región está subyacida por rocas volcánicas del Terciario Tardío. Los volcanes cuaternarios más cercanos están a 40 km al suroeste, donde la cadena de volcanes activos centroamericanos cruza la parte sur del Golfo de Fonseca. En la estructura del área de Pavana predominan las fallas normales de rumbo noroeste y de buzamiento suroeste. Las aguas termales aparentemente fluyen a través de las fallas normales y se cree que se calientan por circulación profunda en zonas de fallas dentro de un ambiente regional de elevado flujo de calor. El flujo natural de las manifestaciones del área geotérmica principal es de 3000 l/min a una temperatura de 60°C.(IILA, 2010, p. 153)

Sistemas geotérmicos de baja entalpía podrían asociarse con permeabilidades verticales a lo largo de la zona de fallamiento, o a lo largo del alto resistivo. Esto sugiere la posibilidad de que el alto resistivo se deba a la mineralización de cuarzo o calcita a lo largo de la zona de fallas noroeste, pasando directamente más hacia el oeste de las dos áreas de manifestaciones termales. Figura



**Figura 18. Perfil de resistividades para la zona de Pavana.**

Fuente:(IILA, 2010).

La caracterización de las aguas del campo geotérmico de Pavana. La temperatura medida en fuentes con evidente termalidad está en el rango de 65 a 92°C y en las fumarolas aproximadamente 101 °C, el pH de ambas varía entre 6.0 y 8.0.(IILA, 2010)

#### 4.7 Alternativa-con la manifestación MC1

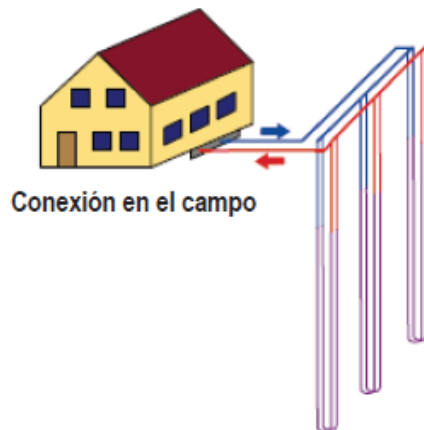
Se identificó en el predio de la vivienda la manifestación denominada MC1 con coordenadas N 13.40425; W 087.31723, que registro una temperatura promedio de 68 °C a una distancia de 40 metros del fogón tradicional donde elabora el proceso de cocción del quesillo.

El aprovechamiento de este recurso reúne condiciones adecuadas para ser implementadas a través de un sistema cerrado de intercambiadores verticales con sondas geotérmicas Figura 18, que requiere de una excavación y un pequeño diámetro en los que se introduce colectores de calor o un doble tubo en los casos más sencillos por los que circula el fluido termoportador.

La transferencia de calor entre el fluido termoportador y el terreno es transferido por convección a los conductos se debe rellenar de un material que favorezca la transmisión de calor en este caso puede ser arena o grava. La instalación de circuitos cerrados permitirá transferir el calor a una cocina que opere con el recurso geotérmico captado.

La perforación para colocar serpentinas verticales que funcionan de colectores de calor y de esta manera aprovechar en los procesos.





**Figura 19. Intercambiadores Verticales con sondas geotérmicas.**

Fuente:(PROMOEENER-A, 2009).

#### 4.8 Caso de industria de piscicultura

##### 4.8.1 Reseña de la industria

Se identificó una industria de tilapia en la comunidad de El Rosario con coordenadas N 13.53551°; W 087.46560°, a una altura sobre el nivel del mar de 25 metros. Está ubicada a 10 metros de distancia al lado izquierdo de la CA1, en sentido hacia Nacaome después del puente del río Nacaome, tomando el desvío de terracería por el puente peatonal.

Es una industria familiar dedicada exclusivamente a la producción de tilapia en estanques de geo membrana. La industria nació hace dos años, el primer año se desarrolló la infraestructura y el segundo entro en operación.

En el transcurso de un año en operación han tenido mortalidad de peces por varios factores, estando más vinculado al agua de pozo que tiene una temperatura de 33°C permanente, según muestreos diarios que se realizan. Otros factores como la cantidad de oxígeno y amonio están relacionadas con la temperatura, al subir esta aumenta las concentraciones de amonio que es muy

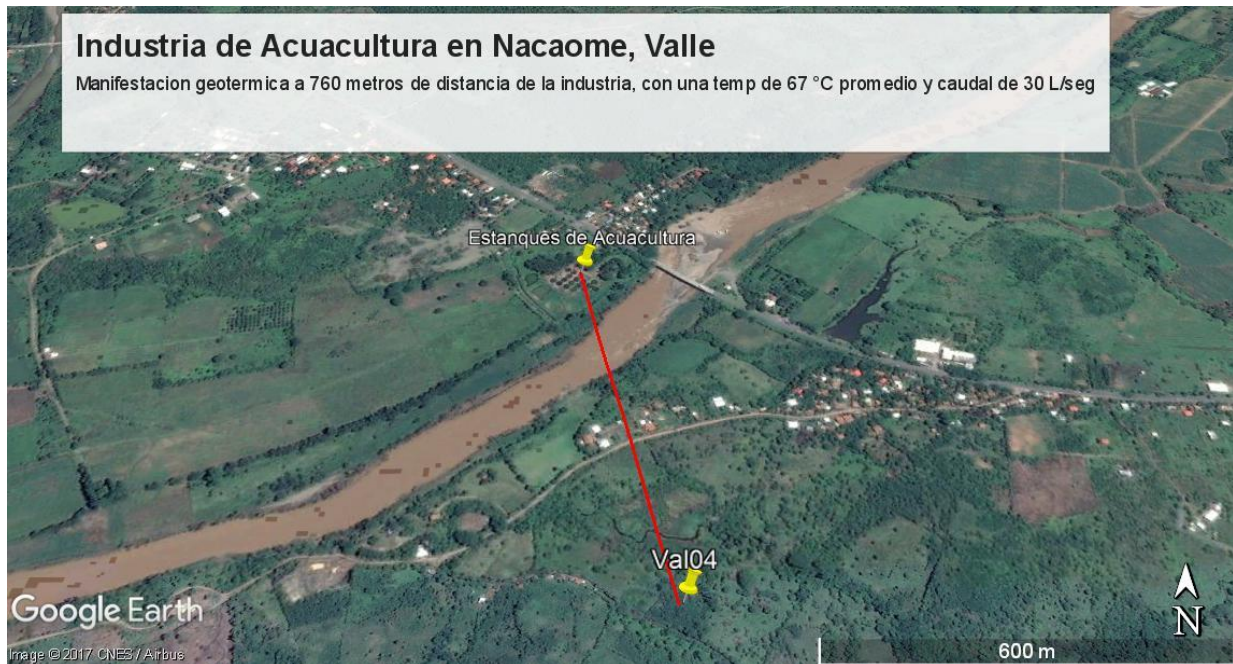
toxico para los peces. La mortalidad ha sido de 300,000 peces de diferentes edades a un costo de siete lempiras por unidad, en total la pérdida es de 2, 100,000 lempiras en un año.

