

## Optimización de procesos en sistemas de generación termoeléctricas por el uso de homogeneizadores

Optimization of processes in thermoelectric generation systems by the use of homogenizers

Otimização de processos em sistemas de geração termelétrica pelo uso de homogeneizadores

**Iván David Corozo Angulo**

icoroza2531@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2748-2903>

Instituto de Posgrado, Maestría en Mecánica, Mención Eficiencia Energética, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

**Ney Raúl Balderramo Vélez**

ney.balderramo@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8502-4332>

Instituto de Posgrado, Maestría en Mecánica, Mención Eficiencia Energética, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue describir la optimización de procesos en sistemas de generación termoeléctricas por el uso de homogeneizadores, como forma de minimizar las emisiones de contaminantes atmosféricos a través de una revisión bibliográfica. La metodología empleada se basó en un estudio de enfoque cualitativo de carácter documental. La técnica utilizada para el análisis de fuentes bibliográficas recopiladas vía online en Google académico, publicaciones de revistas indexadas, datos electrónicos de organizaciones internacionales, bibliotecas digitales de universidades nacionales e internacionales fue el análisis de contenido y análisis crítico. La población estuvo conformada por aproximadamente 27 documentos. La muestra se seleccionó bajo los criterios de pertinencia, relevancia e importancia y quedó constituida por seis (06) unidades de análisis que se consideraron eran las de mayor aporte para este estudio. Los resultados dejan entrever que en el Ecuador, la generación eléctrica, el 70% proviene de centrales hidroeléctricas y se complementa con el 39,16% procedente del parque termoeléctrico que utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento, tales como el fuel oil e diesel que se generan en la combustión dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y material particulado. Se concluye que: en la búsqueda de soluciones que apunten a minimizar, toda fuente de riesgo de contaminación, en particular, esto incluye los contaminantes en los combustibles para los motores diésel de las centrales termoeléctricas, para su óptimo funcionamiento se han propuesto los combustibles emulsionados donde los homogeneizadores conllevan una función importante.

**Palabras clave:** centrales termoeléctricas, optimización, combustibles emulsionados, homogeneizadores.

### ABSTRACT

The objective of this study was to describe the optimization of processes in thermoelectric generation systems by the use of homogenizers, as a way to minimize emissions of atmospheric pollutants through a bibliographic review. The methodology used was based on a study with a qualitative approach of a documentary nature. The technique used for the analysis of bibliographic sources collected online in academic Google, publications of indexed journals, electronic data of international organizations, digital libraries of national and international universities was content analysis and critical analysis. The population consisted of approximately 27 documents. The sample was selected under the criteria of pertinence, relevance and importance and was made up of six (06) units of analysis that were considered to be the ones with the greatest contribution to this study. The results suggest that in Ecuador, electricity generation, 70% comes from hydroelectric plants and is complemented by 39.16% from the thermoelectric park that use fossil fuels for their operation, such as fuel oil and diesel that are They generate carbon dioxide ( $CO_2$ ), nitrogen oxides ( $NO_x$ ) and particulate matter during combustion. It is concluded that: in the search for solutions that aim to minimize any source of contamination risk, in particular, this includes contaminants in fuels for diesel engines of thermoelectric plants, emulsified fuels have been proposed for their optimal operation. where the homogenizers carry an important function.

**Keywords:** thermoelectric plants, optimization, emulsified fuels, homogenizers.

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi descrever a otimização de processos em sistemas de geração termelétrica pelo uso de homogeneizadores, como forma de minimizar as emissões de poluentes atmosféricos por meio de uma revisão bibliográfica. A metodologia utilizada baseou-se em um estudo com abordagem qualitativa de natureza documental. A técnica utilizada para a análise das fontes bibliográficas coletadas online no Google acadêmico, publicações de periódicos indexados, dados eletrônicos de organizações internacionais, bibliotecas digitais de universidades nacionais e internacionais foi a análise de conteúdo e análise crítica. A população foi composta por aproximadamente 27 documentos. A amostra foi selecionada sob os critérios de pertinência, relevância e importância e foi composta por 06 (seis) unidades de análise consideradas as de maior contribuição para este estudo. Os resultados sugerem que no Equador, a geração de eletricidade, 70% vem de usinas hidrelétricas e é complementada por 39,16% do parque termoeléctrico que usa combustíveis fósseis para sua operação, como óleo combustível e diesel que geram dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) e material particulado durante a combustão. Conclui-se que: na busca de soluções que visem minimizar qualquer fonte de risco de contaminação, em particular, isso inclui contaminantes em combustíveis para motores diesel de usinas termelétricas, foram propostos combustíveis emulsionados para o seu ótimo funcionamento. função importante.

