



UNIVERSIDAD MODULAR ABIERTA

CENTRO REGIONAL DE SAN MIGUEL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



IMPACTO ECOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL MUNICIPIO DE CHINAMECA

INVESTIGACIÓN 2022



UNIVERSIDAD MODULAR ABIERTA

**CENTRO REGIONAL DE SAN MIGUEL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**

IMPACTO ECOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA EN EL MUNICIPIO DE CHINAMECA



INVESTIGACIÓN 2022

333.88

P181i Palomo Villalobos Edwin Steed, 1978-
Impacto ecológico de la producción de energía geotérmica en el
slw municipio de Chinameca / Edwin Steed Palomo Villalobos ; coordinador
de investigación Edwin Steed Palomo Villalobos. -- 1ª ed. -- San
Miguel, El Salv. : Editorial UMA, 2023.
85 p. ; 28 cm.

ISBN 978-99983-58-15-7 <impreso>

1. Energía geotérmica-Impacto ambiental-Chinameca, San Miguel, El
Salvador. I. Título.

BINA/jnh

Doctora Judith Virginia Mendoza de Díaz
Rectora

Licdo. MARH. Edgar Armando Jiménez Yáñez
Vicerrector

Licda. MDU. Lorena Patricia Parada de Guardado
Directora Centro Regional de San Miguel

Licdo. Naun Oseas Onofre Mendoza
Director de Investigación

Ing. Edwin Steed Palomo Villalobos
Investigador



Licda. Lidia de Pineda
Coordinadora de Diseño Gráfico

Imprenta
Cpcreativa

Diseño y Diagramación
Lic. José David Calderón Aragón
cpcreativapublicitaria@gmail.com

© Copy Right
El Salvador
Primera Edición
40 ejemplares

Universidad Modular Abierta
4ª Avenida Sur N° 606,
Barrio El Calvario, San Miguel,
El Salvador, C. A.
Tel.: (503) 2660-6323, 2661-2883
www.uma.edu.sv

ÍNDICE

Contenido	i
Introducción	iii
Capítulo I: Generalidades del Medio Ambiente	7
Lo que ya Sabemos o Quizás No	8
Ecosistemas Terrestres	10
Ecosistemas Acuáticos	11
Ecosistemas Mixtos	11
Ecosistemas Artificiales	12
¿Cómo ha Cambiado el Ambiente?	14
Acciones e Impactos que hoy en día afectan por los cambios ambientales	16
El Valor de la Energía	19
Tipos de Energía	19
Propiedades de la Energía	21
Transferencia de Energía	21
El Desarrollo Sostenible	28
Capítulo II: Conociendo la Geotermia como Oportunidad de Desarrollo en El Salvador	31
Descripción del Proyecto	33
Etapa de Construcción de Obras Civiles e Instalación de Equipos Electromecánicos	34
Etapa de Funcionamiento	34
Conociendo la Energía Geotérmica	36
Clasificación por su Nivel Energético	36
Clasificación por su Nivel de Uso	37

La Importancia de la Energía Geotérmica en el Mundo	42
Ventajas de la Energía Geotérmica	42
Perspectivas a futuro	45
La ciencia del Agua y Calor (Vapor)	46
Fluidos Portadores Energéticos	47
Cambios de estado del fluido portador energético - vapor de agua	49
Diagramas Termodinámicos del Agua y del Vapor de Agua. (Diagrama de Mollier)	49
Ciclos de Vapor	51
Alternativa Energética	52
Cooperación Internacional	53
Oportunidades de Crecimiento	55
Energía Geotérmica en América Latina	56
Capítulo III: Impactos Ambientales	59
Capítulo IV: Reflexión	91
Glosario	95
Referencias	97
Reporte fotográfico	101

INTRODUCCIÓN

“Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras el género humano no la escucha”. (Víctor Hugo)

Conocer acerca de los problemas que están a nuestro derredor será importante en la medida que cada persona pueda ser consciente de cómo actuar frente a ellos; el presente estudio se basa en la problemática de los impactos que pueden causarse en el medio ambiente en la generación de energía geotérmica producida en El Salvador y en nuestro caso particular en el Municipio de Chinameca, Departamento de San Miguel; conociendo como datos preliminares que con la actual disposición energética nuestro país tiene un consumo de energía eléctrica producida por geotermia de entre un 25% a un 30%, estando en este rango ya que nuevas centrales térmicas se están abriendo en el territorio salvadoreño, lo cual marca un efecto cuantitativo y cualitativo en la economía, la población y el medio ambiente.

Es de considerar que dentro de los países centroamericanos, El Salvador es un referente y máximo productor de electricidad por medio del calor de la tierra, que, según datos de la Universidad de Navarra, España, la aportación energética por medios geotérmicos en cada país de la región centroamericana es: El Salvador (26%), Nicaragua (15%) y Costa Rica (12,5%), mientras que la participación es pequeña en Honduras (3%) y Guatemala (2,5%).

Este estudio se realizó desde una metodología descriptiva - documental, la cual permite conocer el manejo e impactos ambientales generados en la comunidad de influencia por el desarrollo de esta actividad, la cual es importante reconocer que conlleva un desarrollo muy beneficioso en materia económica, pero si no es tratado con responsabilidad provocará un futuro incierto en la herencia ambiental a las futuras generaciones.

Los capítulos se desarrollan de la siguiente manera:

Capítulo I. Se realizará una descripción de conceptos y definiciones con el objetivo de poner en perspectiva y entorno lo que se debe de cuidar, las riquezas que tiene el planeta y lo que se está obligado a administrar con sabiduría y responsabilidad, observar la diversidad de ambientes los cuales permiten la vida como se conoce en la actualidad, hacer un reconocimiento de las diferentes fuentes de energía con las que cuenta la humanidad para poder llevar el desarrollo y progreso a los diversos lugares habitados por el hombre.

Capítulo II. Ya que el problema de estudio es la generación de energía geotérmica será necesario conocer sobre ella y como está presente en la naturaleza, saber el potencial con que cuenta la humanidad y la forma en que se puede aprovechar de manera responsable y controlada.

Capítulo III. En base a los controles de las diferentes instituciones de carácter ambiental, la documentación de registro, visitas técnicas y de observación, se denotará 24 impactos que afectan directa o indirectamente la ecología en el Municipio de Chinameca, por el montaje de una planta generadora de energía geotérmica, los cuales van de muy negativos, negativos y positivos.

Capítulo IV. Una reflexión de lo que actualmente se puede percibir del ecosistema en el municipio, de la afectación en la población, de los desafíos por parte de la empresa generadora y las autoridades locales, posibles acciones a desarrollar para mejorar la situación y buscar un equilibrio ambiental no como antes, ya que hay impactos irreversibles, pero si acciones que permitan generar una coexistencia real y sensible en todos los aspectos observados.

Garantizar o tomar acciones para el mejoramiento del ecosistema en el municipio será la interacción de muchos actores involucrados, donde en la medida de lo posible nuestra universidad puede aportar dependiendo de la dimensión en la cual se desee actuar, esto nos lleva a la vinculación directa entre los problemas actuales y la proyección social de nuestra institución.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL MEDIO AMBIENTE



Figura 1 Nuestro mundo



Fuente: José Pineda (2020), del estudio T.S.U En Evaluación Ambiental

Lo que ya Sabemos o Quizás No

Cuando se habla del medio ambiente posiblemente hay elementos a los cuales no se les considera como importantes en nuestro alrededor, como pueden ser el suelo, el clima, la calidad de agua, de aire, el ruido que se provoca en el ambiente, ver la flora, la fauna, considerar los diferentes ecosistemas y los riesgos que se pueden tener dentro del mismo; lo cual se hace costumbre verlos o tener a quienes no le dan el valor que merecen obtener.

Es sólo cuando se consideran estos elementos y entendemos como cada uno de ellos es de vital importancia para nosotros, que se les da el valor que corresponde y se determina la preocupación es ahí donde se mantienen más pendiente de ellos.

Considerando que el medio ambiente es el espacio en el que se desarrolla la vida de los distintos organismos favoreciendo su interacción. En él se encuentran tanto seres vivos, como elementos sin vida y otros creados por la mano del hombre. El ser humano es parte de esta realidad y por lo tanto, si algo acontece a su alrededor le afecta o beneficia directamente. Ahora bien, debemos entender que el concepto de medio ambiente no solo es aplicable a la naturaleza, también

es aplicable para la sociedad misma y las relaciones que de ella surgen, pues forman parte de la misma formación de las personas al hablar, pensar y conducirse socialmente.

Revisemos algunos de estos aspectos para comprender la dinámica de nuestro entorno y cómo podemos identificarlos más fácilmente para un mejor cuidado y mejoramiento en el tiempo. Estos aspectos serán: ecosistema, flora, fauna, suelo, aire y agua.

En nuestro afán por comprender mejor la naturaleza, los seres humanos ejecutan un estudio de los ecosistemas como una de las unidades funcionales y herramientas más importantes que nos permiten describir, desde un punto de vista ecológico, cualquier rincón del planeta.

El concepto de ecosistema fue establecido por Roy Clapham en el año 1930, con el objetivo de contar con un término específico que recogiera las interrelaciones que se establecen entre las comunidades de seres vivos y el medio físico que los rodea.

La definición más sencilla de ecosistema sería la de un grupo o elementos biológicos de gran complejidad donde es notorio considerar a los animales, organismos micro celulares y plantas, en el que se incluyen todas y cada una de las diferentes interacciones que se dan, tanto entre los seres vivos, como entre estos y el entorno en que se encuentran.

Los ecosistemas recogen así toda una serie de interacciones intraespecíficas (entre individuos de la misma especie) e interespecíficas (entre individuos de especies diferentes), basadas en los diferentes recursos que el propio ecosistema proporciona a los seres vivos, y los diversos flujos de energía que en él se dan.

Podemos preguntarnos ¿cómo se clasifican los ecosistemas? Lo cierto es que clasificar los diferentes ecosistemas del planeta no ha sido una tarea fácil la cual han tenido que enfrentar numerosos ecólogos a lo largo del tiempo y de la historia. En la actualidad, las clasificaciones más generales de los diferentes tipos de ecosistemas permite distinguirlos según el medio en el que se dan. De esta forma, la clasificación general de los tipos de ecosistemas que existen en la naturaleza es entre naturales y artificiales y dentro de los naturales hay varios.

- Ecosistemas terrestres.
- Ecosistemas acuáticos.

- Ecosistemas mixtos (agua-tierra) y aeroterrestres (aire-tierra).
- Ecosistemas artificiales o no naturales de paisaje modificado (creados por el ser humano).

Figura 2
Tipos de ecosistemas



Ecosistemas Terrestres

Para Aguilera Padilla, & Suárez Manzano (2023), los ecosistemas terrestres ocupan solamente el 30% del territorio de la Tierra. Estos se dividen a su vez, de mayor a menor territorio ocupado en ecosistemas terrestres de:

- Desiertos (30%).
- Sabanas y pastizales tropicales, como estepas, praderas y herbazales (20%).
- Selvas (23%).
- Ecosistema forestal, es decir, de bosques templados y tundras (17%).
- Zonas de cultivos (10%).

Ecosistemas Acuáticos

Los ecosistemas acuáticos se caracterizan por la presencia de agua como componente físico principal. Esta agua puede ser dulce o salada, permitiendo diferenciar así entre ecosistemas marinos y dulceacuícolas.

- Ecosistemas marinos
- Océanos
- Mares
- Arrecifes
- Aguas someras litorales
- Estuarios
- Lagunas costeras de agua salada
- Ecosistemas dulceacuícolas (viven organismos de agua dulce)
- Lagos
- Estanques
- Ríos
- Arroyos
- Manantiales

Ecosistemas Mixtos

Tal y como se ha mencionado anteriormente, los ecosistemas se ubican en terrenos determinados del planeta, por lo que es muy común que a veces se den intersecciones entre diferentes tipos de terrenos, constituyendo así los llamados "ecosistemas mixtos". Estos pueden estar constituidos por la presencia de terrenos de agua y de tierra, o bien de tierra y aire (ecosistemas aeroterrestres)

Así, los principales tipos de ecosistemas mixtos que existen en la naturaleza son:

- **Humedales.** (zona de tierra, generalmente plana, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitente)
- **Manglares.**
- **Marismas.** (entornos de agua con vegetación acuática cercana al mar)
- **Costas.**

Ecosistemas Artificiales

Cada vez con más frecuencia y rapidez, diversos ecosistemas artificiales existen a lo largo y ancho del planeta. Frente a los ecosistemas naturales que son observados hasta el momento, en los ecosistemas artificiales, las características del terreno en que aparecen y sus componentes están determinados por la acción del ser humano. Por ello, también podemos referirnos a los ecosistemas artificiales por el nombre de ecosistemas antrópicos o humanizados, así como ecosistemas no naturales.

Podemos mencionar que los principales tipos de ecosistemas artificiales son:

- Ecosistemas urbanos.
- Ecosistemas agrícolas o agropecuarios
- Ecosistemas de presa o embalse.

El término flora se refiere al conjunto de plantas, nativas o introducidas, de una región geográfica, de un período geológico determinado, o de un ecosistema determinado. El término proviene del latín en alusión a la diosa romana de las flores, Flora. Incluye a todas las especies de vegetales: plantas y flores, arbustos, árboles, hortalizas que habitan en una misma zona (país, región, continente) o que forman parte de un ecosistema determinado (bosque, llanura, estepa, desierto).

Figura 3 La flora



Fuente: Ecología verde, Irene Juste (2020)

Figura 4 La fauna en el Bosque El Imposible, El Salvador

Fauna es el conjunto de animales que comprende una región o país. También, fauna son las especies que corresponden a un determinado período geológico. La palabra fauna es del latín “fauna”. La fauna puede dividirse en fauna silvestre (no necesita del hombre para su alimentación y desarrollo) y fauna doméstica (las especies sometidas al dominio del hombre). Los especialistas también hablan de la fauna en proceso de domesticación, con aquellos animales silvestres que, criados por el hombre, pierden sus características salvajes.



Fuente: Fauna del Parque Nacional El Imposible. Foto por ElSalvadorViajar.

El suelo es la porción más superficial de la corteza terrestre, constituida en su mayoría por residuos de roca provenientes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, así como de materia orgánica fruto de la actividad biológica que se desarrolla en la superficie. El suelo se puede clasificar según su textura: fina o gruesa, y por su estructura: espesa, agregada o dispersa, lo que define su porosidad que permite una mayor o menor circulación del agua, y por lo tanto la existencia de especies vegetales que necesitan concentraciones más o menos elevadas de agua o de gases.

El aire es una mezcla de gases que forman la atmósfera, es por ello por lo que se encuentra en todas partes. Sus componentes principales son el nitrógeno,

oxígeno, dióxido de carbono, neón, helio, entre otros. Estos permanecen dentro del planeta Tierra por acción de la fuerza de gravedad. El aire es esencial para la vida en el planeta.

- **Aire puro:** se define como aquél que no tiene partículas sólidas y líquidas.
- **Aire seco:** es aquél que no tiene vapor de agua.

Tanto las partículas sólidas como el vapor de agua se encuentran en forma natural en la atmósfera.

El aire tiene tres propiedades: El aire pesa, el aire ocupa un lugar y el aire no tiene una forma fija.

El agua representa el 80% de la composición de la mayoría de los organismos e interviene masiva y decisivamente en la realización de sus procesos metabólicos; asimismo, desempeña un importante papel en la fotosíntesis de las plantas y sirve de hábitat a una gran parte de los seres vivos. Es un líquido inodoro: no tiene olor salvo cuando contiene sustancias disueltas. Es insípido, lo que significa que no posee un sabor determinado. Y es incoloro, es decir, no tiene color y, en su estado puro, es completamente transparente. El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque esta puede hallarse en su forma sólida, llamada hielo, y en su forma gaseosa, denominada vapor.

¿Cómo ha Cambiado el Ambiente?

Cuántas cosas se hacen de una u otras formas en los últimos años, tanto como para mejorar la calidad de vida de las personas, como también para poner en desventaja la existencia de las futuras generaciones, se han tenido avances tecnológicos muy importantes los cuales han mejorado mucho el qué hacer en todas las áreas de desarrollo del ser humano, pero ¿Cuál ha sido el costo ambiental de eso?

Muchos de los impactos, tanto positivos como negativos, que los seres humanos tienen sobre los ecosistemas tardan en manifestarse. Esto puede hacer que los costes asociados a los cambios actuales en los ecosistemas sean trasladados a generaciones futuras. Por ejemplo, el empleo de fuentes de agua subterránea puede superar la capacidad de recarga durante algún tiempo hasta que comiencen a aumentar sustancialmente los costes de extracción. En general, la gente gestiona

los ecosistemas de tal forma que aumentan los beneficios a corto plazo sin tener en cuenta o ignorando los costes a largo plazo.

Los distintos servicios de los ecosistemas tienden a cambiar en escalas de tiempo diferentes, de forma que resulta difícil para los que gestionan, evaluar correctamente las contrapartidas negativas de las decisiones. Por ejemplo, los servicios de apoyo (como la formación de suelo o el crecimiento vegetal) y los servicios de regulación (como la regulación del agua y de enfermedades) tienden a cambiar en escalas de tiempo mucho mayores que los servicios de provisión. En consecuencia, suelen pasarse por alto los impactos en aquellos servicios que cambian más lentamente.

El grado de inercia de los distintos generadores de cambio en los ecosistemas difiere considerablemente. La velocidad a la que reacciona un generador de cambio influye mucho en la rapidez con la que pueden resolverse problemas de un ecosistema una vez identificados. Algunos generadores de cambio, como la sobreexplotación de ciertas especies, presentan desfases temporales más bien cortos y el impacto del generador de cambio puede ser reducido o detenido rápidamente. La carga de nutrientes y especialmente el cambio climático presentan desfases mucho mayores de forma que los efectos de tales generadores de cambio no pueden reducirse en años o décadas. La extinción de especies debido a la pérdida de hábitat también presenta un gran desfase temporal. Incluso si se detuviese ahora la pérdida de hábitat, se tardarían cientos de años en conseguir que el nuevo número de especies alcance un nuevo equilibrio más bajo, en respuesta a los cambios de hábitat que ocurrieron en los últimos años.

Para algunas especies este proceso puede ser rápido, pero para otras, como es el caso de los árboles, puede llevar siglos. En consecuencia, reducir el ritmo de pérdida de hábitats sólo tendría un pequeño impacto en las tasas de extinción del próximo medio siglo, pero conduciría a beneficios sustanciales a largo plazo. Los desfases temporales entre la reducción de los hábitats y la extinción ofrecen una oportunidad a los humanos para restaurar hábitats y rescatar especies de la extinción.

La mayoría de los cambios en los ecosistemas y en sus servicios son graduales e incrementales, de forma que, al menos en principio, son detectables y predecibles.

Sin embargo, existen muchos ejemplos de cambios no formales o no intencionales y en ocasiones abruptos. Un cambio puede ser gradual hasta que una presión determinada en el ecosistema alcanza un umbral a partir del que ocurren cambios rápidos que llevan a un nuevo estado. Algunos de estos cambios pueden ser muy amplios y generar impactos sustanciales en el bienestar humano. Las capacidades para predecir cambios no intencionales están mejorando, sin embargo, en la mayoría de los casos, la ciencia aún no es capaz de predecir los umbrales exactos

Acciones e Impactos que hoy en día afectan por los cambios ambientales

Aparición de Enfermedades Contagiosas. Una epidemia se propaga si se sobrepasa un cierto umbral de transmisión, esto es, si de cada persona infectada contagia al menos a una persona más. La epidemia desaparece cuando la tasa de contagio es menor. Cuando las personas viven muy cerca unas de otras y en contacto con animales infectados, las epidemias pueden propagarse rápidamente gracias a la interconexión y gran movilidad de la población mundial. La aparición casi instantánea del SARS en diferentes partes del mundo es un ejemplo de ese potencial, aunque una acción rápida y efectiva contuvo su propagación.