En la comunidad del Rosario en el municipio de Nacaome, en el departamento de Valle se encuentra el proyecto de cría y engorde de tilapia, cuenta con una infraestructura de 30 estanques de geo membranas con una capacidad de 140 metros cúbicos cada uno, la demanda diaria de agua es de 4200 metros cúbicos de agua cada tres días para hacer cambio total del agua de los estanque y 450 metros cúbicos diarios para recambio y oxigenación del agua. El abastecimiento de agua es de un pozo perforado con capacidad de 50GPM y del rio Nacaome con capacidad de 300 GPM. El bombeo del agua se realiza utilizando energía eléctrica.

#### 4.8.2 Manifestación Hidrotermal

La industria de la producción de tilapia esta próxima a la manifestación VAL04 es una de las manifestaciones representativas ubicadas en el departamento de Valle con un caudal de 30 litros por segundo y una temperatura promedio de 67° Celsius a una altura de 35 msnm.

Entre los estanques del cultivo de tilapia y la manifestación se encuentra a una distancia de 760 metros con una diferencia de altura de 7 metros entre ambos sitios estando los estanques más bajo, siendo una alternativa para el aprovechamiento del recurso geotérmico en las actividades productivas de la piscicultura.

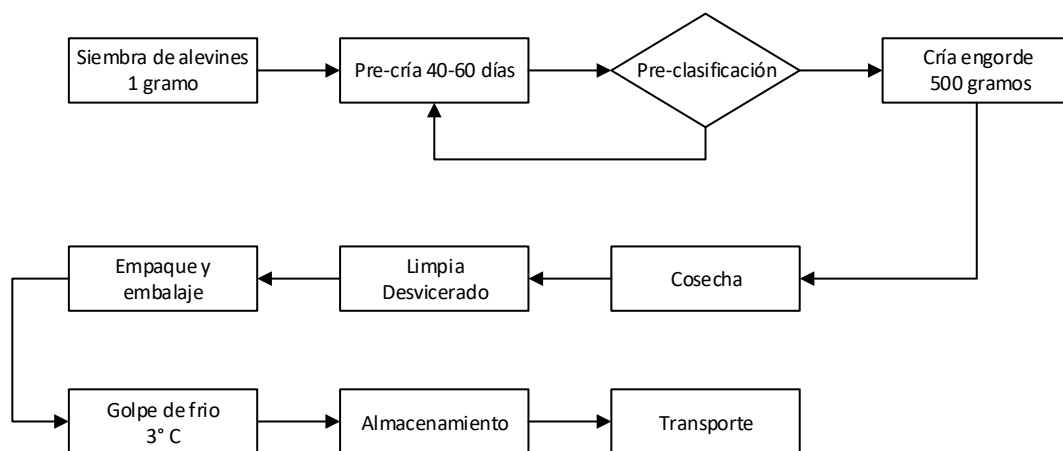


**Figura 20. Industria de piscicultura y manifestación VAL04.**

Fuente: (Elaboración Propia, 2017).

#### 4.9 Diagrama de flujo de la producción de tilapia

Para entender cómo funciona el proceso de producción (Figura 13), donde se identifican las diferentes etapas y actividades para tener un óptimo de producción, empezando con la cría de alevines hasta llevar el producto al consumidor final.



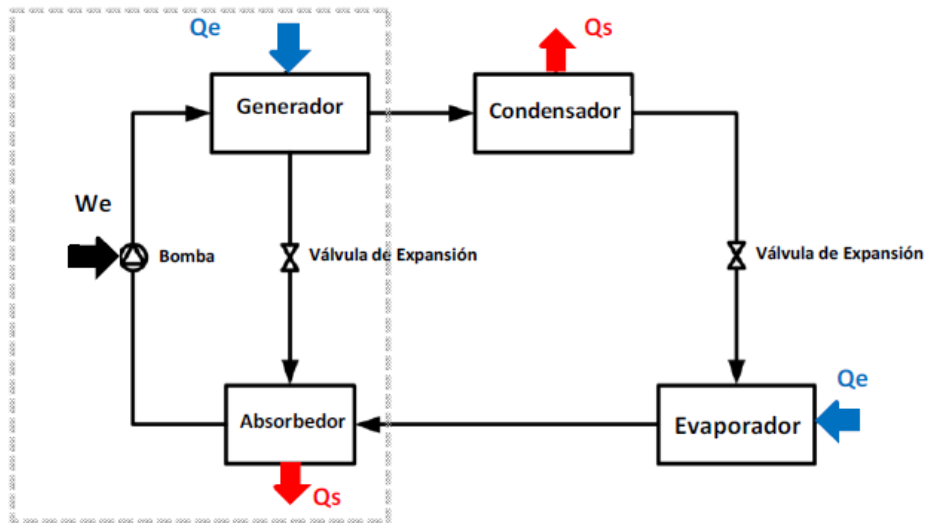
**Figura 21. Diagrama del proceso de la tilapia**

Fuente: (Elaboración Propia, 2017)

Las necesidades de frío para preservar el producto de calidad comienzan en la cosecha dando un golpe térmico a los peces para que mueran y hacer las actividades de desviscerado y limpieza. Para dar golpe térmico y almacenar la tilapia se demanda de una cadena de frío de 3° Celsius con lo que asegura la calidad y evitar que el producto no se dañe, como también permite almacenar y mejorar la competitividad.

#### 4.10 Sistemas de Refrigeración

Los sistemas de refrigeración por absorción implican la absorción de un refrigerante por un medio de transporte. El sistema de enfriamiento por absorción más utilizado es el sistema de amoníaco-agua que puede lograr una refrigeración menos de 0°C. El amoníaco (NH<sub>3</sub>) sirve como el refrigerante y el agua (H<sub>2</sub>O) es el medio de transporte. Otros sistemas de enfriamiento por absorción son los de agua bromuro de litio de que sirve para lograr un enfriamiento arriba de los 0°C.