**Palavras-chave:** usinas termelétricas, otimização, combustíveis emulsionados, homogeneizadores.

## Introducción

La dimensión ambiental ha comenzado a cobrar cada vez más fuerza en una respuesta obvia a la crisis que vive el planeta, como producto mismo de las actividades humanas en su conjunto, ahora ya se sabe, por la información científica generada en los últimos años, que la explotación descontrolada e indiscriminada de los recursos naturales, tiene serias repercusiones que van más allá del impacto biológico y ambiental, ya que afectan de forma directa a las sociedades humanas, el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y la contaminación son efectos directos de lo que acontece.

En este particular, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), considera que la principal actividad del ser humano, señalada como una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), responsables del cambio climático, es la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) para generar energía y con fines de transporte, aunque ciertos procesos industriales y cambios en el uso de la tierra también emiten  $\text{CO}_2$ . EPA, (2022). De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC), hay pruebas claras de que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el principal causante del cambio climático, aunque otros gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos también afectan al clima. IPCC, (2021).

Las actividades relacionadas con la energía, como las que proceden de centrales eléctricas, han tenido un gran desempeño en las emisiones relacionadas con el aumento de temperaturas y cambio climático a escala global. El aumento de las emisiones globales de  $\text{CO}_2$  en el sector de la energía de 2021, de más de 2.000 millones de toneladas respecto al año anterior, fue el mayor de la historia en términos absolutos. Elcacho, (2022).

Es indiscutible, la importancia que ha tenido la generación y el uso de la energía para la evolución de la cual hoy disfruta parte de la sociedad global, donde sin duda, la energía termoeléctrica o térmica ha desempeñado un significativo papel en el esquema energético que han transitado los países para satisfacer las demandas de electricidad destinadas a llevar a cabo las actividades productivas, de desarrollo y crecimiento en el mundo, pero, la obtención de este tipo de energía en las centrales térmicas, lleva consigo la combustión de combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y derivados del petróleo, que produce gases de efecto invernadero a gran escala, los cuales son los responsables de mayor relevancia del calentamiento global y de sus negativos que hoy padece el orbe.

En adición a lo precedente, Cortés et al, (2019) define una central termoeléctrica (CTE) como una instalación empleada en la generación de electricidad a partir de la energía liberada en forma de calor, mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. En este punto cabe decir que aproximadamente el 40 % de la electricidad proviene de centrales convencionales a carbón y son las que más emiten  $\text{CO}_2$  por unidad de energía producida  $\approx [1 \text{ kg } \text{CO}_2/\text{kWh}]$  (González, 2014). Enmarcado con esto, las centrales termoeléctricas basadas en el uso de carbón, según la Fundación Heinrich Böll et al, (2020) liberan gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), en conjunto con pequeñas cantidades de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), además de partículas de hollín, cada uno de los cuales tiene un impacto diferente en el clima.

Por otra parte, de acuerdo con los datos obtenidos de Fundación Endesa, (2022) las centrales térmicas de ciclo combinado que funcionan con gas natural son más respetuosas con el medio ambiente que otras tecnologías de producción eléctrica. Una de sus ventajas más destacadas es que las emisiones de  $\text{CO}_2$  en relación a los kilovatios/hora producidos son menos de la mitad que las emisiones de una central convencional de carbón.

En lo que sigue, se expone un panorama de la generación termoeléctrica en el Ecuador, contexto que orienta esta investigación, en este aspecto, la información emanada de la Corporación Centro Nacional

de Control de Energía (CENACE) destaca que en el país se registran 40 centrales de generación termoeléctrica de índole pública y 5 privadas, el aporte en términos de generación termoeléctrica fue de 8,36%; asignándosele a la generación hidroeléctrica el 89,24%; la contribución de la generación no convencional fue de 1,48% y la interconexión el 0,92%. CENACE, (2020). En lo que respecta a la generación térmica y tomando en consideración el tipo de combustible con el que generan las centrales: la energía total generada fue la siguiente: 81,76 GWh con diésel; 1.500,02 GWh con fuel oil más residuo; y 685,09 GWh con gas natural; valores que representan el 3,61%, 66,17%, y 30,22% del total de producción térmica anual, respectivamente.