Floración de algas y muerte de peces. La excesiva carga de nutrientes causa la eutrofización de ecosistemas costeros y de agua dulce. Si bien pequeños aumentos en la carga de nutrientes suelen causar sólo pequeños cambios en los ecosistemas, una vez que se alcanza cierto umbral, los cambios pueden ser abruptos y generalizados, causando explosiones en el crecimiento de algas. La eutrofización severa puede matar la fauna acuática al aparecer zonas con poco oxígeno.

Colapso de Pesquerías. Los colapsos de poblaciones de peces han sido habituales tanto en pesquerías marinas como de agua dulce. Un nivel moderado de capturas suele tener un impacto relativamente reducido, pero una vez que aumentan las capturas se alcanza un umbral a partir del cual no quedan suficientes peces adultos para producir la suficiente reproducción de peces que aguante tal nivel de capturas. Por ejemplo, las reservas atlánticas de bacalao procedentes de la costa este de Terranova colapsaron en 1992, causando el cierre forzado del caladero.

La introducción y la pérdida de especies. Estas acciones también pueden causar cambios no formales en los ecosistemas y sus servicios. Por ejemplo, la pérdida de las nutrias marinas en numerosos ecosistemas costeros de la Costa

Pacífica de Norteamérica debido a la caza, condujo a un boom de las poblaciones de erizos de mar (especie que sirve de alimento para las nutrias) que a su vez originó la pérdida de los bosques de las algas kelp (que sirven de alimento para los erizos de mar).

Figura 5
Nutria controlando la población de erizos de mar



Fuente: Ilustración tomada de Nutrias marinas: las guardianas del bosque de algas marinas de la bahía de Monterey (Erika Mahoney, 2021)

Cambio climático regional. La vegetación de una región influye en el clima ya que afecta a la cantidad de luz solar que se refleja, a la cantidad de agua que liberan las plantas en la atmósfera y a la cantidad de viento y erosión. En la región del Sahel, la cobertura vegetal está fuertemente relacionada con la cantidad de precipitaciones. Cuando hay vegetación, el agua de lluvia se recicla rápidamente, aumentando en general el nivel de precipitaciones y conduciendo, a su vez, a una mayor densidad de vegetación. La degradación de la tierra reduce el reciclaje de agua y puede haber contribuido a la reducción de las precipitaciones en la región del Sahel durante los últimos 30 años.

Figura 6 Región de Sahel, cambio agresivo en su ecosistema



Nota. Región comprendida como una franja del continente africano entre Senegal y Sudán, donde después de ser muy copiosa por las lluvias se ha reducido considerablemente, generando riesgo alimentario y cambio en el ecosistema.
(Cachinero, 2021)

Los ecosistemas son resistentes a las alteraciones hasta alcanzar cierto umbral, es decir que son capaces de aguantarlas o de recuperarse de ellas. Los cambios que los seres humanos causan en los ecosistemas pueden mermar esta capacidad de resistencia y aumentar la probabilidad de que se den cambios abruptos, con consecuencias importantes en el bienestar humano.

Las especies que integran un ecosistema pertenecen a distintos grupos funcionales. En cada grupo, diferentes especies pueden contribuir de forma similar a los procesos y servicios de los ecosistemas, pero su respuesta a las fluctuaciones del medio ambiente puede ser diferente. Esta diversidad en la respuesta permite a los ecosistemas ajustarse a los medio ambientes cambiantes y mantener los procesos y servicios. La pérdida de biodiversidad que está teniendo lugar en estos momentos, tiende a reducir la resistencia de los ecosistemas.

Los cambios repentinos en ecosistemas no son excepcionales, pero se vuelven mucho más probables a medida que aumentan las presiones inducidas por el ser humano en los ecosistemas. Por ejemplo, a medida que la población humana gana en movilidad, más y más especies están siendo introducidas en nuevos hábitats, lo que incrementa el riesgo de que surjan plagas dañinas.

Una vez que un ecosistema ha sufrido un cambio no formal, la recuperación hasta llegar a alcanzar el estado original es generalmente lenta, costosa y, en ocasiones, incluso imposible.

El Valor de la Energía

La energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, el concepto de energía se define como la capacidad de hacer funcionar las cosas.

Casi toda la energía que utiliza el hombre tiene su origen en el Sol. La gran cantidad de energía que éste produce llega a nuestro planeta en forma de radiación electromagnética, que nos da luz y calor, y de esta manera hace posible la vida. Esta energía que nos llega del Sol, se puede aprovechar de diversas maneras.

La energía ha constituido una pieza clave para el desarrollo de la humanidad. El hombre, desde el principio de su existencia, ha necesitado la energía para sobrevivir y avanzar. Pero ¿qué es la energía y por qué tiene tanta importancia?

La unidad de medida que utilizó para cuantificar la energía es el joule (J), en honor al físico inglés James Prescott Joule.

Tipos de Energía

La energía se manifiesta de diferentes maneras, recibiendo así diferentes denominaciones según las acciones y los cambios que puede provocar.

Energía Mecánica. La energía mecánica es aquella relacionada tanto con la posición como con el movimiento de los cuerpos y, por tanto, involucra a las distintas energías que tiene un objetivo en movimiento, como son la energía cinética y la potencial.

- La energía potencial hace referencia a la posición que ocupa una masa en el espacio.
- La energía cinética por su parte se manifiesta cuando los cuerpos se mueven y está asociada a la velocidad.

Energía Interna. La energía interna se manifiesta a partir de la temperatura. Cuanto más caliente esté un cuerpo, más energía interna tendrá.

Energía Eléctrica. Cuando dos puntos tienen una diferencia de potencial y se conectan a través de un conductor eléctrico se genera lo que conocemos como energía eléctrica, relacionada con la corriente eléctrica.

Energía Térmica. Se asocia con la cantidad de energía que pasa de un cuerpo caliente a otro más frío manifestándose mediante el calor.

Energía Electromagnética. Esta energía se atribuye a la presencia de un campo electromagnético, generado a partir del movimiento de partículas eléctricas y magnéticas moviéndose y oscilando a la vez. Son lo que conocemos como ondas electromagnéticas, que se propagan a través del espacio y se trasladan a la velocidad de la luz.

El Sol es un ejemplo de ondas electromagnéticas que se pueden manifestar como luz, radiación infrarroja y también ondas de radio.

Energía Química. La energía química se manifiesta en determinadas reacciones químicas en las que se forman o rompen enlaces químicos. El carbón, el gas natural o el funcionamiento de las baterías son algunos ejemplos del uso de esta energía.

La energía Nuclear. La energía nuclear es la que se genera al interactuar los átomos entre sí. Puede liberarse a través de su rotura, lo que se conoce como fisión, o de su unión, lo que se denomina fusión.

Figura 7
Representación de los tipos de energía básicos



Fuente: Energía potencial (Gómez, 2022)

Propiedades de la Energía

Se Transforma. La energía no se crea, sino que se transforma y es durante esta transformación cuando se manifiestan las diferentes formas de energía.

Se Conserva. Al final de cualquier proceso de transformación energética nunca puede haber más o menos energía que la que había al principio, siempre se mantiene. La energía no se destruye.

Se Transfiere. La energía pasa de un cuerpo a otro en forma de calor, ondas o trabajo.

Se Degrada. Solo una parte de la energía transformada es capaz de producir trabajo y la otra se pierde en forma de calor o ruido (vibraciones mecánicas no deseadas).

Transferencia de Energía

Existen tres formas principales de transferir energía de un cuerpo a otro:

Trabajo. Cuando se realiza un trabajo se pasa energía a un cuerpo que cambia de una posición a otra. Como ocurre, por ejemplo, si se empuja una caja para desplazarla: se está realizando un trabajo para que su posición varíe.

Ondas. Las ondas son la propagación de perturbaciones de ciertas características, como el campo eléctrico, el magnetismo o la presión. Al moverse a través del espacio transmiten energía.

Calor. Es un tipo de energía que se manifiesta cuando se transfiere energía de un cuerpo caliente a otro cuerpo más frío. Esta energía puede viajar de tres maneras principales:

Conducción. Cuando se calienta un extremo de un material, sus partículas vibran y chocan con las partículas vecinas, transmitiéndoles parte de su energía.

Radiación. El calor se propaga a través de ondas de radiación infrarroja (ondas que se propagan a través del vacío y a la velocidad de la luz).

Convección. Es propia de fluidos (líquidos o gaseosos) en movimiento.

Según el Programa Hábitat de la Organización de Naciones Unidas, “las ciudades necesitan establecer políticas sólidas y estándares para desarrollar sistemas urbanos de energía sostenible y para disminuir el uso de tecnologías y prácticas no sostenibles.

Los gobiernos no deben sólo ejercer la legislación para regular el uso y consumo energético, también deben incentivar medidas que estimulen la investigación, la innovación y lo más importante, la adopción de tecnologías más verdes y eficientes.

Un buen estado de colaboración y entendimiento mutuo entre el sector privado, que administra la mayoría de los sistemas de energía en el mundo y las entidades supervisoras es primordial para los intereses comerciales a corto plazo, no para hacer sombra a las preocupaciones ambientales a largo plazo y oportunidades de desarrollo sostenibles".

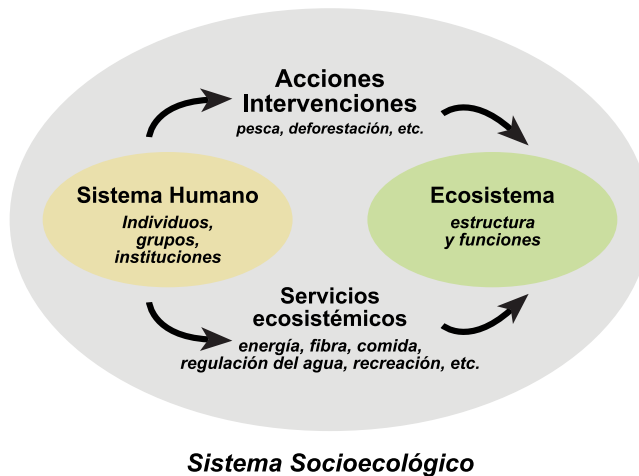
Para ONU Hábitat, que trabaja para promover el desarrollo de asentamientos humanos sostenibles, los gobiernos deberían buscar colaboración entre socios locales e internacionales con el fin de permitir que las empresas locales fortalezcan su conocimiento, experiencia y alcance en el mercado.

"Los gobiernos de los países en vías de desarrollo deberían considerar alianzas público-privado para desarrollar sistemas de energía, ya que los costos actuales no pueden ser afrontados sólo por el país.

Para cada ciudad con capacidad de adaptarse a sus particularidades locales, las autoridades deben diseñar sistemas de energía e infraestructura descentralizado, y también que se permita tener legislación específica y sistemas de impuestos para promover el uso energía sostenible o para frenar y disuadir el uso de contaminantes, tecnologías ineficientes y hábitos de consumo”.

El Costo del Desarrollo

Figura 8
Sistema Socio ecológico



Fuente: Adaptado de Resilience Alliance (2007) *Assesing and Managing Relillience in Social-Ecological: Supplementary Notes to the Practitioners Workbook, Vol.2

No es posible dejar de avanzar en el desarrollo de la vida de los seres humanos, toca adaptarse a los cambios, aunque esto implique que sean

consecuencias de las acciones que la misma humanidad haya provocado con el transcurso del tiempo y por su falta de conciencia o responsabilidad con su ambiente.

Y es que la palabra “necesidad” es una de las tantas utilizadas para poder diseñar o desarrollar mejoras en las técnicas en todas las disciplinas conocidas por el hombre con el afán de dinamizar financiera o económicamente al mundo, no está demás decir que muchas de esas necesidades son provocadas con intención para satisfacer superficialmente a las personas, pero el dar lugar a estas mejoras, innovaciones u otros aspectos ¿Cuánto afectan al ambiente? ¿Cuán sostenible es o cuánto impacto tendrá en el tiempo estas acciones? Revisemos algunos conceptos y aspectos.

¿Cuál es el Costo Ambiental?

Se denomina así al valor económico que se les asigna a los efectos negativos de una actividad productiva para la sociedad (contaminación, pérdida fertilidad del suelo, etc.).

Durante muchos años, la economía tradicional ha ignorado tanto los costos ambientales como los sociales. Sin embargo, una verdadera integración económica debe ir a la par de la implementación de medidas regulatorias que no coarten la actividad económica y que contribuyan a un desarrollo sostenible, lo que incluye en todos los casos una gestión ambiental de los recursos en donde se vea implicada la ciudadanía, no como grupo de presión, sino como personas partícipes al tomar decisiones con consecuencias ambientales.

Es precisamente en este esquema donde la economía ambiental surge como disciplina para buscar o por lo menos plantear vías favorables que conlleven a la optimización en la explotación de recursos naturales, cuyas reservas son escasas.

¿Cómo se Debe de Comprender la Economía Ambiental?

La economía ambiental abarca el estudio de los problemas ambientales empleando la visión y las herramientas de la economía. Actualmente, existe un concepto erróneo de esta disciplina, ya que lo primero que se piensa es que su campo de estudio es en su totalidad sobre decisiones de negocios y cómo obtener rendimientos en el modo de producción capitalista principalmente, aunque esto

no significa que los otros sistemas políticos no influyen directamente también. Pero la Economía se enfoca en las decisiones que realizan los actores económicos sobre el uso de recursos escasos.

Las mejores propuestas para alcanzar la protección y preservación del medio ambiente, se basan en la concientización de las personas en sus ámbitos de consumo, y en la responsabilidad inherente de las instituciones privadas y públicas de crear incentivos que conduzcan a tomar decisiones en una dirección determinada.

Cualquier estructura económica producirá un impacto ambiental destructivo si los incentivos no están encaminados a evitarlo. El incentivo es una ganancia adicional que influye sobre el comportamiento de las personas. Por ejemplo, una persona que está acostumbrada a tirar desechos de aluminio a la calle, de pronto se da cuenta que le resulta más rentable juntarlos y venderlos para su reciclaje.

Otros aspectos que influyen en el comportamiento de las personas son los factores psicológicos como la autoestima o la satisfacción de haber realizado una acción positiva.

Realmente ¿Quién Paga el Costo Ambiental?

Las múltiples etapas de un proceso productivo (extracción, separación, filtración, elaboración, transporte, etc.) traen implícitas un impacto ambiental que es omitido y que en ningún momento se devuelve a la naturaleza. Erosión, polución, extinción de especies son costos que no se pagan a la hora de consumir. Pero lo cierto es que los recursos naturales se van “gastando y consumiendo”, y hay un costo que es irreductible en cualquier modelo de desarrollo. La cuestión entonces más importante es quién debe pagar este costo. Para ello, hay que resolver un problema político fundamental, que es el de la distribución de los costos y beneficios del desarrollo en términos ambientales. ¿Quién paga el costo ambiental?: ¿las propias empresas productoras o los consumidores que lo generan?, ¿el Estado, algunas clases sociales, generalmente las más pobres, o las generaciones futuras

El concepto de externalidad según la RAE está en íntima relación con lo arriba descrito. La externalidad es el costo de una actividad productiva, que no es tomado en cuenta por el sujeto que toma decisiones económicas, puesto que las transfiere a otras personas o a la sociedad como un todo. Las externalidades pueden afectar bienes públicos, bienes comunes o bienes privados.

En esa línea se puede citar a J. Stiglitz, que propone la siguiente definición: “Siempre que una persona o una empresa emprende una acción que produce un efecto en otra persona u otra empresa por el que esta última no paga ni es pagada, decimos que hay una externalidad”.

En un principio se pensaría que el que tira la basura, debe recogerla, y también que el daño ambiental ya probado debe ser reparado. Fundado en la equidad, reparar ese daño es de imperiosa justicia a fin de obligar a “internalizar” los costos del daño ambiental causado, que ha perjudicado el desarrollo humano, la calidad de vida y el bienestar general de los actores y les ha impedido gozar de un ambiente sano y equilibrado.

En cuanto a los costos ambientales que genera toda forma de producción, las empresas pueden considerar pasar estos costos al precio del producto, o reflejarlos en las utilidades de los accionistas, aunque no se resolvería nada: se pagaría permanentemente lo que no se deja de destruir. Por ejemplo, si se realiza la deforestación en el Amazonas, aunque paguemos por ello, muchas especies van a dejar definitivamente de existir, con las consecuencias también destructivas que supone para el ecosistema.

Es precisamente en esta instancia donde el Estado debe intervenir mediante diversos mecanismos que permitan regularizar un comportamiento sobre muchos de los recursos naturales, que carecen de esos derechos. Para ello, el Estado debe exigir a las empresas una planeación estratégica que incluya el cumplimiento de las leyes ambientales, la implementación de medidas correctoras, auditorías ambientales constantes y una evaluación de impacto ambiental adecuada y porque no, certificaciones internacionales normativas como la ISO 14001.

¿Qué se Debe de Observar en Una Evaluación del Impacto Ambiental?

Hoy sabemos que todas nuestras actividades tienen impacto ambiental, ya que casi todo lo que hacemos modifica lo que nos rodea. Quien siembra un potrero con trigo o toma un antibiótico, o construye un camino, altera la biodiversidad. Si se utiliza el fuego para cocinar o abrigarse o se desplaza en un vehículo para trabajar, se aumentan las emisiones de gases. Lo que interesa es saber cómo se evalúa ese impacto y si lo que se realiza justifica el costo ambiental.

Esas externalidades tienen un costo que en ocasiones no se debe aceptar y en otras puede, y en muchos casos debe, ser incorporado al precio del producto o del servicio que las genera. Para eso sirve la evaluación del impacto ambiental, que además debe hacerse con participación de la sociedad civil.

La evaluación del impacto ambiental de un proyecto que pueda afectar significativamente el ambiente debe servir además para decidir la internalización del costo ambiental y para manejar el riesgo si este es manejable, lo que probablemente implica un costo económico

¿Cómo se Debe Asumir la Responsabilidad Ambiental?

La responsabilidad ambiental se asume a través de un concepto cultural: es una toma de posición del hombre consigo mismo, con los demás como grupo social y con la naturaleza, como medio que por él es transformado. Es a la vez una experiencia práctica y un proceso de conocimiento que construye la conciencia de ser en la naturaleza y de ser para sí mismo.

Por el carácter público de estos bienes su tutela corresponde, por lo general, a los poderes públicos. La peculiar naturaleza del bien medio ambiente y el riesgo de un inmediato e irreparable deterioro del mismo por causas de acciones perturbadoras de individuos o colectivos hace necesaria la intervención del Estado, que debe asumir la iniciativa de esta materia aplicando los preceptos del Derecho Ambiental, velando por que no se deterioren esos bienes y sancionando a quienes los vulneren, si aspira a una tutela eficaz del entorno.

¿Cuán Efectivas Son las Acciones Realizadas en Función del Derecho Ambiental?

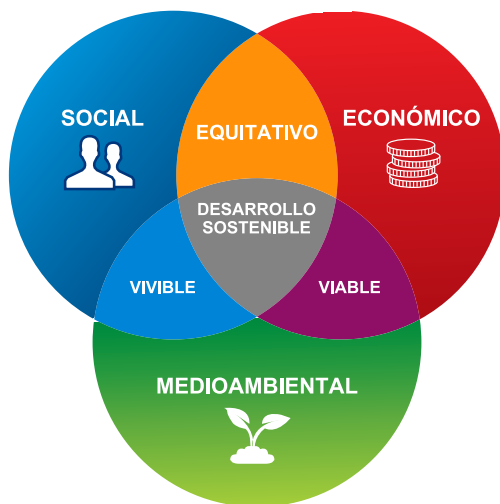
Ante las reiteradas agresiones que el hombre realiza al medio ambiente es necesario que los Estados recurran al medio coercitivo y coactivo por excelencia de control social que es el Derecho para evitar que se siga degradando el mismo.