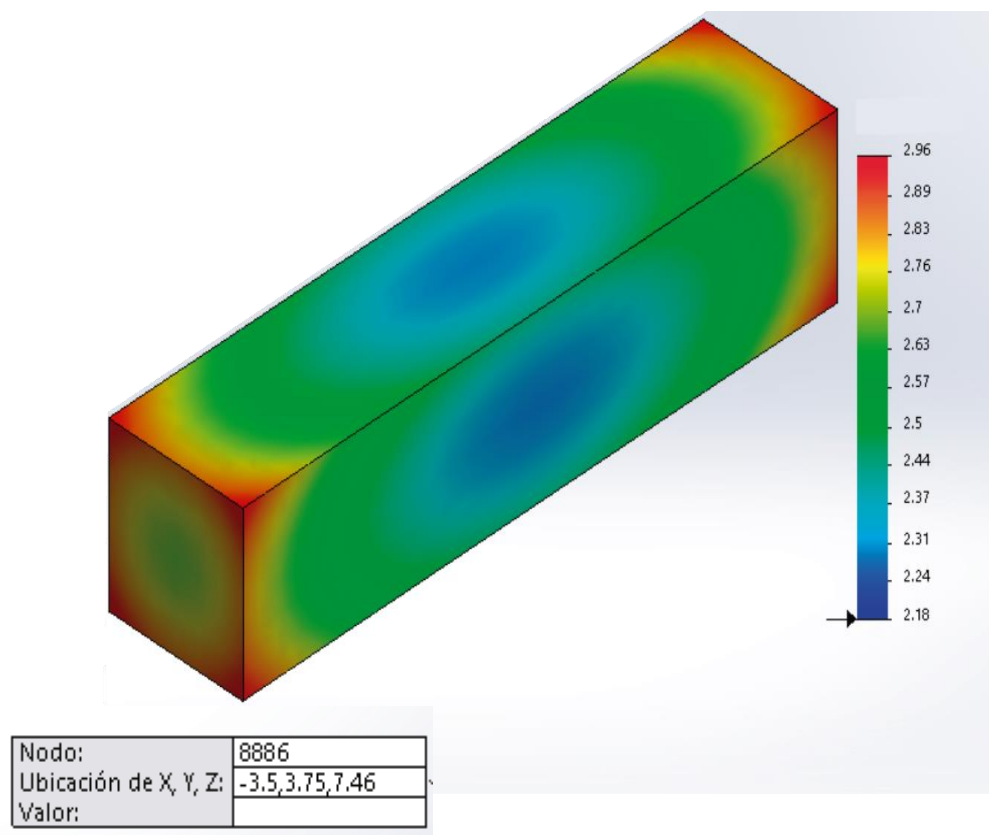


**Figura 22. Sistema de refrigeración por adsorción.**

Fuente:(Asturias, 2014).

#### 4.11 Cuarto frío para el almacenamiento de la tilapia

La cámara fría es un contenedor que es operada a través de una bomba de calor que permite brindar la cadena de frío de una manera sustentable aprovechando la energía del punto de geotermia VAL04.



**Figura 23. Cámara Fría.**

Fuente: (Abner Reyes & Núñez, 2015).

En la imagen anterior se observa el comportamiento térmico del volumen representando equivalente del contenedor del proyecto. La escala no representa grados de temperatura, si no diferencias térmicas de magnitud adimensional. Lo que quiere decir que la escala no tiene

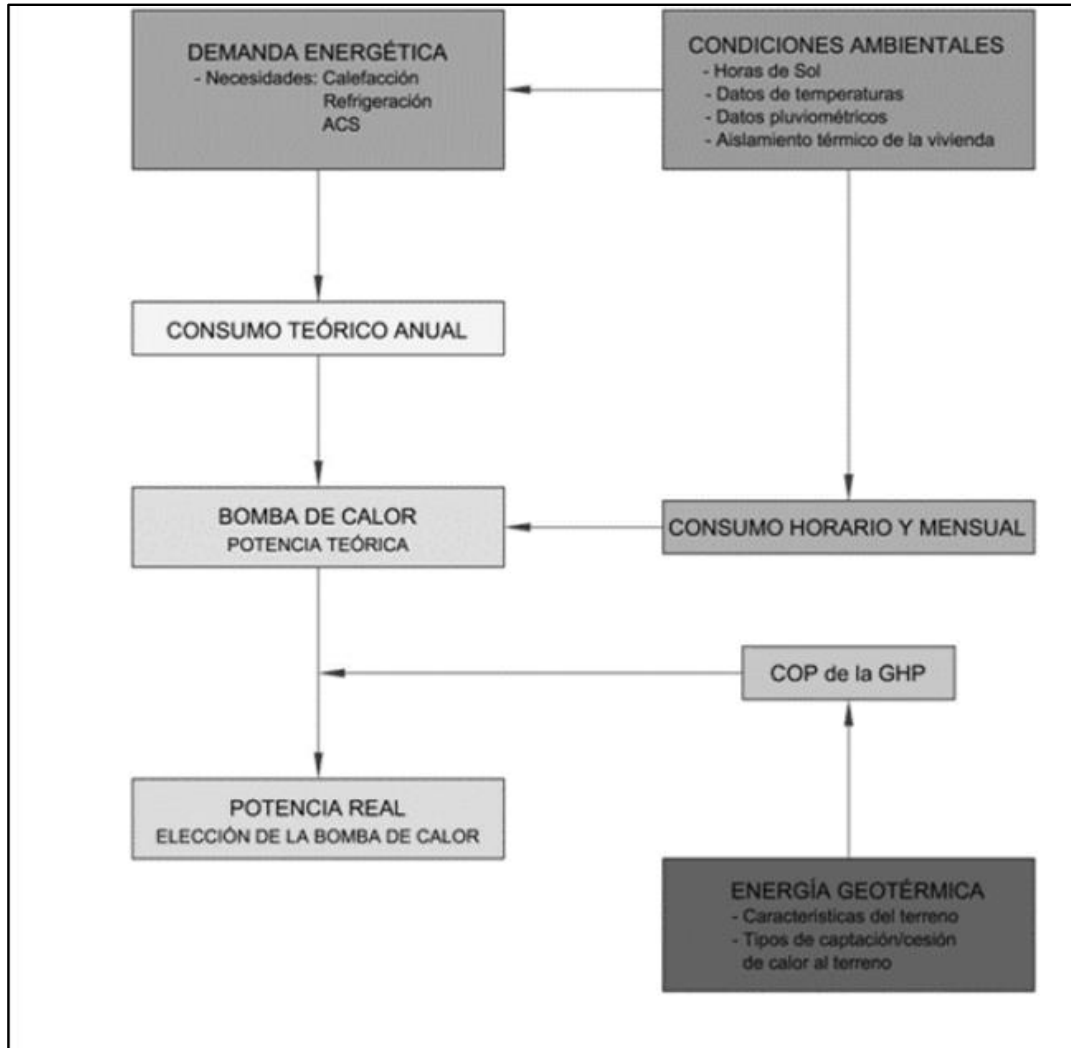
unidades, solamente representa diferencias térmicas entre los diversos puntos del volumen. Esto se debe a que es más relevante ver el comportamiento térmico de un volumen dado, en condiciones explícitas de incidencia térmica en cualquier condición.

Para mantener la temperatura constante de almacenamiento, es la carga eléctrica más importante que se debe suplir de energía eléctrica continuamente durante 24 horas al día. A continuación se muestra el cálculo del consumo energético de la cámara fría es de 2.8 kWh en total en 24 horas 67.2 kWh.

Teóricamente se requieren 67,200W al día para mantener el equipo de refrigeración operando. Esto es suponiendo que este funcione a máxima capacidad siempre. Sin embargo, hay dos comportamientos que se deben tomar en cuenta en cuanto a la unidad de refrigeración. El primero se refiere a cuando se alcanza la temperatura de trabajo establecida previamente según las necesidades requeridas. En ese momento la unidad de refrigeración deja de operar hasta que se adquiere la temperatura bajo el umbral de operación del ciclo de refrigeración. Es en ese punto cuando se vuelve a activar la unidad de refrigeración hasta alcanzar nuevamente la temperatura de trabajo y así continúa el ciclo.

Una vez que se establece cuál es la demanda energética que requiere el proceso, se comienza el dimensionamiento del sistema de energía renovable. Tomando en cuenta los factores climáticos que pueden afectar el funcionamiento del sistema a instalar.

#### 4.8 Parámetros y diseño de una bomba de Calor



**Figura 24. Etapas de dimensionamiento de una bomba de calor.**

Fuente:(LLOPIS & RODRIGO, 2008.).

La cantidad de energía que ocupa la industria para llevar a cabo todos los procesos de una manera eficiente. Esta se calcula de acuerdo el tipo de aparato eléctrico que se usa en el proceso, puede ser producción de calor o de frío de acuerdo a su demanda. En este caso se ocupa 67.2 kWh por día para que el sistema de enfriamiento funcione adecuadamente.

Dentro condiciones ambientales es importante conocer la meteorología del lugar, como horas de sol, datos de temperatura, pluviosidad y datos de la industria, estos son determinantes en el

dimensionamiento de la bomba de calor, porque pueden causar efectos significativos a la hora de realizar los procesos de una manera correcta.

**Tabla 9. Condiciones Ambientales en la zona de estudio**

Mes	Tempera	Humeda	Radiación	Presión	Velocida	Temperatu	Días-
	tura del		solar				
	aire	d relativa	diaria -	ca	Viento	suelo	enfriamie
	°C	%	horizontal	kPa	m/s	°C	nto
			kWh/m <sup>2</sup> /d				°C-d
Enero	28.6	59.1%	5.17	100.5	5.6	26.6	577
Febrero	29.1	53.0%	5.69	100.5	5.4	29.2	535
Marzo	30.1	50.3%	6.25	100.4	4.7	31.3	623
Abril	30.6	51.7%	6.11	100.4	4.5	32.3	618
Mayo	29.1	67.5%	5.97	100.4	4.0	29.0	592
Junio	27.8	77.5%	5.33	100.4	4.1	26.1	534
Julio	28.6	72.3%	6.19	100.4	4.4	26.1	577
Agosto	28.4	72.9%	6.03	100.4	4.2	26.3	570
Setiembre	27.1	77.9%	4.94	100.4	3.6	25.6	513
Octubre	27.3	77.4%	5.17	100.4	4.5	25.0	536
Noviembre	27.9	71.2%	5.14	100.4	4.8	25.1	537
Diciembre	28.4	64.7%	5.11	100.5	5.3	25.5	570
<b>Anual</b>	28.6	66.4%	5.59	100.4	4.6	27.3	6,782
Medido a	m				10.0	0.0	

Fuente: RETScreen, 2017

Con los factores antes mencionados se da el consumo teórico anual de energía, tomando en cuenta los diferentes factores que determinan un mayor o menor consumo de energía, este se desglosa mensual y diario las condiciones climáticas para determinar el diseño de la bomba de calor.

Componentes de una bomba de calor:

- Circuito de intercambio geotérmico
- Bomba de calor
- Circuito de intercambio con la industria



El balance de energía nos permite formular:

$$P_e + P_E = P_c + P_p$$

Donde:

$P_e$  = Potencia eléctrica consumida en la operación

$P_E$  = Potencia frigorífica (calor extraído del exterior)

$P_c$  = Potencia térmica (Calor cedido al exterior)

$P_p$  = Potencia perdida, debida a rozamientos e imperfecciones

La eficiencia de la maquinas se expresa mediante un coeficiente internacionalmente aceptado, conocido como COP (Coefficient of Perfomance) Si se considera una maquina productora de frio, se considera su eficiencia frigorífica; y si es productora de calor se considera la eficiencia térmica (LLOPIS & RODRIGO, 2008).

Para determinar el tipo de bomba de calor a utilizar se toman varias consideraciones como la demanda del sistema de refrigeración que es de 67.2 kW por día como el promedio de carga o utilización del equipo. Las condiciones de temperatura del fluido, tipo de suelo, temperatura del suelo, profundidad de extracción y caudal de la bomba a utilizar.

Existen dos opciones para utilizar la bomba de calor, la primera es usar la fuente hidrotermal a una temperatura de 67°C, esta será transportada por medio de tubería aprovechando la gravedad en una distancia de 740 metros con tubería con aislamiento para no perder calor en el transporte, luego usar la bomba de ciclo abierto para extraer el calor del agua para la generación de frio para el cuarto frio..

La segunda opción es usar el agua del pozo perforado que tiene una temperatura de 33°C permanente y una profundidad de 45 metros, este sistema sería de circuito abierto para aprovechar el calor del agua y luego del paso por la bomba de calor usar el agua a temperatura más baja en los estanques y se realizar doble aprovechamiento, se genera energía para el cuarto frío y disminuir la temperatura del agua, que es el mayor problema que enfrenta la empresa porque desencadena otros problemas como disminución del oxígeno y aumento del amonio.

En el RETScreen al analizar los datos hay varias opciones de bombas de calor de acuerdo a varios fabricantes y diferentes dimensiones en su capacidad de generación de energía tabla 10, en nuestro caso se seleccionó la SAGAT WW254.1 W-10/W35 se adapta a las exigencias de energía, caudal y temperatura del proyecto de tilapia.

Tabla 10. Diseño de bomba de calor

<b>Intercambiador de calor de suelo</b>			
<b>Bomba de calor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Calentamiento</b>	<b>Enfriamiento</b>
Capacidad	kW	73.2	60.0
Carga promedio	kW	100.0	100.0
Fabricante	SATAG		
Modelo	WW254.1 W-10/W35		
Eficiencia	Estándar		
Coeficiente de rendimiento - diseño		2.8	3.5
<b>Condiciones del sitio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Ubicación del Proyecto</b>	<b>Ubicación de datos meteorológicos</b>
Tipo de suelo		Suelo pesado - seco	
Temperatura del suelo	°C	33.0	27.3
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	0.0	13.0
Medido a	m		0.0
<b>Intercambiador de calor de suelo</b>			
Tipo	Agua subterránea		
Criterios de diseño		Enfriamiento	
Superficie del terreno	m <sup>2</sup>	2	48
Profundidad de bombeo	m	30	
Profundidad de la perforación del pozo	m	45	
Máximo caudal de pozo	L/s	3.150	
Flujo requerido de agua subterránea	L/s	0	
Número requerido de pozos de suministro		1	

Fuente: RETScreen, 2017

#### 4.12 Modelo de bomba de calor

La bomba de calor seleccionada a través del RETScreen es el modelo de la marca Viessmann que permite la aplicación del sistema de refrigeración y calefacción utilizando bombas de calor de aire/agua con accionamiento eléctrico en modelo Split con una unidad exterior y unidad interior. Las especificaciones técnicas del modelo W-10W35 ver en anexos.

#### 4.12.1 Unidad interna de la bomba de calor

A Detector de flujo

B Resistencia eléctrica (solo en modelos AWB-E-AC/AWB-M-E-AC)

C Intercambiador de alta eficiencia

D Válvula de inversión de tres vías para “calefacción/producción de A.C.S.”

E Bomba secundaria (bomba de circulación de alta eficiencia)

F Regulación de la bomba de calor Vitotronic 200.