El Derecho Ambiental es un campo de preceptos jurídicos de naturaleza multidisciplinaria, que tiene como cometido proteger y conservar los recursos naturales renovables y no renovables, las bellezas escénicas y el ambiente humano, establece políticas ambientales para actividades productivas y servicios, y previene y mitiga los riesgos y desastres naturales.

Para poder llevar a cabo tan complejo cometido, el Derecho Ambiental ejerce la acción coercitiva, sin la cual el derecho no funciona, y establece las normas jurídicas ambientales y las sanciones correspondientes a su violación.

La Sostenibilidad Ambiental

Figura 9
Equilibrio entre economía, sociedad y medio ambiente



Fuente: TRIPLE BALANCE, Emprendimiento inclusivo con impacto positivo.

Considerar o apreciar acciones bajo un parámetro de bueno o malo es un concepto muy relativo, ya que involucra el contar con todos los posibles agentes que interfieren con dicho acto, pero no así podemos tomar esto para considerarlo y rescatar aquellos aspectos importantes viendo ventajas y desventajas de manera general.

El Desarrollo Sostenible

Es la capacidad de una sociedad para cubrir las necesidades básicas de las personas sin perjudicar el ecosistema ni ocasionar daños en el medio ambiente. De este modo, su principal objetivo es perpetuar al ser humano como especie, satisfaciendo sus necesidades presentes y futuras, mediante el uso responsable de los recursos naturales.

Para alcanzar el denominado desarrollo sostenible se tienen que cumplir una serie de requisitos que permitan alcanzar un estado de equilibrio entre economía, sociedad y medio ambiente:

- Economía: viable y equitativa.
- Sociedad: equitativa y vivible.
- Medio ambiente: vivible y viable.

Problemas que Impiden el Desarrollo Sostenible. En la actualidad es complicado que el desarrollo sostenible se lleve a cabo y está más cerca de ser una utopía que una realidad. Existen numerosos obstáculos que nos impiden alcanzar el desarrollo sostenible ideal, entre los cuales merece la pena destacar los siguientes:

- Desigualdad social, pobreza y superpoblación.
- Destrucción de hábitats, alteración de paisajes naturales y extinción de especies.
- Calentamiento global y destrucción de la capa de ozono como consecuencia de la contaminación.
- Deforestación y agotamiento de los recursos naturales.

¿Cómo Alcanzar el Desarrollo Sostenible? Todo ciudadano puede ejercer presión sobre las autoridades locales para que tomen medidas en la dirección del desarrollo sostenible. Además, podemos adoptar hábitos para cuidar el medio ambiente en nuestro día a día. Toda acción cuenta para promover el cambio social y concienciar sobre la necesidad de proteger los espacios naturales.

¿Cómo cuidar del Medio Ambiente? Hoy en día se llevan a cabo numerosas campañas publicitarias para fomentar el cuidado del medio ambiente y son muchas las organizaciones que luchan continuamente para crear conciencia sobre la necesidad de proteger nuestro planeta.

¿Por qué Ahorrar en Casa y Cuidar el Planeta? Hay muchas buenas razones para proteger el medio ambiente. La razón fundamental para cuidar el medio ambiente es que debemos legar un planeta habitable a las futuras generaciones de seres humanos. Además, hay otros motivos que pueden animar a los más indecisos, como el ahorro de energía, el manejo de desechos en casa, generar espacios verdes, etc. Teniendo en cuenta que la economía juega un papel fundamental en la sociedad e impacta en la vida cotidiana.

CAPÍTULO II

CONOCIENDO LA GEOTERMIA COMO OPORTUNIDAD DE DESARROLLO EN EL SALVADOR



Riqueza Natural en el Calor de la Tierra

Figura 10

Entrada al área de concesión del campo geotérmico Chinameca



Fuente: Fotografía tomada por el investigador

El Municipio de Chinameca está ubicado a 25.6 km de la ciudad de San Miguel en el oriente de El Salvador, tomando la carretera CA-1; de igual forma está a 120.7 km de San Salvador por la misma carretera que interconecta a las principales ciudades del país.

El proyecto se ubica en los Cantones San Antonio y Copinol Primero, municipio de Chinameca, departamento de San Miguel. Como puntos de referencia se menciona la Ciudad de Chinameca a 3.5 km aproximadamente del sitio de la central geotérmica, la cual se ubica en la finca El Sambranal, del Cantón Copinol Primero. El proyecto geotérmico se encuentra dentro del área de concesión del campo geotérmico Chinameca.

Debido al tipo de actividades a desarrollarse durante el proceso de construcción y ejecución de la central geotérmica se pueden considerar 3 tipos de zonas influenciadas:

- Área directamente afectada: esta área se asocia al proceso constructivo del proyecto que son 12.24 hectáreas
- Área de influencia directa: comprendida por el entorno inmediato al área directamente afectada por la central geotérmica, El cual tendrá un radio de influencia de 300 m alrededor de las plataformas y una franja de 75 m alrededor de las líneas de acarreo.
- Área de influencia indirecta: se considera un radio de 500 m alrededor de las plataformas y una franja de 150 m alrededor de las líneas de acarreo, sumando al área de la microcuenca. Aspectos socioeconómicos más amplios se extendería a parte del Cantón San Antonio y Copinol Primero donde se emplaza la estación geotérmica a los cantones aledaños de Zaragoza, Las Mesas, Copinol Segundo y Ojo de Agua; así como el área urbana de Chinameca.

Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en el montaje y puesta en operación de una unidad de condensación simple de ciclo bifásico con procesamiento geotérmico de hasta 25 MW en el sitio conocido como finca El Sambranal, todo el montaje operativo del proyecto consiste en 7 estructuras clasificadas de la siguiente manera: 3 estaciones de procesamiento, 2 plataformas para extracción de vapor de pozos y 2 plataformas de reinyección por medio de pozo y tubería.

Asimismo, también incluye actividades de perforación de geotérmico profundo, construcción de 2 estaciones de separación y el montaje de líneas de acarreo de fluido geotérmico bifásico (agua-vapor), vapor, agua geotérmica caliente, agua geotérmica fría y agua de condensado, también el proyecto incluye un sitio para la disposición de material de terracería en la ejecución de las obras.

El proyecto se emplaza sobre 23 terrenos para la construcción de los diferentes componentes los cuales están debidamente legalizados y cuentan con los permisos correspondientes tanto en el Ministerio de Medio Ambiente como también en la Unidad de Medio Ambiente de la Alcaldía Municipal de Chinameca.

El proyecto tendrá 2 grandes etapas:

1. Etapa de Ubicación y Construcción
2. Etapa de funcionamiento

Las principales actividades para desarrollarse son:

- a) Preparación del sitio
- b) Obras civiles y perforación
- c) Montaje electromecánico
- d) Operación o funcionamiento
- e) Mantenimiento

Etapa de Construcción de Obras Civiles e Instalación de Equipos Electromecánicos

Durante la construcción de obras civiles se realizará la preparación del sitio en un área de 122,391.88 m², para lo cual los accesos al proyecto son existentes, con la excepción del acceso interno a la central geotérmica el cual debe de ser ampliado y mejorado.

Las obras civiles finalizan con la construcción de la edificación e infraestructura para la central geotérmica, estaciones de separación y líneas de acarreo, de forma paralela se inicia el montaje de tubería de acarreo, equipos mecánicos y eléctricos.

Etapa de Funcionamiento

La etapa de funcionamiento consiste en la operación y mantenimiento de la central geotérmica y todos sus componentes. La operación de la unidad a condensación consiste en el uso de la transferencia de energía presente en el vapor geotérmico, una vez ha sido separada el agua isotérmica en las estaciones de separación, para lo cual se identifican 2 procesos principales en la turbina, la cual es la encargada de producir la energía eléctrica. Estos procesos son los siguientes:

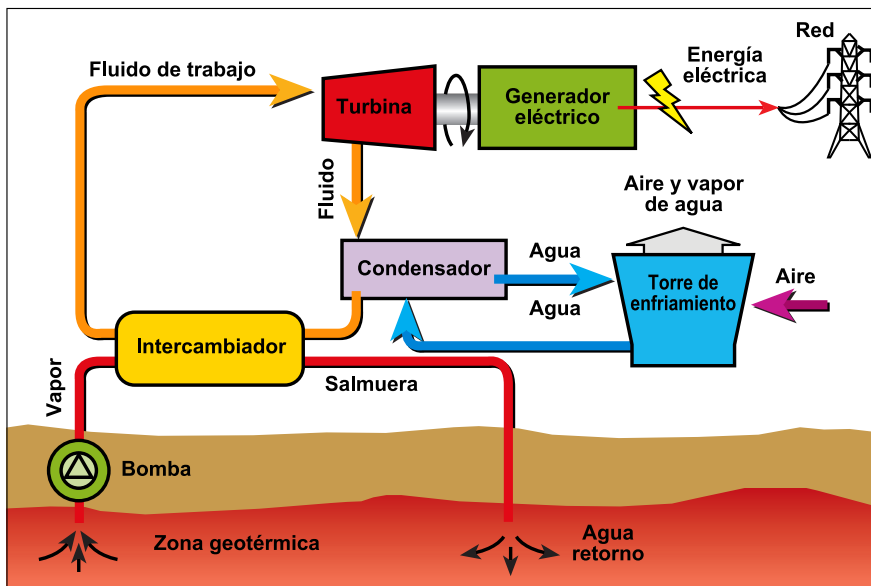
- a) Vapor a la entrada de la turbina: el vapor que proviene de las estaciones de separación ingresa a la turbina de la unidad a condensación, donde ésta producirá trabajo mediante la conversión de la energía térmica del vapor en energía mecánica.
- b) Vapor a la salida de la turbina: una vez expandido el vapor a la salida de la turbina, este se dirige en condición de vapor exhausto hacia el condensador a partir de donde se someterá a los siguientes procesos: condensación del vapor, bombeo del condensado hacia la torre de

enfriamiento, enfriamiento del condensado y retorno del condensado al condensador.

El agua geotérmica caliente (proveniente de las estaciones de separación), excedente de agua de condensado (proveniente de las torres de enfriamiento que no es retornado al condensador) y agua geotérmica fría (proveniente de pruebas de producción y eventuales fallos o disparos de equipos) se disponen por medio de pozos de reinyección.

Cada uno de los procesos con los cuales opera la central geotérmica son procesos bases los cuales se utilizan en centrales de perforación profunda a nivel mundial.

Figura 11
Diagrama del ciclo de generación de energía geotérmica de ciclo bifásico



Fuente: tomado del artículo llamado
“Energía Geotérmica, Energías Renovables” Germán Portillo (2019)

Conociendo la Energía Geotérmica

La palabra geotérmica tiene su origen en el griego, donde «geos» es tierra y «thermos» significa calor; El calor de la Tierra. La primera planta para la producción de energía se instaló en Italia alrededor de 1904.

La energía geotérmica es la energía que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor interno de la Tierra, que globalmente se puede considerar continua e inagotable a escala humana. Un yacimiento geotérmico es una zona del subsuelo donde el recurso geotérmico es susceptible de ser aprovechado por el hombre.

Se caracteriza la energía geotérmica por:

- Es una fuente de energía renovable e infinita porque el calor acumulado en el subsuelo se renueva constantemente.
- Es una energía que aprovecha la fuente energética almacenada en el subsuelo para generar electricidad, calor, refrigeración y ACS (Agua caliente).
- Es una fuente de energía sostenible, autóctona, segura, poco invasora con respecto a un impacto ambiental en el suelo si es tratada de la manera correcta y con mecanismos de equilibrio ambiental.
- Una de las mayores ventajas de la geotermia es que genera energía de forma constante y continua, sea de día o de noche y aunque la climatología cambie.

Se puede utilizar tanto para alimentar a pequeñas casas como para grandes edificaciones, para la red eléctrica o sector industrial.

El yacimiento geotérmico se clasifica de acuerdo con el nivel energético del recurso que contienen y a su uso en la humanidad. Por su nivel energético se clasifica por sus temperaturas y por su uso por la profundidad en que se excava para poder hacer uso de ella.

Clasificación por su Nivel Energético

De Alta Temperatura. Existen en las zonas más activas de la corteza de la Tierra a temperaturas superiores a 150°C. Son yacimientos de los cuales se

puede extraer bastante calor para producir energía eléctrica a partir de vapor de agua. Se localizan principalmente en zonas con gradientes geotérmicos (relación entre la variación de temperatura y la profundidad) elevados y se sitúan a profundidades muy variables.

De Media Temperatura. Generalmente alcanzan temperaturas entre 100 y 150°C, lo cual permite su aprovechamiento para producción de electricidad, pero con un rendimiento menor que los de alta temperatura. El aprovechamiento también puede ser directo en forma de calor para sistemas de calefacción urbanos o usos industriales. Se localizan en áreas con un contexto geológico y estructural favorable y un gradiente superior a la media.

De Baja Temperatura. Alcanzan temperaturas entre 30 y 100°C. Su utilización se centra en usos térmicos en sistemas de calefacción urbanos, en procesos industriales y en balnearios. Se localizan habitualmente en zonas con un contexto geológico favorable con presencia de acuíferos profundos, aunque el gradiente puede ser próximo al gradiente medio.

De muy Baja Temperatura. Son los yacimientos unos metros por debajo de la superficie del suelo (unos 2 metros aproximadamente) la temperatura es inferior a los 30°C (15°C a 19°C). Se suelen utilizar como intercambiador térmico en sistemas de climatización mediante bomba de calor. Estos yacimientos se pueden localizar en cualquier punto, ya que el gradiente geotérmico sólo condiciona la eficiencia del sistema.

Clasificación por su Nivel de Uso

En un sentido práctico, se suele dividir en dos grandes grupos: *geotermia profunda* (Producir electricidad y usos térmicos directos) y, por otra parte, *geotermia superficial o somera* (Aplicaciones térmicas indirectas). En ambos casos, van en concordancia con la temperatura que se puede alcanzar:

Tabla 1
Clasificación por su Nivel de Uso

Según profundidad	Temperatura del fluido	Aplicaciones	Uso general
Geotermia profunda (Uso a gran escala)	Alta temperatura > 150°	Producción de electricidad (Central geotérmica)	Producir energía renovable
	Media temperatura 100 - 150°	Producción de electricidad con ciclos binarios (Central geotérmica)	Producir energía renovable
	Baja temperatura 30 - 100°	Aplicaciones térmicas directas (Puede necesitar bomba de calor)	Calefacción y refrigeración urbana geotérmica: edificios residenciales, invernaderos, piscinas, industrias, balnearios y muchos más
Geotermia somera o superficial (Uso doméstico)	Muy baja temperatura < 30°	Aplicaciones térmicas indirectas (Bomba de calor geotérmica)	Climatización, ACS y Calefacción por medio de bomba de calor geotérmica

Figura 12
Proceso para conocer cómo funciona la energía geotérmica



Fuente: OVACEN, Energía Geotérmica

Perforación. Primero, realizar ensayos previos de perforación para localizar la zona adecuada y proceder a perforaciones.

Se necesita un estudio exhaustivo del terreno que incluye un análisis de perforaciones y la certificación de la geomorfología del emplazamiento para identificar los yacimientos geotérmicos.

Instalación del Sistema Geotérmico. Después de perforar los pozos, es necesario introducir una o varias sondas geotérmicas. La función de la sonda es realizar la transferencia de calor desde la temperatura del subsuelo hasta el exterior, donde se recoge el calor. Los proyectos geotérmicos son caros.

Producción Eléctrica. Para obtenerla, es necesaria una planta externa - central geotérmica - planta geotérmica, que recoja el vapor y lo convierte en electricidad. Existen 3 tipos de plantas:

- **Plantas de vapor seco:** Estas instalaciones producen directamente electricidad mediante turbinas al extraer vapor seco a más de 150 grados centígrados.
- **Plantas flash. Mezcla de vapor - agua:** Estas instalaciones producen electricidad con el vapor de agua, donde previamente se tiene que separar el vapor de la parte acuosa.
- **Plantas de ciclo binario:** En estas instalaciones cuando el fluido geotermal tiene una baja temperatura o una elevada salinidad, por medio de un fluido, con buen comportamiento termodinámico, se intercambia el calor.

Figura 13
Planta geotérmica externa



Nota. Dependiendo de su tipo cambia su estructura, pero no sus componentes.

En un mundo que necesita cada vez más opciones de energía limpia, la geotérmica llama la atención por los beneficios que proporciona cuando se desarrolla adecuadamente. Puede generar electricidad con un menor impacto ambiental si se utilizan técnicas sensibles al medio ambiente y acciones de equilibrio ecológico, a un menor costo que el requerido por los combustibles fósiles como el petróleo y el carbón. Y por ser una fuente renovable, ayuda a mejorar la seguridad del suministro eléctrico.

A pesar de todos estos beneficios, la complejidad y el coste de iniciar las operaciones son grandes. Esto termina causando retrasos o interrupciones en los proyectos, como ya ha ocurrido en algunos lugares de América Latina y el Caribe, según el estudio Análisis Comparativo de Estrategias para Mitigar los Riesgos Asociados con los Recursos Geotérmicos, de ESMAP, un fondo global de asistencia en proyectos energéticos administrado por el Banco Mundial.

Afrontar este problema es aún más relevante si se tiene en cuenta que la mayoría de las áreas adecuadas para el desarrollo geotérmico son “Green Fields”, es decir, campos vírgenes que necesitan ser desarrollados desde el inicio

Documentos del Banco Mundial por medio del ESMAP, indican que el potencial global de exploración es de entre 70 y 80 GW a nivel mundial. Sin embargo, después de más de 100 años, sólo el 15% de las reservas geotérmicas conocidas en todo el mundo son explotadas para la producción de electricidad, y generan apenas 12GW.

En América Latina y el Caribe se puede encontrar energía geotérmica en Argentina, Chile, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, México y Nicaragua. Curiosamente, la producción en los dos primeros países se considera baja o nula (a pesar de que, en Chile, las inversiones se iniciaron en la década de 1960), mientras que en México existen cuatro campos activos. En Brasil hay pocos estudios dirigidos a la explotación de la energía geotérmica para la generación de electricidad.

La producción de la Geotermia en El Salvador se inició en 1975, con la operación de la primera unidad de 30 MW (Megavatios) en Ahuachapán. Con anterioridad (1956 - 1968) se había ejecutado el mapa geotérmico del país. Actualmente dispone de una capacidad instalada de generación geotérmica de 161 MW (Megavatios). Ahuachapán tiene operativas tres unidades de generación y una capacidad instalada total de 95 MW.

La central y campo geotérmico Berlín opera desde 1992, cuenta con tres unidades de ciclo binario, con una capacidad instalada de 109.4 MW (Megavatios). La producción neta total de la planta es de 102 MW (Megavatios). Con ambas centrales de generación, La GEO dispone de 204.4 MW (Megavatios) de potencia instalada que genera 185 MW (Megavatios) y una participación de aproximadamente el 24% en el mercado eléctrico nacional.

La central geotérmica de Chinameca está en fase de desarrollo y exploración de pozos geotérmicos profundos; para esta planta se pronostica produzca unos 50 MW (Megavatios), los cuales se espera que sumen al aporte nacional energético y así la energía geotérmica pueda llegar a un 30% del mercado eléctrico nacional.