**Figura 25. Unidad interior de bomba calor**

Fuente: (Viessmam, 2017).

#### 4.12.2 Unidad exterior de la bomba de calor

La unidad exterior de la bomba de calor está comprendida por las siguientes partes que se describen a continuación identificadas con una letra:

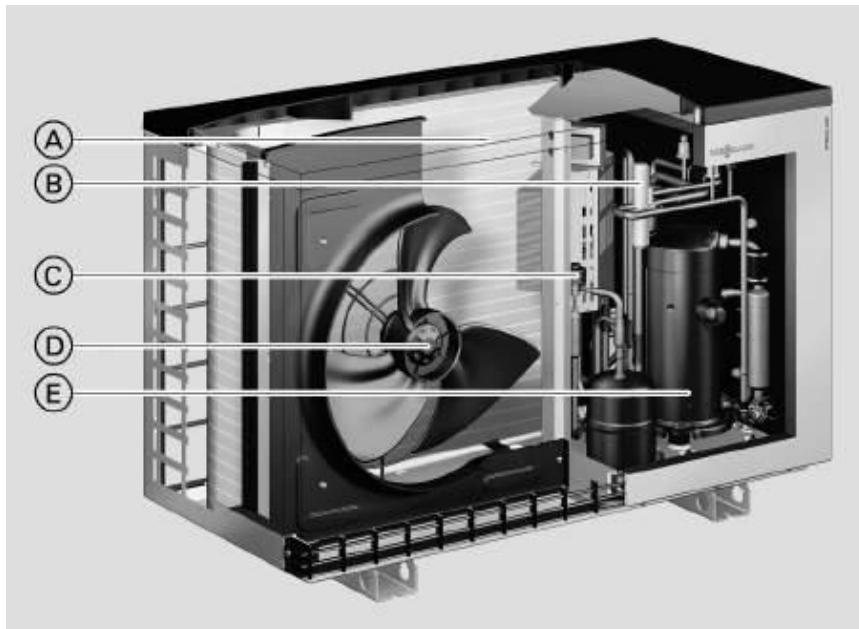
A Intercambiador de nuevo diseño y máxima eficiencia.

B Válvula de inversión de 4 vías

C Válvula electrónica de expansión (EEV)

D Ventilador EC de bajo consumo con regulación de revoluciones

E Compresor Scroll con regulación de revoluciones. Bandeja con desacople acústico.



**Figura 26. Unidad Exterior de bomba de calor**

Fuente: (Viessmann, 2017).

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

1. De los resultados obtenidos en el campo, sobre rubros productivos y transformación de materias primas agropecuarias se puede aprovechar la geotermia en usos directos para desarrollar proyectos amigables con el ambiente y de alta eficiencia energética.
2. De acuerdo al estudio de caso desarrollado en la zona de la industria de lácteos se identificó tres nuevas manifestaciones geotérmicas de baja entalpia que permiten su aprovechamiento a través intercambiadores de calor, bombas de calor y ACS, concentradas en un radio de 140 metros.
3. En Honduras se han realizado estudios del 3 % de las manifestaciones geotérmicas que son las que presentan características para generación de energía eléctrica, el 97 % restantes son de baja entalpia este es un recurso sostenible con diversas aplicaciones en los usos industriales, viviendas, hotelería, balneología y actividades productivas.
4. Las manifestaciones hidrotermales de la zona sur de Honduras tienen gran potencial energético por sus características de temperatura y caudal, la desventaja de este recurso es que 83.4% están en lugares donde no existen industrias o rubros que las puedan aprovechar.
5. De acuerdo al análisis desarrollado y tomando en cuenta las entrevistas realizadas a los propietarios de las industrias lo mayores problemas con que se encuentran en la zona es

como preservar y almacenar los productos agropecuarios por las condiciones climáticas adversas, además la utilización de la energía eléctrica aumentan considerablemente los costos fijos de producción.

## 5.2 Recomendaciones

1. Continuar con los trabajos de investigación, de geología y geofísica, para saber la cantidad de recursos se cuenta y hacer uso de estos en otros rubros como industrias y hoteles donde demandan sistemas de calefacción y refrigeración en la zona sur del país.
2. Hacer convenios con ONGs, Organismos Internacionales, Gobierno, Academia y Sector Privado para desarrollar proyectos pilotos en la zona, además de generar una mayor promoción de la utilización de la geotermia de baja entalpía para el desarrollo sostenible de los sectores donde se encuentran.
3. Para poder obtener información más específica es necesario desarrollar un perfil de gradiente térmico que permita establecer el potencia de transferencia de calor y conductividad térmica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abner Reyes, & Nuñez, M. (2015). Conglomerado Informe Final Banco de Semillas Adaptadas al Cambio Climático.
- ANDAH. (s. f.). *Tilapia Hondureña*. Honduras: Asociación Hondureña de acuicultores.
- Asturias, F. (2014). Estudio de Viabilidad “Aprovechamiento del Recurso Geotérmico de Baja y Mediana Temperatura para usos Industriales.
- Bombas de calor de Altas potencias. (2017). Recuperado a partir de Tabla de especificaciones técnicas de bomba de calor
- Borjas, F., Gonzales, L., & Quintero, V. (2006). EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA CLIMATIZACIÓN DE ESTANQUES CON ENERGÍA SOLAR PARA CULTIVO DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*),.
- Bruni, S. (2014). Una nueva serie sobre la innovación de energía, La energía geotérmica.
- Cappetti, G. (2016). *100 años de geotermia en Larderello, desde la explotación a la producción sostenible*. Mexico.
- CGIAR, & CCAFS. (2014). *Estatus de la Gestión de Riesgos Climáticos en el Sector Agroalimentario y su Importancia para la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Honduras*. Honduras. Recuperado a partir de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/35120/Honduras%202014-V4.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- CNP+LH. (2009a). Guía de buenas prácticas ambientales para el cultivo de tilapia.
- CNP+LH. (2009b). Producción mas limpia para el cultivo y procesamiento de tilapia.



- DENA. (2013). *Geothermal Energy*". Recuperado a partir de <http://www.german-energy-solutions.de/enen/renewables-made-in-germany-start/geothermal/geothermal-energy/overview.html>
- División de Geotermia. (2007). *ENERGÍA GEOTÉRMICA*. Guatemala. Recuperado a partir de [http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA\\_GEOTERMIA.pdf](http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/44/Archivos/CGA_GEOTERMIA.pdf)
- EGSHPA. (2017). *How Geothermal Energy works*. Recuperado a partir de <http://www.egshpa.com/renewable-energy/geothermal-basics/geothermal-principle/geothermal-basics/>
- Energia Andina Geothermal. (s. f.). Recuperado 13 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.energiandina.cl/2010/10/geotermia-una-fuente-de-energia-limpia-y-renovable/>
- FAO. (2009). Las pérdidas post-cosecha agravan el hambre. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/news/story/es/item/36864/icode/>
- FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Italia: FAO.
- García, M. (2016). *GEOQUIMICA DE EXPLORACION EN LA ZONA SUR DE HONDURAS*. UNITEC, Tegucigalpa.
- García, M. (2017, septiembre 13). Inventario de Geotermia Baja Entalpia.
- GARCIA, M. A. (2016). *GEOQUIMICA DE EXPLORACION EN LA ZONA SUR DE HONDURAS*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA UNITEC, Honduras.
- Geothermal Education Office. (2017). *Datos de la energía geotérmica*. USA. Recuperado a partir de <http://geothermaleducation.org/>

Henriquez, W. (2011a). ANALISIS DEL POTENCIAL, MERCADO Y TECNOLOGÍAS DE LOS RECURSOS GEOTERMICOS EN HONDURAS.

Henriquez, W. (2011b). ANALISIS DEL POTENCIAL, MERCADO Y TECNOLOGÍAS De los recursos geotérmicos EN HONDURAS.

Henriquez, W. (2015). Desarrollo geotérmico en Honduras (p. 7). Presentado en Congreso Mundial Geotermia, Alemania.

Hurtado, N. (2007). *Crianza y Procesamiento de Tilapia*. Peru. Recuperado a partir de <https://es.slideshare.net/nhurtado2000/cultivo-y-procesamiento-de-tilapia-para-exportacion>

IDAE. (2012). *Diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado*. España.

IILA. (2010, mayo). Estado Actual y Desarrollo de los Recursos Geotérmicos en Centro America.

Kiruja, J. (2011). Direct utilization of geothermal energy.

Lagos F, C. A. (2016). *Diagnóstico del Clima de Inversión Barreras que Impiden el Desarrollo de Proyectos Geotérmicos en Honduras*. Honduras: Cooperación Alemana al Desarrollo, GIZ.

Llopis, G., & Angulo, V. (s. f.). Guía de la Energía Geotermica.

LLOPIS, G., & RODRIGO, V. (2008). Guía de la Energía Geotérmica.

LLOPIS, G., & RODRIGO, V. (s. f.). *Guía de la Energía Geotérmica*. Recuperado a partir de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>

Lund, J., & Boyd, T. (2015). Direct utilization of geothermal energy Worldwide Review.

Lund, J. W., & Boyd, T. L. (2015). Direct Utilization of Geothermal Energy Worldwide Review.

Recuperado a partir de Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review

Nicovita. (s. f.). *Manual de crianza de Tilapia*. Peru.

- OSPESCA. (2017). ACTUACIONES REGIONALES PARA FORTALECER LA INTEGRACIÓN DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA. Recuperado a partir de <http://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=110377&IDCat=3&IdEnt=47>
- PREG. (2015). *Propuesta de una hoja de ruta para el fomento del desarrollo de proyectos Geotérmicos*. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- PROMOEENER-A. (2009). Tecnologías del aprovechamiento de los Recursos Geotermica.
- Rey, F., & Velasco, E. (2005). *Bombas de calor y Energías renovables en edificios*. España.
- Sanchez, J., Sanz, L., & Ocaña, L. (2011). Evaluación del potencial de energía geotérmica. Recuperado a partir de [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e9\\_geotermia\\_A\\_db72b0ac.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e9_geotermia_A_db72b0ac.pdf)
- Schoennenbeck, P. (2014). *Bombas de Calor Geotérmicas. Diseño de Intercambiadores de Calor Verticales Enterrados*.
- Serna, B. (2007). Honduras: tendencias, desafíos y temas estratégicos del desarrollo agropecuario. Recuperado a partir de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4989/1/S0700082\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4989/1/S0700082_es.pdf)
- Stott, L., & Ramil, X. (2014, junio). Metodología de estudios de caso. Recuperado a partir de [http://www.itd.upm.es/wp-content/uploads/2014/06/metodologia\\_estudios\\_de\\_caso.pdf](http://www.itd.upm.es/wp-content/uploads/2014/06/metodologia_estudios_de_caso.pdf)
- Varela, P., & Ortega, L. (2009). Uso integral de la energía geotérmica. Presentado en Conferencia Internacional de Energías Renovables, Ahorro de Energía y Educación Energética, Venezuela.

Vielma, M. (2013). *DISEÑO E INTEGRACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA APLICADA A PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN RESIDENCIAL*. UNIVERSIDAD DE CHILE, Chile.

Viessmam. (2017). Viessmann Bomba de calor Votal. Recuperado a partir de file:///C:/Users/Cooperacion/Downloads/VIESSMANN%20-%20Bomba%20de%20calor%20Vital%20200-S%20DT%20(1).pdf

## ANEXOS

Anexo 1. Inventario de puntos de Geotermia de baja entalpía en Honduras

#	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ALDEA	X	Y	TEMP °C
1	COPAN	LA UNION	SAN ANDRES	291710.8759	1633987.842	102
2	COPAN	LA UNION	SAN ANDRES	292598.7093	1632873.544	101
3	ATLANTIDA	LA CEIBA	SAMBO CREEK	539988.7917	1744656.682	99
4	FRANCISCO MORAZAN	SAN IGNACIO	SAN MIGUEL DE BARROSA	491925.1751	1624243.899	98
5	CHOLUTECA	MOROLICA	EL POTRERO	503606.9743	1496195.382	98
6	LEMPIRA	LA VIRTUD	LOS HERNANDEZ	321020.5414	1550460.61	98
7	COLON	TRUJILLO	COROCITO	630009.81	1738265.258	96
8	ATLANTIDA	LA MASICA	LOS HERVEDEROS	491424.6826	1727846.567	94
9	VALLE	NACAOME	NACAOME	449741.3438	1495720.55	93
10	CHOLUTECA	CHOLUTECA	PAVANA	465594.5458	1481656.007	90
11	INTIBUCA	JESUS DE OTORO	SAN RAFAEL	385864.2243	1616859.029	90
12	ATLANTIDA	JUTIAPA	JUTIAPA	549635.5914	1741726.046	86
13	CHOLUTECA	EL TRIUNFO	EL TRIUNFO	499307.2334	1440377.861	84
14	CHOLUTECA	CHOLUTECA	PAVANA	462556.5828	1481383.602	84
15	COMAYAGUA	LA TRINIDAD	LA TRINIDAD	433279.0038	1625102.193	84
16	CHOLUTECA	NAMASIGUE	SAN JERONIMO	486506.7795	1441763.509	83
17	CHOLUTECA	EL TRIUNFO	EL TRIUNFO	498915.6745	1440500.749	81
18	EL PARAISO	DANLI	EL OLINGO	552967.8058	1581379.257	81
19	ATLANTIDA	LA MASICA	EL ORO- AGUA CALIENTE	481328.6125	1725179.463	80
20	ATLANTIDA	LA MASICA	AGUA CALIENTE	481328.5371	1725087.286	80
21	EL PARAISO	OROPÓLI	OROPÓLI	524614.4367	1531566.13	80
22	EL PARAISO	DANLI	CIFUENTES	598970.669	1555309.976	80
23	COPAN	LA UNION	SAN ANDRES	292241.3484	1633061.054	79
24	CHOLUTECA	NAMASIGUE	SAN JERONIMO	487499.7115	1439581.996	76
25	CORTES	SANTA CRUZ DE YOJOA	LA BARCA	397736.5959	1671563.375	75
26	LEMPIRA	MAPULACA	MAPULACA	326650.6437	1553187.784	74
27	CHOLUTECA	CHOLUTECA	PAVANA	462796.7587	1481076.064	74
28	LEMPIRA	MAPULACA	MAPULACA	327189.8709	1553061.188	73
29	OLANCHO	CAMPAMENTO	LA LIMA	549735.1233	1609730.289	72
30	CORTES	SANTA CRUZ DE YOJOA	EL OLIVAR	405892.6258	1673188.753	71
31	CHOLUTECA	CHOLUTECA	PAVANA	466166.9414	1482423.283	70
32	COLON	SONAGUERA	QUEBRADA DE ARENA	591999.2655	1730527.458	70
33	FRANCISCO MORAZAN	EL PORVENIR	AGUA CALIENTE	470121.2421	1622786.187	70
34	INTIBUCA	JESUS DE OTORO	SAN RAFAEL	386637.0312	1615749.219	69
35	CORTES	PUERTO CORTES	BARACOA	399888.3797	1740909.86	68