El Salvador -tierra de los volcanes- es el principal productor de generación geotérmica de América Central. Se estima que su potencial geotérmico oscila entre los 700 y los 2.210 MW y que la geotermia podría llegar a abastecer al 40% de la demanda eléctrica nacional.

Los yacimientos geotérmicos con temperaturas superiores a los 150°C se encuentran entre los 600 y 2.750 metros de profundidad.

El costo inicial de la exploración y la perforación de entre tres y cinco pozos geotérmicos oscila entre 20 y 30 millones de dólares. Es una suma pequeña en comparación con el costo total de un desarrollo geotérmico, pero difícil de plantear, dado el riesgo de las operaciones.

Solo para encontrar y confirmar la disponibilidad de recursos energéticos se tarda de dos a tres años. Y luego, toma otros tres a cinco años realizar las perforaciones adicionales con el fin de garantizar el suministro de vapor de agua y la construcción de la planta de energía.

" La mayoría de las áreas adecuadas para el desarrollo geotérmico son Green Fields, es decir, campos vírgenes que necesitan ser desarrollados desde el inicio"

La Importancia de la Energía Geotérmica en el Mundo

Figura 14 Energía geotérmica



Fuente: Enel Green Power (2021)

Ventajas de la Energía Geotérmica

Bajo nuestros pies, a unos pocos kilómetros de profundidad, hay una cantidad de energía suficiente como para satisfacer potencialmente las necesidades de toda la humanidad. Se trata de la energía del calor de la Tierra. Y, aunque de momento la geotermia desempeña todavía un papel marginal en el balance energético mundial, podría convertirse en una de las protagonistas de la transición energética hacia la utilización de fuentes verdes.

La energía geotérmica comparte muchas de sus ventajas con la mayoría de las otras energías renovables. Por ejemplo, respecto a las centrales termoeléctricas tradicionales, alimentadas por combustibles fósiles (el carbón, por ejemplo), permite reducir la producción de gas carbónico, partículas finas y otras sustancias tóxicas que determinan el efecto invernadero y que, por lo tanto, contribuyen al cambio climático. Además, el aprovechamiento de la energía del subsuelo permite reducir el uso de los combustibles fósiles y contribuir al logro de la autosuficiencia energética. La energía geotérmica está dirigida al desarrollo sostenible y es prácticamente gratuita una vez finalizada la instalación de la central. Por otra parte, la historia reciente nos enseña que las prestaciones y la eficiencia de las centrales van mejorando con los años.

Algunas características de la geotermia, a diferencia de las descritas hasta ahora, la distinguen de otras energías renovables como la eólica, la solar y la hidroeléctrica. Se ha organizado en 10 puntos que demuestran cómo el calor natural del subsuelo todavía cuenta con un gran potencial para convertirse en el protagonista del sector energético del futuro.

Disponibilidad Constante. Además de ser prácticamente ilimitada, como muchas otras fuentes renovables, la energía geotérmica tiene la característica de estar siempre disponible. No se resiente por la alternancia entre día y noche como la energía solar, y no depende de las estaciones, del clima o de las condiciones meteorológicas como la energía eólica o la misma energía solar. En promedio, una central geotérmica produce durante 8600 horas al año, mientras que en una central solar la producción media es de, más o menos, 2000 horas al año. Por lo tanto, podemos definir la tasa de producción de la energía geotérmica como constante, al menos a corto y mediano plazo, y por eso más fácil de prever y programar

No Requiere Grandes Espacios, si se Planifica y Desarrolla Adecuadamente. A diferencia de la majestuosidad de los aerogeneradores y de las grandes extensiones de paneles fotovoltaicos, para la geotermia solo se necesitan espacios reducidos si se planifican adecuadamente. Tanto si se trata de una instalación doméstica o de una central a gran escala, la mayoría de los componentes (incluidos los intercambiadores de calor) se encuentran bajo tierra, y solo muy pocos están en superficie. En las grandes centrales los elementos de mayores dimensiones son las torres de refrigeración, seguidas por las turbinas. En algunos casos, las centrales sí pueden tener cierto impacto visual en el paisaje, pero las soluciones arquitectónicas más recientes también limitan este defecto.

Una Energía Silenciosa, si la Técnica Considera el Manejo de la Contaminación en Aire. Mientras funcionan a pleno régimen, las centrales geotérmicas producen un ruido relativamente insignificante e imperceptible, utilizando dispositivos que permiten el control y manejo del ruido. Durante la fase de realización, incluidas las excavaciones, algún ruido es inevitable, pero una vez finalizada la construcción todo queda en silencio relativo, tratado adecuadamente. Y esto vale tanto para las instalaciones domésticas como para las grandes centrales, que como mucho tienen algunas turbinas en funcionamiento.

Creación Récord de Puestos de Trabajo. La geotermia es la energía renovable que genera el mayor empleo inducido. En términos de cantidad y con

estándares internacionales de control geotérmico, se trata de 17 empleos por megavatio instalado, mucho más de los 9 de la energía eólica y los 6 de la fotovoltaica. La generación de empleo directo como indirecto se ve plasmado desde el desarrollo hasta la implementación constante de la planta geotérmica.

Misma Potencia Instalada, más Energía Producida. Como consecuencia del suministro continuo, la energía geotérmica puede funcionar a pleno régimen sin interrupciones (a excepción del mantenimiento). Lo que quiere decir que la energía efectivamente obtenida equivale a la potencia multiplicada por las horas de utilización, a diferencia de las instalaciones fotovoltaicas, hidroeléctricas y eólicas que sólo rara vez operan a máxima capacidad. Por lo tanto, con la misma potencia nominal, la energía obtenida es mayor.

Permite Doble Reciclaje. La energía geotérmica optimiza los recursos. Por un lado, las centrales cuentan con componentes que se pueden recuperar y reutilizar al final de la vida útil de la instalación. Por otro lado, mientras la central está en funcionamiento, los flujos se reorganizan de tal manera que, a través de los conductos de vapor que alimentan la instalación, ponen de nuevo en circulación el calor que no se puede aprovechar de inmediato, permitiendo un ahorro considerable.

Las Centrales son Longevas, Seguras y Confiables. Tanto si se trata de una instalación doméstica o una de gran escala, la duración promedio de la vida útil es muy larga y puede llegar hasta 80 o 100 años. En comparación con una caldera doméstica, que suele funcionar durante unos 15 años, se trata de una longevidad extraordinaria. Además, la ausencia de combustión evita el riesgo de incendios, y la ya larga experiencia adquirida en este tipo de instalaciones garantiza una excelente confiabilidad.

Requiere poco Mantenimiento. Las instalaciones geotérmicas no necesitan un mantenimiento específico fuera de los controles internacionales aplicables a este tipo de industria. Al tratarse de un sistema de circuito cerrado, la presión de los fluidos en las tuberías se mantiene de forma autónoma y el número de elementos eléctricos y mecánicos que pueden fallar es muy limitado.

El Calor de la Tierra También Puede Enfriar. A la hora de hablar de geotermia, se piensa ante todo en energía térmica y en calefacción. Sin embargo, una instalación geotérmica está diseñada tanto para la calefacción como para la

refrigeración. Por eso, al igual que en las grandes centrales, los sistemas geotérmicos pueden instalarse en cualquier tipo de inmuebles: desde viviendas a centros comerciales, desde oficinas a edificios públicos y hasta centros deportivos. Siempre y cuando, por supuesto, la ubicación geográfica sea favorable en cuanto a las características del subsuelo. La técnica de enfriamiento es la versión inversa de todo el proceso desarrollado en la captación de calor subterráneo.

Otras Ventajas También Para el Hogar. La geotermia puede ser llevada al entorno doméstico pues con los nuevos avances tecnológicos en esta área se tienen muchas otras ventajas. Por ejemplo, reduce el consumo de energía global entre un 30% y un 70%, ya que puede funcionar también como caldera o calentador, o sea que puede calentar el agua que se utiliza para la cocina y el baño.

Perspectivas a futuro

Hasta la fecha, el papel de la geotermia ha sido muy marginal dentro del panorama energético mundial. Y aunque es difícil prever si la energía geotérmica sustituirá a otras fuentes renovables también por la dificultad de alcanzar el calor subterráneo, la innovación permite corregir cada vez más los defectos intrínsecos de la geotermia.

El riesgo de tener un impacto en el paisaje, por ejemplo, es cada vez más inferior gracias a soluciones de bioarquitectura las cuales no son aplicadas en todos los lugares del mundo por falta de conocimiento y de conciencia ecológica, sin dejar de lado que no se siguen las reglamentaciones ambientales locales, por lo tanto cuando se tiene una técnica depurada de la bioarquitectura se logra con el tiempo que se integren las centrales en el medioambiente natural y utilizan materiales no contaminantes.

Además, el olor desagradable característico de las centrales, hoy ha sido eliminado gracias a sistemas de filtración y contención que evitan la fuga de lo que proviene del subsuelo.

Incluso el límite de la necesidad de temperaturas altas en profundidad, de al menos 150°C, por un lado, se está resolviendo gracias a las soluciones de baja entalpía, que permiten bajar hasta 100°C y más, y por otro con la perspectiva de llegar por debajo de 90°C en una o dos décadas, lo que aumentaría drásticamente el número de lugares donde la geotermia podría convertirse en una realidad.

La ciencia del Agua y Calor (Vapor)

Conociendo las propiedades del vapor de agua en los distintos puntos característicos de un proceso energético, así como el procedimiento que se debe ejecutar para obtener determinados indicadores técnicos, unido a otros parámetros que caracterizan la combustión y las pérdidas de energía, se puede evaluar la eficiencia de operación de los Sistemas de Calor y Vapor de Agua, así tomar acciones para mejorar el uso de la energía.

En todos los procesos industriales donde se genere calor y/o vapor de agua se requiere controlar los consumos energéticos y para ello hay que contabilizar y optimizar los procesos de generación y transformación de la energía. Infinidad de operaciones industriales requieren primero conocer los parámetros termodinámicos del vapor de agua o del portador energético, para con estos valores poder actuar sobre los procesos, modificando su marcha y con ello, funcionar de forma eficiente.

Se nombran algunas de estas operaciones:

- El intercambio de calor, el calentamiento, el precalentamiento, la fusión.
- La transportación de energía, la condensación de vapores, la transportación del condensado. El bombeo de líquidos y la compresión. La extracción de condensados.
- La evaporación de líquidos, la ebullición, la lixiviación, la destilación, la absorción y la adsorción.
- El aislamiento térmico y su selección económica y eficiente.

El portador energético más utilizado industrialmente por infinidad de razones es el vapor de agua. De ahí que poder contar con un sistema que determine las propiedades termodinámicas del vapor de agua, de fácil acceso por encontrarse online y al alcance de todos, esta aplicación desarrollada desde hace dos años se llama **-Intgeother-**, donde introduciendo los parámetros de operación presión y temperatura, tomados en un punto del sistema energético, reporte las variables de estado para el vapor de agua, es una ayuda práctica para realizar los cálculos termo energéticos y poder controlar la operación de los equipos.

Fluidos Portadores Energéticos

Para transmitir energía entre puntos distantes se emplean conductores y portadores energéticos. Si el portador energético es la electricidad, el transporte entre dos puntos se realiza mediante conductores de cobre o aluminio generalmente. Si la energía se encuentra en forma de calor, se transporta mediante la utilización de fluidos portadores energéticos a través de tuberías aisladas térmicamente. Este es el caso del Vapor de Agua.

Conocemos que el calor se genera de una fuente primaria mediante el proceso de combustión, bien sea de un combustible fósil o de un biocombustible. También se transforma la energía solar en calor cuando se somete al calentamiento solar los fluidos térmicos. Otra forma de generar energía y convertirla en calor es empleando la fusión atómica. El calor liberado por cualquiera de los procesos anteriores es absorbido por el fluido portador en el equipo tecnológico donde se desarrolla el proceso. Posteriormente el fluido portador es transportado a los puntos de distribución.

En el punto donde se necesita utilizar el calor, el fluido portador cede el calor anteriormente absorbido. Este calor cedido puede convertirse nuevamente en calor en el equipo de utilización, calentando locales u otras sustancias y materiales. También puede transformarse en trabajo útil, como energía mecánica para el bombeo de fluidos líquidos, gaseosos, inclusive para izaje, o movimientos de sólidos. Para los que dominan estos temas termodinámicos y lo han aplicado en su trabajo como técnicos e ingenieros, es conocido que el calor transportado en el fluido portador se convierte en energía mecánica en las turbinas y esta energía mecánica se transforma en energía eléctrica mediante un generador de inducción magnética acoplado a la turbina, generando así la electricidad termoeléctrica. La electricidad generada en Plantas Térmicas, hoy tiene el mayor peso en el total mundial generado, sea base de carbón, coque, base fuel, o base gas natural.

El fluido portador energético más empleado es el agua en fase vapor, por las siguientes razones:

- a) Fácil obtención.
- b) Bajo costo.
- c) Alto calor específico

- d) Alto calor de vaporización.
- e) Temperatura y estado de utilización controlable, mediante el ajuste de supresión.
- f) Propiedades fisicoquímicas que facilitan su empleo económico, como que no afecta la salud de las personas, facilidad para procesarla en ciclos térmicos, fácil de transportar en fase líquida y gaseosa, nivel de corrosión controlable, posibilidad de mejorar su calidad mediante tratamientos químicos - físicos, y otras más.

El vapor de agua tiene sus inconvenientes. Cuando se piensa en altas temperaturas, más de 200 °C, el vapor de agua comienza a aumentar muy rápidamente la presión ante pequeños incrementos de temperatura. A 392 °F (200°C) la presión de vapor saturado es de 225.76 Psi (15.36 kg/cm²) y a 600 °F (316 °C) se eleva a 1542.90 Psi (105 kg/cm²). Este comportamiento del vapor hace que los equipos que operan a temperaturas mayores a 200 °C tengan un costo elevado, al operar a altas presiones.

Un fluido térmico que opere a presiones bajas y altas temperaturas y que no sufra cambio de estado al enfriarse, tiene sus ventajas pues no requiere de sistemas de condensados ni de trampas de vapor. Las sustancias utilizadas generalmente son líquidos sintéticos, con bajo índice de toxicidad y descomposición térmica.

Es posible emplear otros fluidos portadores energéticos que generalmente presentan cambios de estado en el ciclo termodinámico donde realizan su trabajo.

Revisemos el vapor

Para convertir el calor en trabajo, el fluido portador realiza ciclos de operación, donde en una parte del proceso cede la energía que transporta y en otra etapa del ciclo absorbe nuevamente calor para recuperarse y volver al equipo que genera el trabajo.

La absorción o liberación de calor puede realizarse de dos formas: Sin y con cambio de fase.

- Sin cambio de fase: La absorción o cesión de calor será en forma de **Calor Sensible**. Interviene la temperatura inicial y final del fluido portador.

- Con cambio de fase: El calor absorbido y cedido será **Calor Sensible y Calor Latente**. El calor latente será el generado por el cambio de fase o de estado.

Cambios de estado del fluido portador energético - vapor de agua

En el ciclo termodinámico el vapor se comporta de la manera siguiente:

- Proceso sensible: El agua absorbe calor, desde la temperatura ambiente o la del punto de partida. Al llegar a 100 °C, aparecerá la primera burbuja de vapor. El calor acumulado en este proceso se denomina Calor Sensible. Cuando el agua llega a 100 °C se le denomina líquido saturado.
- Proceso latente: Si se continúa dando calor al agua saturada, se irá convirtiendo paulatinamente en vapor, hasta llegar a una fase en que toda el agua está en forma de vapor. Si disminuimos un diferencial de temperatura, aparecerá la primera gota de líquido. En ese punto, cuando alcanza el agua la vaporización total, se le denomina estado de vapor saturado.

El calor acumulado en este proceso se denomina Calor Latente. El calor total acumulado en este punto será igual a la suma de calor absorbido en el proceso sensible más el correspondiente al proceso latente.

Proceso de recalentamiento: Si al vapor saturado le seguimos suministrando calor, se irá enriqueciendo energéticamente, habrá una mayor movilidad de sus moléculas, velocidad y choques entre ellas, alcanzando el estado gaseoso. El calor que al final contendrá el vapor recalentado se corresponderá con la suma de los dos procesos anteriores más el calor absorbido durante el recalentamiento. El contenido energético es tal que, aunque se logre disminuir un diferencial de temperatura, no existirá posibilidades que se forme gotas de líquido, encontrando el vapor totalmente seco.

Diagramas Termodinámicos del Agua y del Vapor de Agua. (Diagrama de Mollier)

Para cada estado energético del Vapor de Agua, existe una correlación de valores de presión, temperatura que se complementan con la calidad del vapor para determinar su contenido energético o entalpía, por lo que podemos evaluar las características energéticas del fluido térmico, en un estado determinado, si conocemos estos parámetros. Existen Tablas o Diagramas donde estos valores

están registrados, los que son ampliamente utilizados para realizar los cálculos de la demanda y consumo de vapor. Hay tablas para el estado de Vapor Saturado, donde la temperatura es suficiente para determinar la entalpía, y para el Vapor Recalentado, donde el contenido energético dependerá tanto de la temperatura como de la presión absoluta.

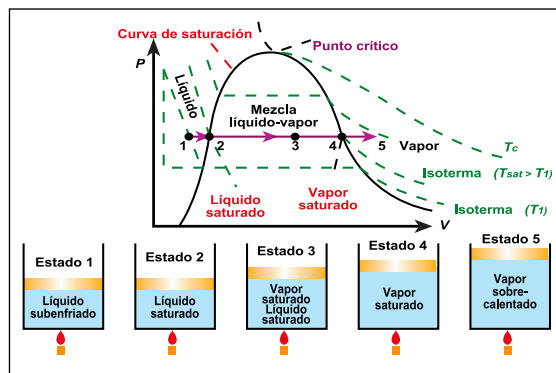
El Diagrama de Mollier es la representación gráfica de las curvas formadas por los puntos de coordenadas presión - temperatura que son representativas de las variables de estado de un fluido portador energético, en este caso, vapor de agua. En la siguiente figura se muestra una representación gráfica del Diagrama de Mollier del Vapor de Agua. Al usar los ejes P-V (presión y volumen), contra los H-S (entalpía - entropía) se tiene la enorme ventaja de que es sencillo poder determinar los intercambios de calor y trabajo para casi cualquier evolución. Basta aplicar el primer principio de la termodinámica:

$$\Delta P = \Delta V - \Delta w_{tec} \text{ contra correspondientes } \Delta H = \Delta S - \Delta w_{tec}$$

Si el proceso es adiabático, la variación de entalpía reporta directamente el trabajo realizado.

Si el proceso es ideal, sin pérdidas mecánicas, la entropía es constante y la línea que representa al proceso será una vertical.

Figura 15
Diagrama de Mollier



Nota. Diagrama de Mollier basado en presión - volumen junto a curvas térmicas.

Dentro de la curva o campana, ocurrirá el proceso de cambio de fase. Se debe tener claro que las isotermas (temperatura constante) y las isóbaras (presión constante) se confunden en una línea única que se conoce rectas de condensación.

Ciclos de Vapor

Son conocidas las Plantas de Generación Eléctrica basadas en el proceso cíclico de la quema de un combustible fósil (en un generador de vapor o caldera) y el transporte de energía (mediante sistemas de tuberías) a través del fluido portador vapor de agua, hasta una máquina de expansión (turbina). En esta máquina el vapor cede su energía y se transforma en trabajo.

El agua líquida que se convertirá en vapor es previamente tratada, precalentada, comprimida y transportada dentro del domo del generador de vapor. El agua circula por dentro de los tubos del generador o caldera que están colocados en las paredes que rodean el hogar donde se desarrolla la combustión. El proceso de combustión tiene lugar en el quemador, cuya tarea es la de mezclar lo mejor posible el combustible con el oxígeno contenido en el aire. Por eso la combustión se desarrolla cuando está presente un volumen mínimo de aire. En la medida que el mezclado y la proporción del aire es cercana a la requerida técnicamente, la combustión se hace más eficiente.