Inventario de puntos de Geotermia de baja entalpía en Honduras

#	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ALDEA	X	Y	TEMP °C
36	ATLANTIDA	ESPARTA	LAS FLORES	473753.6979	1741410.256	68
37	YORO	OLANCHITO	SAN LORENZO ARRIBA	510014.3852	1705264.012	67
38	COLON	TRUJILLO	LAS FLORES	619081.1782	1761438.563	64
39	YORO	NEGRITO	CAMPO PERDIZ	314005.4144	1729464.452	61
40	COMAYAGUA	HUMUYA	HUMUYA	427328.825	1574700.169	60
41	COLON	BALFATE	LIS LIS	564454.7388	1741947.805	59
42	FRANCISCO MORAZAN	NUEVA ARMENIA	NUEVA ARMENIA	485647.9494	1524953.406	57
43	CHOLUTECA	NAMASIGUE	SAN JERONIMO	487770.8978	1439796.906	56
44	CORTES	SANPEDRO SULA	SANPEDRO SULA	388292.3677	1718991.655	56
45	LEMPIRA	GRACIAS	GRACIAS	328046.5259	1620608.994	56
46	LEMPIRA	MAPULACA	EL SITIO	323735.41	1552500.896	56
47	COLON	BALFATE	LA GLORIA	568708.6949	1630791.865	55
48	FRANCISCO MORAZAN	TEGUCIGALPA		477514.2782	1562807.901	53
49	YORO	OLANCHITO	SAN LORENZO ARRIBA	494158.0051	1704187.204	52
50	CORTES	SANTA CRUZ DE YOJOA	EL CAJON	420425.9365	1663394.869	51
51	LEMPIRA	FLORES	PIEDRA PINTADA	325429.9662	1627112.755	51
52	COMAYAGUA	LAS LICONAS	LAS LICONAS	431133.4476	1595889.041	50
53	LEMPIRA	SAN RAFAEL	SAN JOSE	354117.3252	1627077.14	50
54	CORTES	VILLANUEVA	NUEVO CHAMELECON	354869.4266	1705748.216	50
55	COMAYAGUA	VILLA DE SAN ANTONIO	VILLA DE SAN ANTONIO	435257.9753	1581437.687	39
56	FRANCISCO MORAZAN	DISTRITO CENTRAL	TAMARA	462688.2932	1572779.425	36
57	VALLE	SAN LORENZO	EL LAURE ABAJO	459289.5601	1488730.572	33

Fuente:(Garcia, 2017)

Anexo. 2 Ficha de identificación de manifestación de uso productivo en industria láctea

**LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE MANIFESTACIONES GEOTERMICAS  
 APLICACIÓN DE LA GEOTERMIA DE BAJA ENTALPIA PARA USOS PRODUCTIVOS EN HONDURAS**

LOCALIZACION		CODIGO NACIONAL DE POBLACION			
DEPARTAMENTO	Choluteca				
MUNICIPIO	Choluteca	COORDENADAS			
ALDEA/BARRIO	Pavana	LONGITUD	87°19'0.59"O		
CASERIO	Agua Caliente	LATITUD	13°24'14.70"N		
NOMBRES	CHOL12	CUADRICULA			
HOJA TOPOGRAFICA		ELEVACION	35		

MANIFESTACION		TEMPERATURA °C		CAUDAL DE FLUJO (L/SEG)	CONDUCTIVIDAD ( u MOHS)
DEPTO	NUMERO	MAXIMA	MINIMA		
C   H   L	CHOL12	90	63	2	1500
CAPACIDAD DE GENERACIÓN					

ACCESO Y FISIOGRAFIA: La manifestación junto con el uso productivo de lacteos se encuentra en la carretera CA1 en la aldea de Pavana, comunidad de Agua Caliente. A una distancia de 500 metros pasando Lufusa en sentido hacia Choluteca.

**INDUSTRIAS**

UBICACIÓN	NOMBRES	COORDENADAS	
PROPIETARIO	Jose Gustavo Corrales	LONGITUD	87°27'57.97"O
NOMBRE DE LA INDUSTRIA	Producción de Lacteos	LATITUD	13°32'7.89"N
TIPO DE INDUSTRIA	Lactea	ALTURA (MSNM)	28
TARIFA	N/A	TIPO DE EQUIPO	CONSUMO (kWh/mes)
NÚMERO DE MEDIDOR	N/A	Descremadora	
TIPO DE MEDIDOR	N/A	Estufas	
CONSUMO PROMEDIO (kWh/mes)	N/A		
CARGA INSTALADA	N/A		
DISTANCIA DE LA MANIFESTACIÓN	231 m		
USO POTENCIAL PARA NUEVA INDUSTRIA	Aplicación a la cadena de frio y calor en la producción de lacteos		



Anexo. 3 Ficha de identificación de uso productivo en piscicultura en Valle

**LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE MANIFESTACIONES GEOTERMICAS**  
**APLICACIÓN DE LA GEOTERMIA DE BAJA ENTALPIA PARA USOS PRODUCTIVOS EN HONDURAS**

LOCALIZACION		CODIGO NACIONAL DE POBLACION			
DEPARTAMENTO	Valle				
MUNICIPIO	Nacaome	COORDENADAS			
ALDEA/BARRIO		LONGITUD	13°31'44.87"N		
CASERIO		LATITUD	87°27'52.03"O		
NOMBRES	VAL04	CUADRICULA			
HOJA TOPOGRAFICA		ELEVACION	35		

MANIFESTACION		TEMPERATURA °C		CAUDAL DE FLUJO (L/SEG)	CONDUCTIVIDAD ( u MOHS)
DEPTO	NUMERO	MAXIMA	MINIMA		
	VAL04	93	41	30	1400
CAPACIDAD DE GENERACIÓN					

ACCESO Y FISIOGRAFIA: La forma de llegar a la manifestación es a través de la carretera CA1 yendo hacia la aduana El Amatillo a la altura de 1.5 km de la Escuela Luis Landa toma el acceso V220 el desvío está a mano izquierda a 1.6 km en calle de tierra.