La circulación del agua dentro del generador de vapor puede ser natural (por diferencia de densidades), o forzada, en función de la productividad del generador. Así el agua absorbe el calor generado en el proceso de combustión, de diferentes maneras: principalmente por convección, al hacer contacto los productos de la combustión que se generan a altas temperaturas con la superficie exterior de los tubos de agua y por la radiación calórica emitida por la energía de la llama. Finalmente, el agua se vaporiza, genera vapor saturado, el que posteriormente también puede ser recalentado. Al pasar al estado gaseoso, el agua ha cambiado su fase de líquido a vapor.

El vapor recalentado es conducido a la máquina térmica, donde se inyecta y se expande, haciendo girar los álabes de la turbina, o moviendo los pistones de una maquinaria reciprocante. Estos equipos pueden estar acoplados a un generador eléctrico. En un ciclo cerrado, que es el generalizado, el vapor expandido, que ya ha cedido gran parte de la energía que transportaba, agotado, se condensa y se enfría, pasando nuevamente a la fase líquida. El agua líquida es nuevamente

pretratada, precalentada, comprimida y transportada al generador de vapor, completando el ciclo termodinámico. Así un proceso de combustión externa, desarrollado y controlado en un generador de vapor, calienta el fluido energético agua - vapor de agua, que absorbe y transporta energía a una máquina térmica donde cede energía y ésta se transforma en trabajo mecánico que a su vez se transforma en energía eléctrica o cualquier otro tipo de trabajo útil, condensando el vapor agotado y retornando nuevamente el agua líquida al punto inicial del ciclo.

Existen varias combinaciones o ciclos térmicos, pero todos tienen en común que la absorción de calor del fluido es a presión constante y el portador genera trabajo al ceder calor y expandirse en la máquina térmica. Durante la expansión ocurren diferentes procesos reales que introducen pérdidas térmicas, por lo que este tipo de proceso se define como irreversible, ya que es obligado por naturaleza a coexistir con una pérdida de energía que se cede al ambiente y es irrecuperable.

Los procesos de expansión ideales no toman en cuenta estas pérdidas obligadas y por eso en el proceso de expansión en la máquina térmica, la entropía inicial y final coinciden, denominándose expansión isentrópica. En la medida que la diferencia de entropía en la expansión aumente, mayor será la irreversibilidad del proceso y su eficiencia irá descendiendo.

La eficiencia de cualquier de los ciclos térmicos posibles se determina relacionando el trabajo realizado entre el calor cedido.

Para calcular la eficiencia energética de un ciclo determinado, se contabilizan todas las entradas y salidas de energía, despejando aquellas que son pérdidas y las que se han convertido en trabajo. A esta operación se le denomina Balance de Calor o de Energía.

Alternativa Energética

La principal ventaja de la geotermia es que se trata de “un recurso inagotable, autosuficiente, ubicuo en todo tipo de terreno y versátil, capaz de ayudar a satisfacer la demanda de energía de la población mundial y de reducir la utilización de combustibles fósiles como energía primaria. No obstante, los recursos geotérmicos no están localizados en lugares concretos, sino que están presentes en todos los continentes, algo que no ocurre con las energías fósiles. Además, a diferencia de otras fuentes como la solar o la eólica, es de carácter continuo, por

lo que está disponible los 365 días del año las 24 horas al día, independientemente de las condiciones meteorológicas.

Tiene, asimismo, un gran impacto en el desarrollo económico y la generación de empleo a escala local. Según el documento *Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2020*, publicado por IREA (Agencia Internacional de Energías Renovables), la energía geotérmica da empleo a 99.400 personas en todo el mundo. A ello hay que añadir que se produce en el propio lugar, de forma que no se compra ni se vende como pasa con el petróleo o el gas, lo que reduce la dependencia energética de los países.

Como fuente de energía eléctrica, la geotermia profunda es totalmente gestionable, permite aportar seguridad de suministro y, por lo tanto, estabilidad al sistema eléctrico. Además, se caracteriza por unos costes de producción discretos y cuenta con un elevado factor capacidad-producción. Y como fuente de energía térmica, es mucho más eficiente ya que mantiene la temperatura del hogar constante, proporcionando así la mejor calificación energética con una sola instalación para los sistemas de producción de frío y calor.

De hecho, aunque cualquier industria que demande energía eléctrica o térmica puede funcionar con geotermia, se puede tener un mayor impacto si se empieza a utilizar masivamente como fuente de climatización, porque el recurso que se necesitaría para ello se encuentra a tan solo pocos metros bajo la superficie terrestre, donde el terreno se mantiene a una temperatura estable, independientemente de la estación del año o de las condiciones meteorológicas, facilitando así la producción de calor y frío renovable mediante el uso de bombas de calor altamente eficientes.

Cooperación Internacional

En la lucha contra el cambio climático y con el objetivo de implementar la geotermia a escala mundial, se ha establecido el Acuerdo de Implementación Geotérmica, de la Agencia Internacional de Energía (IEA Geothermal), organización que intenta conectar los programas nacionales y de la industria para la exploración, el desarrollo y la utilización de recursos geotérmicos y establece vínculos de cooperación directos entre los expertos de los países, industrias y organizaciones participantes. Está actualmente comprendida por 16 miembros, sus investigaciones se centran en cinco grandes áreas:

- Fomentar el desarrollo sostenible de los recursos de energía geotérmica de manera económica y ambientalmente responsable.
- Brindar información, estrategias de comunicación y transferencia de conocimiento para mitigar barreras y mejorar el despliegue del uso directo de la energía geotérmica.
- Recopilar datos e información sobre el estado actual de la utilización de esta energía de los países participantes de la IEA-GIA (Australia, Francia, Alemania, Islandia, Italia, Japón, México, Nueva Zelanda, Noruega, República de Corea, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos).
- Avanzar en el conocimiento sobre la naturaleza y características de las fuentes de calor profundas y los procesos de transferencia de calor en los sistemas geotérmicos volcánicos.
- Fomentar la investigación de las tecnologías geotérmicas emergentes.

Las nuevas tecnologías están permitiendo generar electricidad con menores temperaturas de recurso geotérmico, lo que expande las posibilidades de generación a muchas más localizaciones de las actuales.

La cooperación internacional en materia de geotermia también comprende otros proyectos. A nivel comunitario, hay programas de Investigación e Innovación de la Unión Europea Horizonte 2020, que contribuirá al objetivo conjunto de la UE de terminar con la dependencia de combustibles fósiles, así como de reducir el impacto ambiental del suministro energético para lograr en 2050 la tan deseada descarbonización.

En otras áreas de Europa se están desarrollando proyectos con nuevas tecnologías que están siendo probadas en ensayos de demostración. “Las nuevas tecnologías están permitiendo generar electricidad con menores temperaturas de recurso geotérmico, lo que expande las posibilidades de generación a muchas más localizaciones de las actuales”.

Los ciclos binarios y los yacimientos de media temperatura son los que cuentan con mayor potencial de desarrollo y necesitan ser acompañados por una adecuada política de incentivos en la fase inicial que permitan su impulso y crecimiento adecuado a medio y largo plazo. En lo que respecta a la climatización, se continúa avanzando en la curva de aprendizaje de las tecnologías, consiguiendo que cada vez sean más competitivas respecto al resto de opciones.

Oportunidades de Crecimiento

Estos compromisos globales dejan claro que “las capacidades, los costes económicos y la sostenibilidad de la energía geotérmica la hacen, de cara al futuro, una fuente de energía en alza”. Numerosas empresas y organizaciones están invirtiendo en su desarrollo y mejoramiento como alternativa de cara al futuro, y más si se aprecian los enormes impactos medioambientales que la quema de combustibles fósiles ha acarreado para el mundo, así como la constante fluctuación de los precios internacionales del crudo. “Considerando que las energías renovables van a ir adquiriendo cada vez mayor peso en el quehacer energético, la geotermia tiene como reto constituirse como un importante agente regulador de la red”.

Otro reto importante es el impulso y el desarrollo de redes de climatización de distrito que abastezcan a amplias zonas residenciales y de servicios, en las que la energía geotérmica somera actúe como energía primaria para la producción de calor y frío. También es necesario potenciar el diseño y el desarrollo de sistemas que permitan la competitividad de la geotermia somera frente a los sistemas convencionales y su implantación en áreas con demandas térmicas más allá del agua caliente sanitaria.

Pero para conseguir su completa implantación, la geotermia tiene que solventar varios obstáculos, como los siguientes:

- Falta de conocimiento en torno a los beneficios que posee tanto la energía geotérmica somera como la profunda. Habría que educar a la población y dar a conocer las aportaciones socioeconómicas, sanitarias y ambientales que acarrearía el uso de esta energía, tanto para producir electricidad como calor, frío y agua caliente sanitaria.
- Falta de un sistema regulatorio. El hecho de que no haya unas reglas de mercado que permitan competir a la geotermia con igualdad de oportunidades obstaculiza los avances en este campo.
- Pocas ayudas a la investigación, especialmente en el caso de la geotermia profunda, y pocas medidas para mitigar el riesgo asociado a las fases iniciales de perforación, algo que impide explorar y explotar los recursos de alta temperatura.
- Insuficiente voluntad política. La misma predisposición que está habiendo para la promoción de las renovables eléctricas (fotovoltaica, eólica) debería

existir para las renovables térmicas (geotermia somera). Aunque la inversión inicial es elevada, la amortización de los sistemas geotérmicos de climatización es de unos seis años y la vida útil de las instalaciones suele ser de hasta 50 años. A esto hay que sumarle que los ahorros energéticos pueden alcanzar hasta un 70%, “por lo que a la larga se ahorraría dinero”.

Energía Geotérmica en América Latina

América Latina y el Caribe tiene un potencial geotérmico importante, de entre 11 GW y 55 GW, aunque permanece en su mayoría sin explotar. Sin embargo, existen importantes excepciones, como México, El Salvador y Costa Rica, que han impulsado su desarrollo.

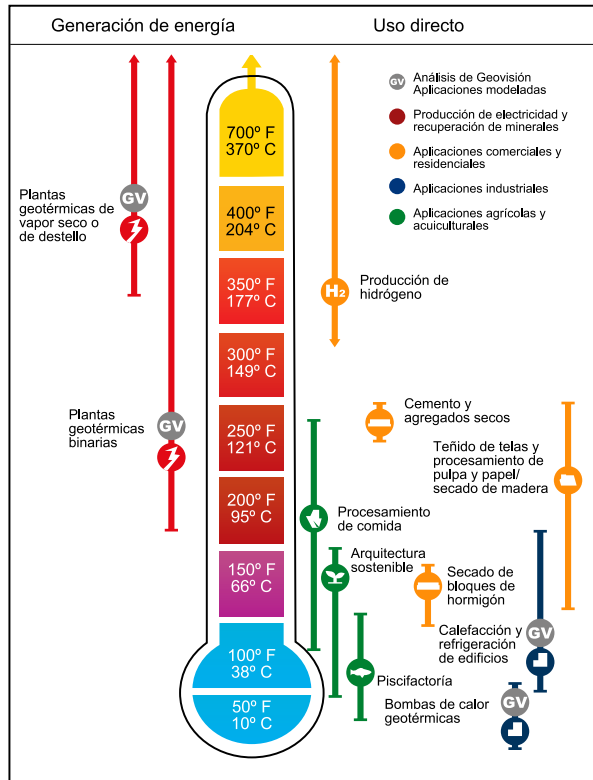
En la región, y según un reciente estudio publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), las instituciones financieras de Desarrollo abogan por este tipo de energía por ser una fuente robusta, confiable y renovable, y dotada de una infraestructura relativamente resistente en una era de cambio y eventos climáticos cada vez más severos especialmente dañinos en la región.

Para su progreso, en América Latina el enfoque se ha centrado únicamente en obtener sistemas de subasta altamente competitivos que garanticen el precio más bajo posible, lo que les resta competitividad frente a otras energías como la eólica o la solar.

Los expertos, que perciben en América Latina un gran potencial para la energía geotérmica, abogan por una visión de largo plazo, asumiendo que los ciclos de desarrollo son amplios.

Las principales dificultades que afronta el sector en la actualidad son la falta de condiciones regulatorias y legales necesarias, así como la falta de políticas claras, que siguen menguando el interés de los inversores y afecta incluso a la competitividad de los proyectos vigentes.

Figura 16
Capacidad de plantas geotérmicas



Nota. Usos de plantas geotérmicas según la capacidad de calor y vapor que manejan.

CAPÍTULO III

IMPACTOS AMBIENTALES



Para poder dar interpretación a los diferentes efectos ambientales generados en la implantación de la planta geotérmica, se utilizará la metodología RIAM ya que esta permite llevar a cabo análisis cuantitativos que puedan expresarse en forma semicuantitativa y de esa manera crear un registro permanente y transparente de la valoración de los impactos.

El método de Evaluación Rápida del Impacto Ambiental RIAM (Rapid Impact Assessment Matrix), fue desarrollado por Christopher M.R. Pastakia en 1998 y es utilizado para evaluar todo tipo de impactos generados por distintos tipos de proyectos. Los estudios de impacto ambiental son producto de un equipo multidisciplinario, por ello, la metodología RIAM es ideal, garantizando una evaluación rápida, segura y objetiva de los impactos ambientales generados por un proyecto, debido a que todos los componentes y parámetros ambientales son integrados.

El método RIAM está basado en la definición de importantes criterios de evaluación y los componentes ambientales existentes en el área donde se desarrollará el proyecto. Este método proporciona una investigación holística, pues clasifica al medio ambiente para su evaluación en cuatro componentes ambientales:

Componente Físico - Químico: Incluye todos los aspectos físicos y químicos del medio ambiente, incluyendo los recursos naturales no renovables (no biológicos) y la degradación del medio ambiente físico por contaminación: suelo, geología, agua superficial, agua subterránea, aire, polvo, gases, ruido, etc.

Componente Biológico - Ecológico: Incluye todos los aspectos biológicos y ecológicos del medio ambiente, incluyendo los recursos naturales renovables, la conservación de la biodiversidad, la interacción entre especies, el ecosistema, la contaminación de la biosfera: flora, fauna y ecosistemas.

Componente Social - Cultural: Incluye los aspectos humanos del medio ambiente, incluyendo temas sociales que afectan a los individuos y las comunidades; considerando aspectos culturales, esto incluye la conservación del legado cultural de las comunidades y el desarrollo humano: paisaje, restos arqueológicos, uso de tierras, percepciones y expectativas relacionadas con el proyecto, percepciones de impactos en el aire, expectativas de empleo, percepciones y expectativas de desarrollo.

Componente Económico - Operacional: Identificar cualitativamente las consecuencias económicas del cambio que producirá el proyecto en su entorno de manera temporal o permanente, tales como: el empleo, el desarrollo local y nacional, etc.

Los criterios de evaluación se clasifican en dos grupos:

Criterios A: indican el grado de relevancia de la condición. Este criterio individualmente puede cambiar el resultado obtenido. Estos criterios son: A1 (Importancia del componente ambiental) y A2 (Magnitud del cambio/efecto).

Criterios B: Están relacionados con el desarrollo de la condición y que individualmente no son capaces de alterar el resultado obtenido. Estos criterios son: B1 (Permanencia), B2 (Reversibilidad) y B3 (Acumulación del impacto).

Tabla 1

VALOR	IMPORTANCIA DEL COMPONENTE
4	Importante para el interés nacional / internacional
3	Importante para el interés regional / nacional
2	Importancia local y áreas inmediatas
1	Importancia solo local
0	Sin importancia

Cuadro 1. Escala de valoración de la importancia del componente

**IMPACTO ECOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA
EN EL MUNICIPIO DE CHINAMECA**

Tabla 2

VALOR	CAMBIO / EFECTO
+3	Grandes beneficios
+2	Mejora significativa del estado general
+1	Mejora del estado general
0	Sin cambio
-1	Cambio negativo en el estado general
-2	Cambio negativo significativo en el estado general
-3	Grandes impactos negativos

Cuadro 2. Escala de valoración de la magnitud del cambio

Tabla 3

VALOR	PERMANENCIA DEL IMPACTO
1	Sin cambio
2	Temporal
3	Permanente

Cuadro 3. Escala de valoración de la permanencia del impacto

**IMPACTO ECOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA
EN EL MUNICIPIO DE CHINAMECA**

Tabla 4

VALOR	REVERSIBILIDAD DEL IMPACTO
1	Sin cambio o no aplicable
2	Reversible
3	Irreversible

Cuadro 4. Escala de valoración de la reversibilidad del impacto

Tabla 5

PUNTAJE AMBIENTAL (ES)	RANGO DE SIGNIFICANCIA DE IMPACTOS (RV)	DESCRIPCIÓN
72 a 108	E	Impacto positivo importante
36 a 71	D	Impacto positivo signficante
19 a 35	C	Impacto positivo modelado
10 a 18	B	Impacto positivo menor
1 a 9	A	Impacto positivo leve
0	N	No hay impacto
-1 a -9	-A	Impacto negativo leve
-10 a -18	-B	Impacto negativo menor
-19 a -35	-C	Impacto negativo moderado
-36 a -71	-D	Impacto negativo significativo
-72 a -108	-E	Impacto negativo importante

Cuadro 5. Escala de significancia de los impactos evaluados

**IMPACTO ECOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA
EN EL MUNICIPIO DE CHINAMECA**

Las valoraciones descritas de los cuadros 1 al 4, están integradas en la valoración del cuadro 5, los cuales al ser considerados realizan una suma significativa categorizando los impactos según su clasificación.

El cuadro 5, servirá para resumen de evaluación para los 4 componentes antes mencionados al finalizar la descripción de cada uno de ellos en su sección correspondiente.

A continuación, se mostrará el desglose de los componentes y factores ambientales afectados en el desarrollo del proyecto de la generación de energía geotérmica, municipio de Chinameca, departamento de San Miguel, los cuales han sido identificados a la fecha en el levantamiento progresivo del proceso de implantación de la planta, bajo consideraciones documentadas tanto en el Ministerio de Medio Ambiente, como de la Unidad de Medio Ambiente de la Alcaldía local.

Tabla 6

COMPONENTE	ELEMENTO	FACTORES AMBIENTALES
Físico - Químico	Suelo y Geología	Suelo Orgánico
		Drenajes
		Permeabilidad del Suelo
		Geomorfología
		Calidad del Suelo
	Agua	Escorrentía
		Cantidad de Agua
		Calidad del Agua
	Aire	Calidad del Aire (Polvo)
Calidad del Aire (Ruido)		
Calidad del Aire (Gases y Calor)		
Biológico - Ecológico	Flora	Cobertura Vegetal
		Microclima
	Fauna	Especies Silvestres
		Hábitats Faunísticos
Social - Cultural	Población	Calidad de Vida
		Riesgo de la Población
		Tráfico
	Paisaje	Valor intrínseco del paisaje
Económico - Operacional	Economía	Economía Local
		Economía Nacional
		Empleo
		Impuestos

La siguiente nomenclatura que ayudará a comprender cada efecto relacionado:

Figura 17

Ejemplo de cuadro descriptivo

No.	Impacto		
	Componente Afectado:		Naranja: Impacto Potencial Negativo
	Sub Componente Afectado:		Rojo: Mayor Impacto Potencial
	Factor Afectado:		Verde: Impacto Potencial Positivo
	Tipo de Impacto		

Nota. Cuadro descriptivo de impacto según el componente y factores involucrados.