INDUSTRIAS

UBICACIÓN	NOMBRES	COORDENADAS	
PROPIETARIO	Osman Zuniga	LONGITUD	87°27'57.97"O
NOMBRE DE LA INDUSTRIA	Producción de la Tilapia	LATITUD	13°32'7.89"N
TIPO DE INDUSTRIA	Piscicultura	ALTURA (MSNM)	28
TARIFA		TIPO DE EQUIPO	CONSUMO (kWh/mes)
NÚMERO DE MEDIDOR		Frezeres	
TIPO DE MEDIDOR			
CONSUMO PROMEDIO (kWh/mes)			
CARGA INSTALADA	30kW		
DISTANCIA DE LA MANIFESTACIÓN	750 m		
USO POTENCIAL PARA NUEVA INDUSTRIA	Aplicación a la cadena de frío en la producción del cultivo de tilapia		





Anexo 4. Consumo de energía en Proyecto Tilapia del pacifico en Nacaome

CONSULTA AL MAESTRO											
Clave Primaria	<input type="text"/>		Ubicación	<input type="text"/>		Medidor	<input type="text"/>		<input type="button" value="Buscar"/>		
Clave Primaria	1834329		Código Ubicación	250803009		Catastro	S 00 C 00 R 00 M 000 L 00 A 00				
Nombre	ZUNIGA CRUZ OSMAN ENRIQUE					Cedula	0301197801426		RTN	0	
Dirección	RIO GRANDE EL JOBO X DONDE ESTUVO RADIO NACAOME					N.Trans	0		Medidor	73439676	
Tarifa	201	Sector	201	Multiplicador	100	Estado	0		Agujas	5	
Ubicación Medidor	0		Fases	0							
Agrupación	0		Comentario	4		C Aviso	0		Contrato	1	
Conexión	30/12/15		Fraude	0-0		Inactivo	00/00/00				
Suplementario	0		Promedio	0		C Corte	0		Fec Corte	00/00/003/Edad 0-00/00/00	
<b>Lecturas</b>	<b>Cod</b>	<b>Fechas</b>	<b>Consumo</b>								
Actual	1994	0	31/10/17	Adicional	0		Depósito No	2901861		Valor Depósito	500
Anterior	1837		02/10/17	Estimado	0		Garantía No			Fecha	0
Consumo	15700	Dias	29	Credito	111111=6						

Consumo Histórico				Estado Cuenta		Cargos del Mes				
Enero	31	2793	Julio	32	18400	Mes Actual	127,052.10	Consumo Energía	67,327.88	
Febrero	29	5847	Agosto	30	15200	Saldo 30 Dias	126,129.61	Ajuste Combustible	0.00	
Marzo	31	55400	Septiembre	29	15100	Saldo 60 Dias	121,295.61	Alumbrado Público	6,285.95	
Abril	29	24700	Octubre	30	15900	Saldo 90 Dias	120,619.55	Otros DR/CR	43,941.16	
Mayo	24	19900	Noviembre	29	15700	Saldo +120 Dias	355,034.16	Cargo Demanda	0.00	
Junio	32	19100	Diciembre	28	1759	Total Saldo	850,131.03	Cargo Reactivo	0.00	
						Pagos	0.00	Subsidio	0.00	
						Saldo Facturado	850,131.03	Voltaje	0.00	
						Pagos No Actualizados	0.00	Recargo Mora	9,497.11	
Rectificación	0							<b>Total Mes</b>	127,052.10	
Región	CENTRO/SUR									
Impuesto mes	0									
Impuesto anter.	0									
Nivel residencial										

<input type="button" value="PF1 H. L."/>	<input type="button" value="PF2 C. F."/>	<input checked="" type="button" value="PF3 COR."/>	<input type="button" value="PF4 CONT."/>	<input type="button" value="PF5 H. P."/>	<input type="button" value="PF6 H. C."/>	<input type="button" value="PF7 E. C."/>	<input type="button" value="PF10 H. I."/>
--	--	--	--	--	--	--	---

No se encontro suplementario para esta busqueda

REGRESAR A...

Anexo 5. Reconocimiento en campo en la identificación de industrias para la aplicación de la geotermia de baja entalpia en usos productivos en Choluteca y Valle



**Proyecto de producción de tilapia en Nacaome Valle próximo a la manifestación VAL04.**

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Medición de temperatura proveniente del pozo perforado que abastece el proyecto de tilapia**

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Figura 1. Cosecha de la tilapia en el proyecto**  
Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Proceso de limpieza de la tilapia**  
Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Manejo actual de la cadena de frio en el proyecto de tilapia**

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Manifestación VALO4 en Nacaome Valle se encuentra a 740 metros del proyecto de tilapia**

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Industria de lácteos identificada en Agua Caliente, Pavana proxima a la manifestación CHO12**

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Manifestación de geotermia tipo fumarola en Pavana**

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



***Medición de temperatura en manifestación VAL04***

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Toma de temperatura de un pozo malacate al lado de la industria láctea**

Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Muestra de temperatura en predio de la industria láctea**  
Fuente: (Elaboración propia, 2017).



**Muestra de los productos lácteos**  
Fuente: (Elaboración propia, 2017).

## Anexos. 6 Especificaciones técnicas de bomba de calor

		TERRA SW 55-280 Max (HGL)									
		Unidad	55	70	85	110	140	170	220	280	
Clase energética			A**	A**	)	)	)	)	)	)	
80°C/W35°C	Potencia nominal <sub>2</sub>	kW	57.87	73.19	84.82	113.42	137.79	169.64	226.84	275.59	
	Consumo eléctrico <sub>2</sub>	kW	12.50	15.91	18.32	24.55	29.89	36.64	49.10	59.78	
	COP <sub>2</sub>		4.63	4.60	4.63	4.62	4.61	4.63	4.62	4.61	
Clase energética			A***	)	)	)	)	)	)	)	
W10°C/W35°C	Potencia nominal <sub>2</sub>	kW	76.86	97.20	112.76	149.14	181.06	225.51	298.27	362.13	
	Consumo eléctrico <sub>2</sub>	kW	12.66	16.56	19.08	26.03	31.27	38.16	52.05	62.54	
	COP <sub>2</sub>		6.07	5.87	5.90	5.73	5.79	5.91	5.73	5.79	
Frío		Activo y pasivo, así como sistema de frío IDM									
W7°C/W35°C	Potencia de frío	kW	64.20	80.64	93.68	123.11	149.79	187.35	246.22	299.58	
Temperatura máxima de impulsión		°C	62								
Dimensiones compactas (LargoxFondoxAncho)		mm	2020/1066/774			2020/1316/774		2020/2632/774			
Alimentación		V	3P/400			3P/400		3P/400			
Seguridad de funcionamiento			Dos circuitos frigoríficos cerrados herméticamente, tecnología TWIN				Cuatro circuitos frigoríficos cerrados herméticamente, tecnología TWIN				
Sistema de regulación			NAVIGATOR 1.7								

Fuente:(«Bombas de calor de Altas potencias», 2017)