Considerando que el cuadro rectangular en blanco contendrá el color de categorización del nivel de impacto que es posible causar, con la generación de energía térmica, deberá de entenderse que, por la metodología utilizada para la evaluación del impacto, la clasificación denota 3 estados posibles los cuales ya están impactando negativamente en, mejor escala (Naranja) y en mayor escala (Rojo), ahora bien, también se refleja el impacto positivo que también ya se refleja en la zona (Verde)

**Componente Físico - Químico
Modificación del Uso Actual del Suelo**

Figura 18

No.	Modificación del uso actual del suelo			
1	Componente Afectado:	Físico- Químico		Naranja: Impacto Potencial Negativo
	Sub Componente Afectado:	Suelo y Geología		Rojo: Mayor Impacto Potencial
	Factor Afectado:	Uso del suelo		Verde: Impacto Potencial Positivo
	Tipo de Impacto	Negativo		

Impacto Potencial Negativo

Nota. Con medidas y acciones es posible ser corregido o mejorado.

Este impacto se refiere al cambio en el uso del suelo. La mayor parte de los componentes del proyecto están ubicados en áreas de cobertura y uso del suelo de café, sin embargo, en su mayoría cafetales abandonados cuyas áreas se encuentran en proceso de regeneración natural; también hay áreas en menor medida de sistemas agropecuarios.

La principal actividad que le da origen desde la terracería, el cual incluye la conformación de taludes, el área del terreno que ha recibido este impacto de carácter permanente es de 122,391.88 m₂ que corresponde al área intervenida.

Pérdida del Suelo Orgánico

Figura 19

No.	Pérdida del suelo	
2	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Suelo y Geología
	Factor Afectado:	Suelo orgánico
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Impacto Potencial Negativo

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

El suelo orgánico corresponde a la primera capa del suelo, la cual tiene un espesor promedio de 30 cm, en el sitio donde está construido el proyecto; dicho suelo, contiene un alto porcentaje de materia orgánica cuyas funciones principales son:

- **Función nutricional**, la que sirve como fuente de nitrógeno al fósforo para el desarrollo vegetal.
- **Función biológica**, la que afecta profundamente las actividades de organismos de la microflora y microfauna.
- **Función física y fisicoquímica**, la que promueve una buena estructura del suelo, mejorando la labranza, aireación y retención de humedad e incrementa la capacidad amortiguadora.

Este impacto se limitará dentro de las áreas nuevas a intervenir por el proyecto de 122,391.88 m₂, y se produce durante el tratamiento del terreno, así como también de la eliminación de la corteza vegetal.

Modificación del Drenaje Superficial Natural

Figura 20

Mayor Impacto Potencial Negativo

No.	Modificación del drenaje superficial natural								
3	Componente Afectado:	Físico- Químico						Naranja: Impacto Potencial Negativo	
	Sub Componente Afectado:	Suelo y Geología							Rojo: Mayor Impacto Potencial
	Factor Afectado:	Drenajes							
	Tipo de Impacto	Negativo							

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

El drenaje superficial al que este impacto se refiere es el sistema natural (limitado por el área intervenida por el proyecto) de elementos como: quebradas, zanjas, vaguada, etc., que contribuyen a la remoción de los excesos de agua acumulados sobre la superficie del terreno, a causa de lluvias muy intensas y frecuentes, topografía muy plana e irregular y suelos poco permeables.

Para el caso de este proyecto la modificación del drenaje superficial natural estará focalizada en el área que se va a intervenir. En términos generales la principal actividad que dará origen a esta modificación será la terracería y la conformación de taludes, ya que cambiará la topografía y morfología del terreno natural, las cuales defienden en gran medida la red de drenaje natural superficial en el terreno; asimismo las obras civiles también pueden ejercer influencia en este aspecto.

Impermeabilización del Suelo

Figura 21

Mayor Impacto Potencial Negativo

No.	Impacto								
4	Componente Afectado:	Físico- Químico						Naranja: Impacto Potencial Negativo	
	Sub Componente Afectado:	Suelo y Geología							Rojo: Mayor Impacto Potencial
	Factor Afectado:	Permeabilidad del suelo							
	Tipo de Impacto	Negativo							

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

La permeabilidad es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.

Por tanto, la impermeabilización del suelo se refiere a un cambio en la estructura de este, por compactación, o a la colocación de un material “impermeable” sobre el suelo, que resulta en el impedimento para que el agua precipitada pase a través de este, reduciendo la capacidad de infiltración natural del terreno. Este impacto genera mayor escorrentía debido a la reducción del caudal de infiltración natural.

Para el proyecto en sí, las actividades que darán como resultado la impermeabilización del suelo serán la terracería y las obras civiles. El área impermeabilizada será de 92,359.03 m² que corresponden al área útil en la planta.

Aceleración de Procesos Erosivos

Figura 22

No.	Aceleración de procesos erosivos	
5	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Suelo y Geología
	Factor Afectado:	Geomorfología
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Mayor Impacto Potencial Negativo

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

La erosión implica la degradación y el transporte de suelo o roca producto de distintos procesos en la superficie de la Tierra. Entre estos procesos está la circulación de agua, el viento, o los cambios térmicos. En cuanto a la generación de procesos erosivos es necesario distinguir entre los que puedan producirse en un cauce que busca un perfil de equilibrio aún no alcanzado, de aquellos que han de producirse por cambios debido a la ejecución de la generación de energía térmica.

Según lo anterior las actividades que ocasionan la aceleración de procesos erosivos considerando su origen y la exposición del suelo a la escorrentía en estación lluviosa, son la eliminación de la cobertura vegetal como punto principal, la terracería, uso de equipo y maquinaria e insumos, el área de impacto será de 12.24 hectáreas.

Contaminación del Suelo

Figura 23

Mayor Impacto Potencial Negativo

No.	Contaminación del Suelo	
6	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Suelo y Geología
	Factor Afectado:	Calidad del Suelo
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

La contaminación del suelo consiste en una degradación física y química, que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo. Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo.

Las actividades que pueden generar contaminación del suelo se dan en la construcción de terracerías, obras civiles y perforación de pozos, también en el montaje mecánico y en la colocación eléctrica de los equipos.

Puede ocurrir principalmente que se den derrames eventuales de hidrocarburos, sustancias químicas u otros, también el manejo inadecuado de residuos y los desechos generados. Esto afectaría directamente su calidad y restringiría el uso potencial para el hombre, la fauna y la flora; lo cual también podría afectar a las comunidades más cercanas a las instalaciones de la planta debido al grado de dispersión de los contaminantes.

Aumento de Esorrentía

Figura 24

Mayor Impacto Potencial Negativo

No.	Aumento de la esorrentía	
7	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Agua
	Factor Afectado:	Esorrentía
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

Primeramente, se entenderá que la esorrentía es el agua de lluvia que corre libremente por una superficie terrestre. El incremento de la esorrentía está ligado a la impermeabilización del suelo.

Principalmente este impacto tiene su origen en la remoción de la cobertura vegetal y la nivelación e impermeabilización del terreno en el cual está asentada la planta geotérmica, las estaciones de separación y los sitios dispuestos para la terracería.

En términos numéricos, se tendrán incrementos de esorrentía que van desde 1.56 m_/s a 0.39 m_/s, esto partiendo de que la nivelación del terreno se mantiene y no se degrada considerablemente en los próximos 25 años.

El excedente de esorrentía asociado en la construcción y mantenimiento de la planta será conducido por los drenajes naturales dentro de las cuencas de la quebrada Aguas Tibias y la quebrada Las Lajitas, este incremento y la esorrentía puede impactar en las zonas aguas abajo donde la quebrada se intercepta con el Cantón San Antonio a unos 300 mts. y con el Cantón Copinol a unos 500 mts.

Consumo de Agua

Figura 25

No.	Consumo de agua	
8	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Agua
	Factor Afectado:	Cantidad de agua
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Mayor Impacto Potencial Negativo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

Los mayores consumos de agua se dan principalmente en las etapas de construcción de pozos, los cuales se hacen en función de mediciones que pueden funcionar a prueba y error, sin embargo, podemos decir que este consumo de agua no es permanente, sino que se limita a los períodos en que se perforan los pozos. Otras etapas en las cuales se consume agua considerablemente son en la terracería, adecuación y mantenimiento de rutas de acceso y obras civiles, esta agua será abastecida por pozos cercanos los cuales se construirán con este objetivo.

Se estima que el consumo de agua en los procesos de desarrollo y generación serán de 35,815.8 m³ por fase de construcción de pozos geotérmicos los cuales consumen el 85% de esta cantidad.

Cantaminación Hídrica (Superficial y Subterránea)

Figura 26

No.	Contaminación hídrica (superficial y subterránea)	
9	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Agua
	Factor Afectado:	Calidad del agua
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Mayor Impacto Potencial Negativo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

La contaminación hídrica o del agua es una modificación generalmente provocada por el hombre, afectando su calidad para los diferentes usos como consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos o la vida natural.

Ésta puede generarse durante la generación de energía geotérmica debido a derrames eventuales de sustancias peligrosas (aceites, combustibles, lodo de perforación, etc.) y manejos inadecuados de residuos o desechos. Debido a la presencia de las quebradas de invierno cercanas a la planta, el riesgo de contaminación hídrica superficial podría aumentar en la época lluviosa si no se cuenta con un buen manejo de las aguas lluvias que ingresan a la planta, por lo que la contaminación hídrica que pudiera generarse afectaría principalmente al agua superficial. Cabe mencionar que la planta no tiene en su diseño el verter ningún cuerpo de agua en ninguna locación perimetral.

Por otra parte, la alteración de la calidad de agua subterránea al realizarse descargas de agua geotérmica liberadas al suelo o subsuelo y que luego migran hace algún acuífero en las pruebas de producción, pueden causar contaminación sino se considera correctamente, lo cual debe de medirse constantemente y mantener informada a la población. Durante la perforación de pozo la cementación de la tubería busca garantizar la nueva afectación de los acuíferos reduciendo este riesgo. Las actividades que pueden dar origen a una contaminación hídrica pueden ser el mal manejo de terracería, obras civiles, perforación de pozos y la adecuación y mantenimiento de rutas de acceso.

Incremento de Niveles de Polvo

Figura 27

No.	Incremento de niveles de polvo	
10	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Agua
	Factor Afectado:	Calidad del aire (Polvo)
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Mayor Impacto Potencial Negativo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

En el área de la planta uno de los principales contaminantes del aire son las nubes de polvo causadas particularmente por el tráfico de camiones que acarrear material selecto o movilizan volúmenes de Tierra durante el desarrollo de terracería y excavación de pozos. Asociado a ello, también la voladura para rompimiento de roca y la preparación de mezclas para elaboración de concreto promueven la dispersión de partículas en suspensión en función de granulometría, humedad y vientos predominantes, siendo transportadas a distancias variables, principalmente en estación seca cuando se incrementan los niveles de polvo, lo cual afecta a la calidad del recurso natural aire. Asimismo, este impacto también se ocasiona durante la adecuación y mantenimiento de accesos, ingresos y salidas de maquinaria, equipos e insumos de la planta.

Incremento de Niveles de Ruido

Figura 28

Impacto Potencial Negativo

No.	Incremento en los niveles de ruido	
11	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Aire
	Factor Afectado:	Calidad del aire (Ruido)
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

El ruido se define como cualquier sonido no deseado, desagradable o molesto por quien lo percibe. Este impacto es originado por la inserción de una o varias fuentes de ruido durante la generación de energía térmica. Estas fuentes de ruido se caracterizan por generarse en niveles de ruido no constante las cuales van desde los momentos en los cuales se está generando y los momentos en los cuales no se está generando energía térmica.

Se identifican como posibles fuentes principales de ruido las actividades de terracería, fragmentación de rocas con explosivos, excavación de pozos, otras fuentes de ruido por adecuación y mantenimiento de rutas de acceso, obras civiles y pruebas de funcionamiento.

Algunas fuentes de ruido se enumeran a continuación:

- Uso de maquinaria pesada, 90 decibeles (dB)
- Uso de martillos neumáticos, 103 decibeles (dB)
- Equipos de perforación, 90 decibeles (dB)
- Prueba de pozo, 90 decibeles (dB)
- Uso de explosivos, 125 decibeles (dB)

Los incrementos de ruido generados por la planta podrían afectar en el ámbito laboral, esto implica que puede ser los ruidos provocados dentro de la planta los cuales pueden llegar hasta 85 decibeles (dB) y lo ambiental que sería fuera del perímetro de las instalaciones de la planta podría tener una predicción de los 55 decibeles (dB). Se pretende que la planta ya en operatividad constante procure mantener un máximo de 60 decibeles (dB) en la operatividad total en función del ruido generado.

Contaminación del Aire (Emisiones y Calor)

Figura 29

Impacto Potencial Negativo

No.	Contaminación de aire (emisiones de calor)	
12	Componente Afectado:	Físico- Químico
	Sub Componente Afectado:	Agua
	Factor Afectado:	Calidad del aire (Gases)
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

El impacto de contaminación del aire durante la etapa de generación de energía puede generarse por las emisiones de gases de combustión, junto con el calor asociado a dicho gases de la maquinaria utilizada especialmente durante las actividades normales de adecuación, mantenimiento de accesos y perforación de pozos.

Sumando a estas emisiones, se agregan las emisiones durante las pruebas de producción, pozo geotérmico a perforar. De los principales gases emitidos tenemos el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno (CO₂ y H₂S), este último

es el que puede generar más molestias por su mal olor y toxicidad cuando se encuentra en altas concentraciones (≥ 10 ppm).

Por las simulaciones realizadas se espera que la máxima concentración en una producción normal de energía geotérmica constante sea de 115.3 Ug/m_ a una distancia de 50 m de la fuente, valor que está por debajo del límite de salud pública por la OMS que es de 150 Ug/m_ ; la concentración de sulfuro de hidrógeno (H₂S) puede ser percibido hasta los 300 m lo cual implica una percepción en las comunidades cercanas.

Resumen Gráfico de Componente

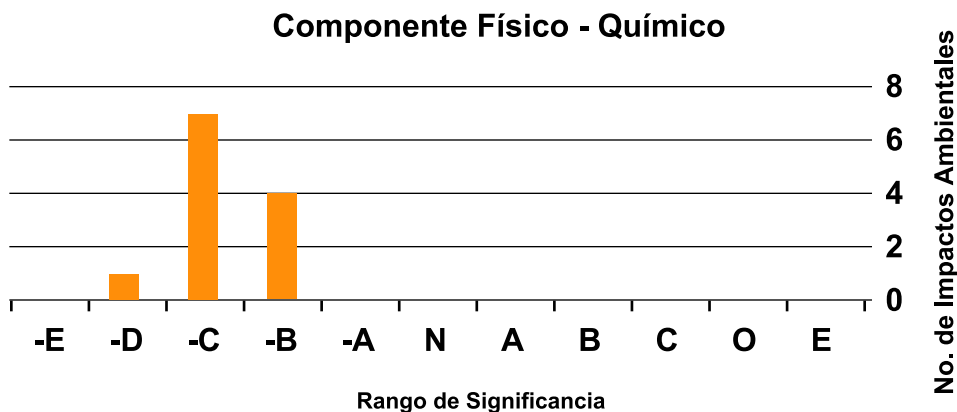
Tabla 7

Componente Físico - Químico		RIAM Criterios					Puntuación ES	Rango RV
No.	Impacto Ambiental	A1	A2	B1	B2	B3		
1	Modificación del uso actual del suelo	1	-2	3	3	2	-16	-B
2	Pérdida del suelo orgánico	1	-2	3	3	2	-16	-B
3	Modificación del drenaje superficial natural	2	-2	3	3	2	-32	-C
4	Impermeabilización del suelo	1	-3	3	3	2	-24	-C
5	Aceleración de procesos erosivos	2	-2	2	3	3	-32	-C
6	Contaminación del suelo	1	-2	3	2	3	-16	-B
7	Aumento de la escorrentía	2	-2	2	3	3	-32	-C
8	Consumo de agua	3	-2	2	2	3	-42	-D
9	Contaminación hídrica (Superficial y Subterránea)	3	-1	2	2	3	-21	-C
10	Incremento en los niveles de polvo	1	-2	2	2	3	-14	-B
11	Incremento en los niveles de ruido	2	-2	2	2	3	-28	-C
12	Contaminación del aire (emisiones y calor)	2	-2	2	2	2	-24	-C

Cuadro 7. Representa el número de impactos y su respectiva significancia en el componente Físico - Químico

Figura 30

Impactos ambientales en el componente físico - químico



Fuente: Elaboración Propia

Bajo el análisis de los datos obtenidos podemos mencionar lo siguiente:

- a) Existen 7 impactos que pueden ser considerados potencialmente negativos pero que pueden generar acciones que puedan paliar cuantitativa y cualitativamente el daño ocasionado al ambiente hasta este día.
- b) Existen 5 impactos que al considerarse con mayor potencial negativo, se llega a una escala de no ser reversibles y difícilmente tratados de manera directa, por lo cual será necesario un tratamiento indirecto de modo de reeducar a la comunidad y proyectar acciones que salvaguarden la integridad del suelo, el aire y el agua de la zona de manera de proteger estos recursos, hasta considerar que se ha logrado un equilibrio en el desarrollo local con el ambiente, pese a las modificaciones existentes, será necesario un estricto monitoreo en la región.

Componente Biológico - Ecológico Pérdida de la Cobertura vegetal

Figura 31

No.	Pérdida de cobertura vegetal	
13	Componente Afectado:	Biológico - Ecológico
	Sub Componente Afectado:	Flora
	Factor Afectado:	Cobertura vegetal
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Impacto Potencial Negativo

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

La eliminación de flora ocurre durante la etapa de iniciación de la construcción de la planta específicamente en las actividades de la cobertura vegetal; este impacto estará localizado en el área que se va a intervenir en el desarrollo de la planta, esta área comprende 122,391.88 hectáreas y es de carácter permanente. Los efectos producto de este impacto serían la reducción de servicios ambientales como: pérdida localizada del hábitat (pérdida de refugio y alimento para la fauna), reducción de biomasa captadora de CO₂, modificación del paisaje, aumento de los procesos erosivos hídricos y eólicos.

En la línea base del desarrollo del proyecto se han identificado un total de 996 árboles mayores de 0.1 m, 235 árboles menores de 0.2 m, 761 árboles mayores de 0.2 m y 39,181 arbustos que serán talados. De estos, 114 árboles han sido considerados como de mayor importancia ecológica ya que se encuentran como especies protegidas.

Modificación del Microclima

Figura 32

Impacto Potencial Negativo

No.	Modificación del microclima	
14	Componente Afectado:	Biológico - Ecológico
	Sub Componente Afectado:	Flora
	Factor Afectado:	Microclima
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

Las condiciones micro climatológicas del lugar donde está la planta generadora de energía han sido moderadamente modificadas por las obras civiles debido a la impermeabilización, la eliminación de la cobertura vegetal o sea la alteración de la evapotranspiración, es de notar que el microclima existente antes de la construcción de la planta generadora tenía una cobertura boscosa en forma de cafetales la cual generaba un microclima frío o templado.

Se espera que en un ambiente controlado en el proceso de generación de energía térmica se pueda sostener a través de un control de estaciones meteorológicas una temperatura constante entre 22 °C y 25 °C, procurando mantener un promedio de 23.5 °C y promoviendo una humedad promedio de 76.6%.

Perturbación y Migración de la Fauna Silvestre

Figura 33

Impacto Potencial Negativo

No.	Perturbación y migración de la fauna silvestre	
15	Componente Afectado:	Biológico - Ecológico
	Sub Componente Afectado:	Fauna
	Factor Afectado:	Especies silvestres
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

Este impacto ambiental se da en la etapa de construcción de la planta, surge debido a las actividades de la eliminación de la cobertura vegetal, obras civiles, terracería y perforación de pozos. La eliminación de la vegetación afectará el soporte alimenticio, el refugio y el hábitat de algunas especies que dependen del lugar, asimismo, todas las actividades desde su construcción hasta la generación de energía emitirán ruidos que pueden ahuyentar a la fauna.

Del inventario realizado en el sitio donde se ha construido la planta de energía han sido identificadas 12 especies de mamíferos, 19 especies de anfibios y reptiles (de estas 3 especies en categoría de amenaza) y 96 especies de aves (4 de estas especies en categoría de amenaza).

Se identifica que habrá migración de fauna que se acomodará en las coberturas vegetales adyacentes constituidas por cafetales bajo sombra. Aspectos como ruido puede hacer que en un perímetro de 500 m. especies de aves e insectos voladores migran a otros estratos.

Afectación y Reducción de Hábitats

Figura 34

No.	Afectación y reducción del hábitats								
16	Componente Afectado:	Biológico - Ecológico			Naranja: Impacto Potencial Negativo				
	Sub Componente Afectado:	Fauna					Rojo: Mayor Impacto Potencial		
	Factor Afectado:	Hábitats faunísticos							Verde: Impacto Potencial Positivo
	Tipo de Impacto	Negativo							

Impacto Potencial Negativo

Nota. Se debe buscar otras alternativas viables en el ecosistema, el impacto es irreversible.

Estas afectaciones han ocurrido desde la preparación y construcción de la planta algunas de ellas serán permanentes e irreversibles, el área intervenida es de 12.24 hectáreas, pero con mayor grado en el área de impermeabilización que es de 9.24 hectáreas, generando una ruptura del corredor natural que en el presente y en el futuro ocasionará la pérdida de refugio y alimento para la fauna silvestre, como son los reptiles y roedores que actualmente viven o se movilizan en dicha área. Asimismo, podría afectar el nido de aves por la tala de árboles lo cual va a propiciar una migración sin retorno de las especies ahí focalizadas.

Resumen Gráfico de Componente

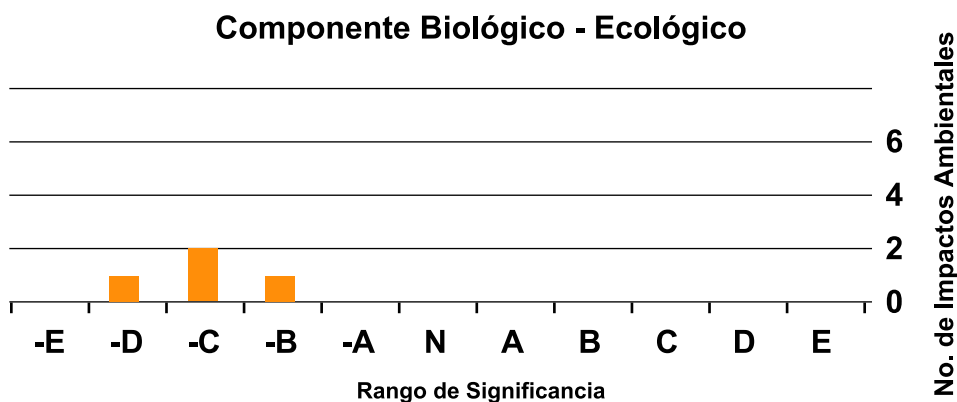
Tabla 8

Componente Biológico - Ecológico (EO)		RIAM Criterios					Puntuación ES	Rango RV
No.	Impacto Ambiental	A1	A2	B1	B2	B3		
1	Pérdida de la cobertura vegetal	1	-3	3	3	3	-27	-C
2	Modificación del microclima	2	-1	3	3	3	-18	-B
3	Perturbación y migración de la fauna silvestre	2	-3	3	3	3	-54	-D
4	Afectación y reducción de hábitats	2	-2	3	3	3	-32	-C

Cuadro 8. Representa el número de impactos y su respectiva significancia en el componente Biológico - Ecológico basado en los resultados de la evaluación

Figura 35

Impactos ambientales en el componente físico - químico



Impactos ambientales en el componente biológico - ecológico

Fuente: Elaboración Propia

Bajo el análisis de los datos obtenidos podemos mencionar lo siguiente:

- a) Existen 2 impactos que pueden ser considerados potencialmente negativos pero que pueden generarse acciones que puedan paliar significativamente los daños ya que se tiene acceso a la concientización local y accionar municipal.
- b) Existen 2 impactos que al considerarse con mayor potencial negativo, se puede obtener a una escala de no ser reversibles y difícilmente tratados de manera directa, por lo cual será necesario un tratamiento indirecto de modo de reeducar a la comunidad y proyectar acciones que salvaguarden la integridad física, la flora y la fauna de la región de manera de generar nuevos hábitats, hasta considerar que se ha logrado un equilibrio en el desarrollo, será necesario un estricto monitoreo en la región y nuevas ideas que permitan innovar el área de manera más ecología.

Componente Social - Cultural

Cambio en los Hábitos de Vida de la Población

Figura 36

Impacto Potencial Negativo

No.	Cambio en los hábitos de vida de la población	
17	Componente Afectado:	Social - Cultural
	Sub Componente Afectado:	Población
	Factor Afectado:	Calidad de vida
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

Los hábitos de vida son el conjunto de conductas adaptativas que conforman un estilo de vida y que dependen y están determinadas por la relación entre las características individuales y el contexto ecológico; un cambio, genera diversas molestias e incomodidades en lo que se refiere a algunas conductas habituales de las personas y la consecuente alteración de las actividades de la comunidad tales como:

- El ruido continuo emitido por la maquinaria de construcción y la generación de polvo podría provocar molestias y conflictos con los vecinos en caso de que estas emisiones superen valores permisibles establecidos por las normas vigentes.
- El aumento del tráfico y su respectiva aplicación de medidas de seguridad vial podría provocar molestias y enojo en algunos vecinos debido a la demora en el tiempo de viaje.
- Debido al cambio drástico del paisaje y la existencia de la central geotérmica, se puede producir un cambio en el estilo de vida y el modo de subsistencia de los pobladores locales, por ejemplo, deberán buscar nuevos lugares donde recoger leña o buscar frutos, cambiar recorrido del ganado, buscar nuevos senderos para subir a la comunidad, etc.
- La llegada de personal foráneo con patrones de comportamiento distinto a los pobladores de la zona, podría originar conflictos entre ellos; asimismo, el desarrollo de la planta también puede atraer personas relacionadas con actos delictivos que afecten el clima social de la zona.

Dicho impacto se considera que afectará principalmente al Cantón San Juan y al Cantón Copinol Primero.

Riesgos a la Población por Accidentes con Fluido Geotérmico **Figura 37**

Impacto Potencial Negativo

No.	Riesgos a la población por accidentes con fluido geotérmico	
18	Componente Afectado:	Social - Cultural
	Sub Componente Afectado:	Población
	Factor Afectado:	Riesgo a la población
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

Este riesgo se puede ver evidente en las fases de construcción de la planta y la generación de energía geotérmica ya que está asociado no sólo el desarrollo sino también a las pruebas del pozo geotérmico, en las pruebas de las líneas de acarreo de fluido bifásica, agua y vapor geotérmico, y durante las pruebas de funcionamiento de la central geotérmica.

El agua geotérmica presenta altas temperaturas y concentraciones elevadas de algunas sustancias químicas, bloqueo en caso de que un incidente pudiera afectar a la población por quemaduras, contaminación a fuentes de agua y de suelo. Por lo anterior los riesgos que pudieran afectar a la población serían daños a la salud. No obstante, la probabilidad de la ocurrencia de estos incidentes es baja, ya que por lo observado se están tomando las medidas necesarias para minimizar este riesgo lo más posible basado en la récord operativo de la empresa y de la experiencia recabada a nivel nacional sobre el tratamiento de las centrales geotérmicas y del manejo de este tipo de energía.

Aumento del Tráfico Vehicular y Accidentes

Figura 38

No.	Aumento de tráfico vehicular y accidentes	
19	Componente Afectado:	Social - Cultural
	Sub Componente Afectado:	Población
	Factor Afectado:	Tráfico
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Impacto Potencial Negativo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

Este impacto consiste en el aumento en el número de vehículos que circulan por una arteria determinada. Este impacto será perceptible por la población principalmente en la ciudad de Nueva Guadalupe y Chinameca, debido que es por estas ciudades el principal acceso a la planta generadora, viniendo desde la carretera Panamericana, en total se estaría afectando una longitud aproximada de 4.3 km. A partir de esta ciudad, el tráfico será percibido en los Cantones San Antonio y Copinol Primero, entre estos que van desde 1.0 a 5.5 km

aproximadamente. Las actividades principales que generan este impacto son transportes de maquinaria, equipo mecánico y eléctrico e insumos para la construcción y perforación de pozos, terracería, adecuación y mantenimiento de vía de acceso. Los riesgos asociados a la población por este impacto son: probabilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito, ruptura de cables de tendido eléctrico por el paso de carga altas en las zonas pobladas, generación de retrasos en el tiempo de recorrido acostumbrado por los usuarios e incomodidades a los pobladores.

Modificación del Paisaje

Figura 39

Impacto Potencial Negativo

No.	Modificación del paisaje	
20	Componente Afectado:	Social - Cultural
	Sub Componente Afectado:	Paisaje
	Factor Afectado:	Valor intrínseco del paisaje
	Tipo de Impacto	Negativo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Nota. Con medidas y acciones puede ser corregido o mejorado.

El valor intrínseco del paisaje se define como las características que configuran el paisaje y que intervienen de forma propia sobre el valor final de calidad y fragilidad, como pendiente, vegetación, altitud, presencia de lámina de agua, etc. La valorización del paisaje se define como el hecho de poner en valor los aspectos ambientales, culturales, visuales y perceptivos del paisaje. Cualquier fenómeno, natural o propiciado por el ser humano, que perturbe las cualidades del paisaje antes consideradas, supondrá un impacto.

El área que está intervenida por la planta es de 12.24 hectáreas, en una buena parte ya se encuentra modificado de forma antrópica debido a la existencia de tuberías de acarreo, de fluido geotérmico y de agua potable, vías de acceso y plataformas con pozos geotérmicos.

Este impacto se desarrolla durante las fases de construcción y ampliación, así como también en la de operatividad normal ya que se da la eliminación de

la vegetación, terracería, obras civiles y montaje de equipo mecánico y eléctrico en el campo geotérmico (principalmente la casa de máquinas y torres de enfriamiento). La modificación que sufrirá el sitio dónde está la planta hará evidente la falta de continuidad del paisaje natural en las áreas de manera permanente e irreversible, debido a las nuevas estructuras e instalaciones superficiales que desplazarán la vegetación actual.

Resumen Gráfico de Componente

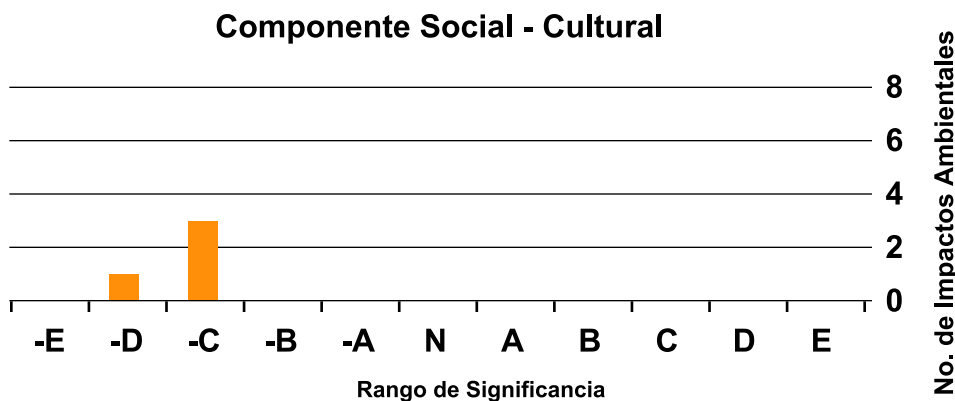
Tabla 9

Componente Social - Cultural (SC)		RIAM Criterios					Puntuación ES	Rango RV
No.	Impacto Ambiental	A1	A2	B1	B2	B3		
1	Cambio en los hábitats de vida de la población	3	-2	3	3	2	48	-O
2	Riesgo a la población por accidentes con fluido geotérmico	2	-2	2	2	2	-24	-C
3	Aumento del tráfico vehicular y accidentes	3	-1	2	2	3	-21	-C
4	Modificación del paisaje	3	-1	3	3	3	-27	-C

Cuadro 9. Representa el número de impactos y su respectiva significancia en el componente Social - Cultural basado en los resultados de la evaluación

Figura 40

Impactos ambientales en el componente social - cultural



Fuente: Elaboración Propia

Bajo el análisis de los datos obtenidos podemos mencionar lo siguiente:

- a) Existen 4 impactos que pueden ser considerados potencialmente negativos pero que pueden generar acciones que puedan paliar de manera consciente en la población, ya que el ambiente se ha transformado y la forma del diario vivir contiene cambios sustanciales en la parte social y cultural de la zona.
- b) Existen 0 impactos con mayor potencial negativos, lo cual no indica que no se deben de tomar las medidas necesarias para no caer en acciones que repercutan en la afectación del ambiente de la población.

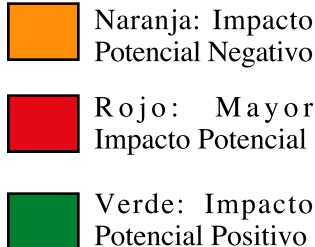
Componente Económico - Operacional

Demanda de Bienes y Servicios Locales

Figura 41

Impacto Potencial Positivo

No.	Demanda de bienes y servicios locales	
21	Componente Afectado:	Económico-Operacional
	Sub Componente Afectado:	Economía
	Factor Afectado:	Economía local
	Tipo de Impacto	Positivo



Nota. Implica una mejora considerable de desarrollo a la comunidad y la zona.

Este impacto se considera positivo debido al aumento de demanda de bienes y servicios, por ejemplo, algunos insumos para la construcción, alojamiento, transporte, servicios de alimentación, servicio de aseo de ropa, agua, salud, etc., lo que contribuye significativamente a la dinamización de la economía local. Dicho impacto está presente en la mayor parte de las actividades de la planta y se considera de índole temporal en la etapa de construcción y permanente en la reducción de labores cuando se esté generando la producción eléctrica.

Demanda de Bienes y Servicios a Nivel Nacional

Figura 42

Impacto Potencial Positivo

No.	Demanda de bienes y servicios a nivel nacional	
22	Componente Afectado:	Económico-Operacional
	Sub Componente Afectado:	Economía
	Factor Afectado:	Economía nacional
	Tipo de Impacto	Positivo



Nota. Implica una mejora considerable de desarrollo a la comunidad y la zona.

Este impacto se considera positivo debido a que la planta requerirá servicios, productos e insumos del mercado nacional, por ejemplo, alquiler de determinada maquinaria y equipo, adquisición de cemento, pétreos, terrenos, herramientas, combustibles, etc., lo que contribuye significativamente a la economía nacional.

Dicho impacto está presente en la mayor parte de las actividades de la planta generadora y se considera de índole temporal en la construcción y permanente en su desarrollo operativo.

Generación de Empleos Temporales

Figura 43

No.	Generación de empleos temporales	
23	Componente Afectado:	Económico-Operacional
	Sub Componente Afectado:	Economía
	Factor Afectado:	Empleo
	Tipo de Impacto	Positivo

Naranja: Impacto Potencial Negativo

Rojo: Mayor Impacto Potencial

Verde: Impacto Potencial Positivo

Impacto Potencial Positivo

Nota. Implica una mejora considerable de desarrollo a la comunidad y la zona.

Este impacto se considera positivo debido a que en la planta generadora se requerirá el empleo temporal de mano de obra a nivel local. El trabajo temporal consiste en la contratación de personal para que desarrollen una actividad remunerada durante la etapa de construcción y la de desarrollo continuo, se estima que se han contratado en las etapas de construcción a 109 personas durante 24 meses, donde la mano de obra local representa entre el 30% y el 50% del total promedio.

La planta dará prioridad al empleo de la mano de obra del área de influencia del sitio a intervenir, lo cual será de mucho beneficio ya que esta zona tiene escasas fuentes de trabajo porque la principal fuente de empleo era el cultivo de café que generaba demanda de mano de obra temporal, ésta ha bajado considerablemente debido a que en los últimos años ha sido atacado por epidemias de roya y los precios internacionales del grano empezaron a caer, asimismo en el año 2010 la Facultad de Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) reportó que 1007 hogares se encontraban en pobreza en el municipio de Chinameca.

Por tanto, la generación de empleo es un impacto significativo, el cual permitirá aliviar y dinamizar la economía de las familias locales.

Incremento en la Recaudación de Impuestos Municipales

Figura 44

No.	Incremento en la recaudación de impuestos municipales			<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Naranja: Impacto Potencial Negativo </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Rojo: Mayor Impacto Potencial </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #008000; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Verde: Impacto Potencial Positivo </div> </div>
24	Componente Afectado:	Económico-Operacional		
	Sub Componente Afectado:	Economía		
	Factor Afectado:	Impuestos		
	Tipo de Impacto	Positivo		

Impacto Potencial Positivo

Nota. Implica una mejora considerable de desarrollo a la comunidad y la zona.

Actualmente se genera un ingreso a las arcas de la municipalidad de Chinameca, por los proyectos ejecutados a la fecha por la planta por \$10,000.00 USD, la cual puede variar en los años en los cuales se genere una mayor tasa de producción, así como percibir el 3.5% del presupuesto anual que la planta utiliza para su producción constante.

Resumen Gráfico de Componente

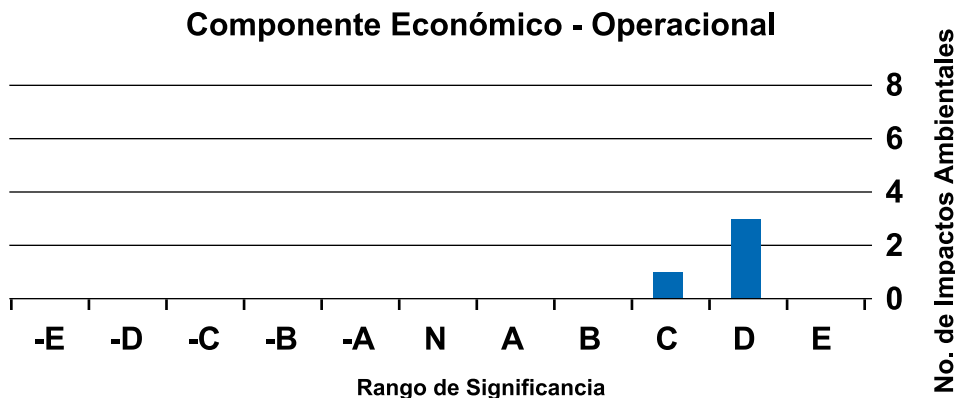
Tabla 10

Componente Económico - Operacional (EO)		RIAM Criterios					Puntuación ES	Rango RV
No.	Impacto Ambiental	A1	A2	B1	B2	B3		
1	Demanda de bienes y servicios locales	3	2	2	3	3	48	D
2	Demanda de bienes y servicios a nivel nacional	4	1	2	3	3	32	G
3	Generación de empleo temporal	3	2	2	3	3	48	D
4	Incremento a la recaudación de impuestos municipales	3	2	2	3	3	48	D

Cuadro 10. Representa el número de impactos y su respectiva significancia en el componente Económico - Operacional basado en los resultados de la evaluación

Figura 45

Impactos ambientales en el componente económico - operacional



Fuente: Elaboración Propia

Bajo el análisis de los datos obtenidos podemos mencionar lo siguiente:

- a) Existen 4 impactos que pueden ser considerados potencialmente positivos los cuales influyen directamente en la población y su percepción de su nueva realidad de vida, al influir en su economía y la subsistencia dan un aporte de desarrollo a la zona, pero también es de notar el costo por el cual se da este progreso, lo cual implica una conciencia de cambio y de recuperación del medio ambiente perdido.
- b) Aun cuando no hay impactos negativos en este componente, es necesario observar que, aunque la economía mejora la fuente base de ese mejoramiento puede repercutir en problemas actuales y a las futuras generaciones por el descuido progresivo y es necesario tomar las medidas correctivas para procurar un equilibrio en el desarrollo y el medio ambiente.

CAPÍTULO IV

REFLEXIÓN



Al observar a nuestro derredor no podemos negar que el desarrollo es algo que está intrínsecamente relacionado con el quehacer de la humanidad y del hombre mismo, cada una de las actividades que el hombre realiza lleva el componente de cambio, no obstante una de las cosas que a través del tiempo debe de considerarse es la conciencia que el mismo hombre ha tenido con el ambiente que le rodea ya que aun cuando existe una carrera formidable en el avance de las técnicas que él mismo ha desarrollado su entorno sufre transformaciones a medida le explota desmesuradamente.

No podemos negar que el desarrollo es vital para el crecimiento de los pueblos y las naciones, pero también debemos de ser conscientes que nuestros recursos naturales tienen un límite, generar un equilibrio entre el desarrollo y los diferentes ecosistemas es más que un pequeño compromiso es la transmisión de conciencia por mantener una estabilidad viable entre un continuo crecimiento y una herencia para las futuras generaciones.

En nuestro caso muy particular en el Municipio de Chinameca es palpable el impacto que ha tenido el desarrollo geotérmico en la zona, en los componentes que han observado y se ha podido ver que de esos 24 impactos observables solamente cuatro de ellos son positivos, 14 son potencialmente negativos y 7 de ellos son mayormente negativos los cuales ya son irreversibles.

Como podemos ver muchos de los factores han sido modificados considerablemente el suelo el aire el agua la flora la fauna los cursos naturales de fluidos y otros factores son determinantes en la zona, una de las cosas que más está afectando a la comunidad es el cambio del microclima que ha tenido un cambio considerable pues la variabilidad de temperatura ha afectado considerablemente, recordemos que eran bosques de tipo cafetal, los cuales generan sombra y protección al suelo y a los mantos acuíferos en la zona, pero con las transformaciones que se han sufrido las comunidades han sentido en ellos la alteración de unos grados en la temperatura la cual comienza a afectar de una manera considerable.

Dentro de los aspectos que se pudieron observar con respecto a la actitud de la empresa podemos considerar las siguientes:

- Falta de compromiso por la reversión de algunos impactos de notados en nuestra investigación, entre ellos consideraciones a la flora, a la fauna, el suelo y el mejoramiento de la conducción de la escorrentía actual.

- Monitoreo constante de los niveles de polvo, ruido, análisis de agua Y de las emisiones de gases que se pueden tener mayormente del sulfuro de hidrógeno.
- No existen proyectos que estén planeando una recuperación forestal alrededor de la planta geotérmica y en los alrededores de la comunidad que permitan protegerla de mejor manera.
- No hay apoyo a los programas de mejoramiento del medio ambiente y recuperación de la comunidad, los cuales se ejecutan por la alcaldía municipal junto con la unidad de medio ambiente.
- El enfoque social de la empresa está dirigido al área de educación y no al involucramiento ecológico que rodea la zona.
- El acceso a las instalaciones para el desarrollo de investigaciones de campo es muy limitado.
- No existe un vínculo de comunicación directo fluido y amigable con la autoridad municipal para llevar a cabo actividades y acciones que permitan una recuperación ecológica a corto y mediano plazo.

Ahora bien debemos de entender que la aprobación del proyecto en el Municipio de Chinameca se desarrolló con una administración anterior y un pensamiento político diferente al actual, aun cuando esto no tendría que definir muchas de las actitudes y acciones realizadas, lastimosamente se han dado, y la conciencia en función del ambiente no se nota y eso es palpable, ya que se deben de adquirir mayores compromisos para con el municipio en función de llevar desarrollo pero también estabilidad ecológica a la población.

Aun cuando la unidad de medio ambiente de la alcaldía municipal está realizando acciones para generar conciencia en la población y para solventar algunos de los problemas internos normales que se dan en todo municipio en función de la protección de los ecosistemas al derredor, es necesario incrementar el apoyo a esta unidad por parte de la comuna para no sólo paliar los problemas locales sino también expandir el soporte a las comunidades y cantones cercanos a las planta geotérmica, Para ir minimizando el impacto en estos lugares.

Muchas de las acciones que está desarrollando la comuna están basadas en paliar Las consecuencias de una mala conciencia en el cuidado del medio ambiente, la comuna a pesar del sufrimiento en la tabla de árboles desproporcionada todavía no tiene una conciencia clara de esta protección, Falta fortalecer las campañas de reforestación, cuidado de flora, protección a la fauna, limpieza y ornato comunal.

Qué actividades podrían realizarse por medio de la alcaldía y la empresa generadora de energía geotérmica para mitigar o paliar los impactos que actualmente se tienen en la comuna por parte del establecimiento de la planta geotérmica en Chinameca, podemos mencionar las siguientes:

- Creación de un vivero municipal en el cual puedan maquillarse plantas y árboles para ser colocados en la periferia de la planta geotérmica y en la periferia del casco urbano del municipio.
- Mantener controles constantes de revisión de suelo aire y agua en las comunidades cercanas a la planta y los alrededores del casco urbano.
- Propiciar y mantener programas de recuperación y protección de la flora y la fauna, las cuales hayan sido afectadas por medio de la tala indiscriminada y la migración de especies.
- Generar mantenimiento y protección a las pocas zonas boscosas que rodean al municipio y propiciar espacios en los cuales se puedan generar este tipo de zonas en los contornos.
- Crear y promover programas de concientización ambiental en las escuelas, barrios y colonias de modo de reeducar a la población para generar conciencia ambiental.

¿Puede llevarse desarrollo a un municipio teniendo un equilibrio con la naturaleza? La respuesta es fácil si es posible, pero requiere no sólo pensar en el beneficio económico que se puede obtener de un organismo, de una institución de una empresa sino el beneficio que puede tener toda la comuna con respecto a ese desarrollo siempre y cuando puedan tomarse las medidas correspondientes para que el ambiente de una u otra manera pueda armonizar con las personas que habitan en el mismo.

El desarrollo tampoco es una palabra de destrucción pero si se no se considera acciones correctas en función de lo que se hace es posible que nosotros mismos estemos condenando a las futuras generaciones no es posible que disfrutar de un beneficio ahora sea la condenación de otros en el futuro podemos aprovechar un recurso tan importante como es la geotermia un recurso tan valioso, renovable, tratable y con una capacidad de provecho tan grande que puede ser una de las mayores fuentes de energía en el futuro.

Debemos hacer uso de una de las capacidades más importantes que tiene el ser humano y que la misma naturaleza nos ha enseñado a través del tiempo

que es la adaptabilidad, pero ésta debe de ser considerada de tal manera que permita que el desarrollo avance juntamente con estos cambios que podemos ocasionar y poder convivir conjuntamente sin necesidad de preocuparnos del daño que podemos generar para el mañana.

Glosario

- Aerogenerador.** - Máquina productora - generadora de electricidad que transforma la energía cinética del viento en energía mecánica y posteriormente esta energía mecánica en energía eléctrica, mediante rotores de palas.
- Aireación.** - Renovación del aire.
- Condensador.** - Es un elemento utilizado en electricidad y electrónica, con dos terminales, capaz de almacenar energía eléctrica. Está formado por dos superficies conductoras separadas por un aislante. La cantidad de carga eléctrica que puede acumular es proporcional al tamaño de estas superficies e inversamente proporcional a la separación entre ellas.
- Intercambiador.** - Que intercambia o sirve para intercambiar. es un equipo de transferencia de energía sin contacto, utilizado para el calentamiento o enfriamiento de líquidos. Proporciona una gran superficie de intercambio y turbulencia para la transferencia rápida y eficiente de calor.
- Entalpía.** - Es la cantidad de energía que un sistema termodinámico intercambia con su medio ambiente en condiciones de presión constante
- Entropía.** - Es el grado de equilibrio de un sistema termodinámico, o más bien, a su nivel de tendencia al desorden (variación de entropía).
- Escorrentía.** - Agua de lluvia o de riego que no puede infiltrarse en un suelo y discurre por la superficie del mismo.

- Evapotranspiración.** - Proceso físico por el cual un líquido, como el agua, se transforma a su estado gaseoso, como el vapor de agua. Es el proceso físico opuesto a la condensación.
- Geomorfología.** - Es la ciencia que estudia las formas de la corteza terrestre.
- Granulometría.** - Se llama así al tamaño de las partículas (granos, piedras, etc.) que forman parte del polvo o de los áridos.
- Green Fields.** - Se denomina como proyectos greenfield a aquellos que se realizan sobre un área en la que no existen construcciones, de tal forma que no es necesario demoler, remodelar, mantener o adaptar estructuras para el desarrollo del nuevo proyecto.
- Isóbaras.** - Son líneas que unen puntos de la superficie de la tierra que, en un determinado momento, tienen igual presión.
- Permeabilidad.** - Es la capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.
- Pétreos.** - De piedra, roca o peñasco.
- Proceso adiabático.** - Es un proceso termodinámico en el que el sistema no intercambia calor con su entorno.
- Somera.** - Ligero, superficial, hecho con poca meditación y profundidad. Que está casi encima o muy inmediato a la superficie.
- Térreos.** - De la tierra o que tiene alguna de sus propiedades color térreo.
- Ug/m₃.** - Microgramo por metro cúbico.
- Voladura.** - Acción y efecto de volar por el aire. Acción y efecto de hacer saltar con violencia algo.

Referencias

Análisis Comparativo de Estrategias para la Mitigación del Riesgo Asociado a los Recursos Geotérmicos-Estudio Global. (n.d.). ESMAP. Retrieved July 10, 2023, from <https://www.esmap.org/node/57047>

Caillot. (n.d.).

Cenzano, J. M., Castillo, I. C., Madrid, A., & Vicente, A. M. (2019). Energía geotérmica: Manual técnico_: Con diagramas de flujo, tablas, casos prácticos resueltos y otras ilustraciones, para la formación de profesionales en esta materia. AMV Ediciones.

Craig, W., & Gavin, K. (2018). Geothermal Energy, Heat Exchange Systems and Energy Piles. ICE Publishing.

https://books.google.com.sv/books/about/Geothermal_Energy_Heat_Exchange_Systems.html?id=IvVTuwEACAAJ&redir_esc=y

DocPlayer.es. (n.d.). Ecosistemas acuáticos costeros: Importancia, retos y prioridades para su conservación (F. J. Flores Verdugo, C. Agraz Hernández, & D. Benítez Pardo, Eds.). PDF Descargar Libre. Retrieved July 5, 2023, from <https://docplayer.es/12780089-Ecosistemas-acuaticos-costeros-importancia-retos-y-prioridades-para-su-conservacion.html>

Europe, U. N. E. C. for. (2018). Application of the United Nations framework classification for resources (UNFC) to geothermal energy resources: Selected case studies. United Nations.

fconama. (n.d.). Microsoft Word - Documento preliminar GT-10 Geotermia.

García, J. E. (2003). Investigando el ecosistema. Revista Investigación En La Escuela. <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/7578/6707>

Herramienta. (n.d.). Intgeother. Retrieved July 10, 2023, from <https://intgeother.com/herramienta/>

La energía geotérmica, un regalo de la Tierra. (2012, December 23). Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2012/12/la-energia-geotermica-un-regalo-de-la-tierra/>

LAGEO, San Vicente 7, INC. (2020). Estudio de impacto ambiental y social proyecto “desarrollo del campo geotérmico chinameca.”I.

Maldonado, P. (1996, February 7). La geotermia: Una opción energética para el desarrollo sustentable. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/30573>

Moratilla Soria, B. Y., Coord., Urchueguía Schölzel, J., García de la Noceda, C., López Ocón, C., Luna González, J. P., de Gregorio, M., Linares Hurtado, J. I., Hendriks, M., Sánchez Guzmán, J., Hidalgo, R., Martins Cabeza, R. P., Torre, J., Zamora, M., de Isabel, J. A., Mariño, J. P., & Arrizabalaga, I. (2012). Energía geotérmica: análisis y prospectiva. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI. <https://es.scribd.com/document/370277975/ICAI-Energia-Geotermica-Analisis-y-Prospectiva-pdf#>

ONU-Habitat. (n.d.). Retrieved July 10, 2023, from <https://onuhabitat.org.mx/>

RAE, R. A. E.-. (n.d.). externalidad. En Diccionario panhispánico del español jurídico - Real Academia Española. Retrieved July 3, 2023, from <https://dpej.rae.es/lema/externalidad>

Santoyo, É., & Barragán-Reyes, R. M. (2010, June). Energía Geotérmica. *Revista Ciencia*, 40-51. Academia Mexicana de Ciencia. https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/61_2/PDF/EnergiaGeotermica.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Instituto Nacional de Ecología. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, Eds.). IEPSA.

Stiglitz, J. E. (2002). *El malestar en la globalización*. Taurus. <https://periferias1.files.wordpress.com/2014/06/el-malestar-de-la-globalizacion-stiglitz.pdf>

Viaintermedia.com. (n.d.-a). Geotérmica - El ITC desarrolla un programa que facilita la aplicación de la energía geotérmica en viviendas y edificios de nueva creación. Energías Renovables, El Periodismo de Las Energías Limpias. Retrieved July 10, 2023, from <https://www.energias-renovables.com/geotermica/el-itc-desarrolla-un-programa-que-facilita-20191028>

Viaintermedia.com. (n.d.-b). Periodista - Luis. Energías Renovables, El Periodismo de Las Energías Limpias. Retrieved July 10, 2023, from <https://www.energias-renovables.com/periodista/luis-merino>

Aguilera Padilla, F., & Suárez Manzano, S. (2023). Ciudadanía ambiental. Material docente para contribuir al logro del ODS 15: vida de ecosistemas terrestres.

Reporte fotográfico

Figura 46

Planta de reinyección de fluidos y vapor de baja intensidad



Nota. Personas en la foto: Jefe de la unidad de Medio Ambiente de la Alcaldía Municipal de Chinameca junto con el investigador de la UMA, San Miguel.

Figura 47

Planta de reinyección geotérmica



Figura 48
Bomba en pozo de reinyección geotérmica



Figura 49
Contenedores de agua condensada para ser inyectada al subsuelo



Figura 50
Contenedores condensado



Nota. En esta área se realiza la revisión de sedimentos sólidos antes de la reinyección de agua.

Figura 51
Vías de acceso



Nota: Erosión actual en vías de acceso a la planta y las comunidades por el cambio de escorrentía.

En la actualidad, la búsqueda de fuentes de energía alternativas y sostenibles se ha convertido en una prioridad global para enfrentar los desafíos del cambio climático y la preservación del medio ambiente. Es por eso que la energía geotérmica se ha posicionado como una opción prometedora debido a su capacidad para generar electricidad de manera renovable y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, es imperativo comprender el impacto ecológico que esta forma de producción de energía puede tener en los ecosistemas locales.

En esta investigación, nos centramos en analizar el impacto ecológico de la producción de energía geotérmica en el municipio de Chinameca, El Salvador. Chinameca es conocida por su gran potencial geotérmico, lo que ha llevado a la implementación de proyectos de este tipo en la zona. Si bien esta fuente de energía puede ser una alternativa atractiva desde el punto de vista de la sostenibilidad, también es fundamental evaluar los posibles efectos negativos que puede tener en el entorno natural.

En la investigación se analizó e interpretó todos los parámetros idóneos para producir energía limpia y sin efectos colaterales al medio ambiente. Nuestro país posee un protocolo estandarizado, pero no cuenta con un estudio de los impactos a corto y largo plazo que genera la producción de esta energía específicamente en el municipio de Chinameca, ya que cada ecosistema como amalgama funciona y reacciona de diferente forma ante la utilización y deformación de sus entornos naturales. El objetivo principal de este estudio es investigar y analizar los posibles impactos ecológicos que la producción de energía geotérmica está generando en Chinameca, considerando aspectos como la alteración del paisaje, la contaminación del agua y del aire, así como los posibles efectos sobre la biodiversidad local.

La investigación sirvió para evidenciar que la producción de energía geotérmica en Chinameca ha llevado a la alteración del paisaje local. La construcción de infraestructuras y la extracción de vapor y agua subterránea han modificado significativamente la topografía y la apariencia visual de la zona. Sin embargo, se observó que los proyectos implementados han tomado medidas para mitigar estos impactos, como la restauración del paisaje y la implementación de prácticas de gestión ambiental que es un logro inicial grande, pero que requiere del apoyo de todas las instituciones, de dicho municipio, pues al final los beneficios o fracasos no solo alteran el entorno ambiental si no que marcarán a una población entera.

Se identificaron desafíos relacionados con la contaminación del agua y del aire. Durante el proceso de extracción y utilización del vapor geotérmico, existe el riesgo de liberación de sustancias químicas y gases contaminantes que podrían afectar la calidad del agua y del aire en la región. Y es por eso de suma importancia la realización de más investigaciones aplicadas a la calidad del agua de la zona y de la tierra, pues en modelos parecidos en otras partes del mundo se han visto casi en su totalidad contaminadas con metales pesados y residuos químicos secundarios de la producción geotérmica. No obstante, se encontró que los proyectos geotérmicos han implementado tecnologías y prácticas de control de emisiones para minimizar estos impactos y garantizar la protección de los recursos hídricos locales, lo que genera que las instituciones correspondientes tomen inicio para el constante testeo secundario garantizando la inocuidad hídrica para la población.

Además, es importante evaluar el impacto de la producción de energía geotérmica en la biodiversidad local. Aunque existen áreas protegidas en las cercanías de los proyectos geotérmicos, es fundamental realizar monitoreos continuos para considerar los posibles efectos sobre las especies vegetales y animales presentes en el área. Además de la implementación de viveros forestales de especies de flora nativa que se ha visto afectada por la manipulación del entorno ambiental de la geotérmica. Se recomienda generar programas de conservación y medidas para minimizar la perturbación de los ecosistemas locales.

Este estudio subraya la importancia de abordar de manera integral el impacto ecológico de la producción de energía geotérmica en Chinameca, El Salvador. Si bien se han identificado algunos impactos negativos, se reconoce que los proyectos geotérmicos han adoptado medidas para mitigarlos y promover la sostenibilidad. No se menosprecia el obvio avance tecnológico eléctrico y económico de la zona, ya que dinamiza y genera confianza en proyectos futuros. Se sugiere continuar investigando y monitoreando los efectos a largo plazo de estos proyectos, así como fomentar la participación activa de la comunidad y las partes interesadas en el desarrollo de estrategias de conservación y gestión ambiental. Con un enfoque adecuado y la implementación de prácticas sostenibles, la producción de energía geotérmica en Chinameca puede contribuir de manera significativa a la transición hacia un futuro energético más limpio y respetuoso con el medio ambiente si se cumplen todas las medidas previstas teniendo la conciencia ecológica como pilar y norma base antes que el tema económico que este pueda generar.

UNIVERSIDAD MODULAR ABIERTA
CENTRO REGIONAL DE SAN MIGUEL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

4ª AVENIDA SUR N° 606, BARRIO EL CALVARIO,
SAN MIGUEL, EL SALVADOR
TEL: (503) 2660-6323 • 2661-2883