Adicionalmente Coral & Cazorla, (2020) denotan que en Ecuador el 39,16% de energía proviene de las centrales termoeléctricas que utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento, tales como el fuel oil, cuya combustión genera sustancias contaminantes a la atmósfera. En lo tocante a los tipos de generación termoeléctrica, como ya se adelantó en líneas anteriores, en estimaciones de Boero et al (2014) se tiene: las centrales con turbinas a vapor, que principalmente usan fuel oil como combustible; las centrales con turbinas a gas, que usan gas natural o diesel como combustible; y las centrales con motores de combustión interna, que utilizan primordialmente fuel oil.

Resultados como los que aquí se presentan, obligan a dar un giro y priorizar la optimización de los procesos en sistemas de generación termoeléctrica, que contribuyan a minimizar las emisiones de GEI, en una visión de futuro sustentable y, en este propósito el uso de homogeneizadores puede constituirse en una tecnología destinada a apoyar las actividades inherentes al área de interés, que para el caso de este estudio está centrado en las centrales de generación termoeléctrica con motores de combustión interna (MCI), que utilizan primordialmente fuel oil.

El uso de los equipos homogeneizadores representa una alternativa altamente efectiva y eficiente, que puede aportar soluciones ecológicas para reducir las emisiones contaminantes sin alterar la eficiencia energética de los MCI en las centrales de generación de energía térmica, pues en los últimos años la creación el desarrollo y la innovación tecnológica permiten generar herramientas que pueden rectificar o minimizar los daños causados a la naturaleza por estas actividades.

En tal sentido, Sánchez, (2020) propone las emulsiones de agua en diésel (w/o) como un combustible alternativo de una mayor eficiencia asociado a menos emisiones, especialmente, en los motores diesel, dado que a causa de la combustión incompleta, pueden emitir contaminantes como: hidrocarburos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y material particulado (PM). En el mismo marco, Laverde et al, (2016) indica que la emulsión de agua en diésel tiene la ventaja de reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno producidos por la combustión en el motor. A tono con lo precedente, Fernández et al, (2004) destacan que esto puede ser logrado ya sea por métodos de emulsificación de alta energía (Agitación de alta potencia, homogeneizador de alta presión, ultrasonidos o mediante un molino coloidal) o por métodos de emulsificación de baja energía (Temperatura de inversión de fase (PIT) o inversión de fase).

De acuerdo con Mayta et al, (2020), la ultra-alta presión de homogenización (UHPH) es una tecnología emergente con aplicaciones en el procesamiento de fluidos. Si bien, esta tecnología se basa en los mismos principios de los homogeneizadores convencionales, los nuevos diseños y uso de materiales de construcción de las válvulas han permitido alcanzar presiones de 350 a 400 MPa. Las tecnologías orientadas a la obtención de nuevas fuentes de combustibles, que permiten ser amigables con el medio ambiente y que mejore el rendimiento de los MCI, son de interés nacional e internacional en el campo de la investigación, tal como afirma el IPCC, (2021), la manera más efectiva de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> es disminuir el consumo de combustibles fósiles. En esta visión los homogeneizadores pueden ser factores para las mejoras en la eficiencia del parque termoeléctrico del Ecuador. Sobre esta base se tiene que el objetivo del presente estudio fue describir la optimización de procesos en sistemas de

generación termoeléctricas por el uso de homogeneizadores, como forma de minimizar las emisiones de contaminantes atmosféricos a través de una revisión bibliográfica.

## Conceptos Básicos

### Central termoeléctrica

La generación de energía eléctrica a partir de la energía térmica como fuente se denomina energía termoeléctrica. Las centrales térmicas llevan a cabo la generación de energía eléctrica a partir de la ignición de combustibles como biomasa, carbón, gas natural y derivados del petróleo Cortez, (2022). Estos sistemas, se encargan de transformar la energía eléctrica por medio de una serie de modificaciones energéticas, la cual se obtiene por una transferencia de fluidos que pueden ser agua, aire, fluidos orgánicos, el cual se usa para producir energía mecánica de una turbina, que se encarga de convertirla a eléctrica Rodríguez & Cuvi, (2019).

### Funcionamiento de una Central Termoeléctrica

Según refieren Fernández & Robles, (2017), el objeto de las centrales térmicas es aprovechar la energía calorífica de un combustible para transformarla en electricidad. Esta transformación sigue el siguiente proceso:

- La energía contenida en el combustible se transforma, por combustión en energía calorífica.
- La energía calorífica que absorbe el fluido de trabajo se convierte al expandirse en la turbina o motor en energía mecánica.
- La energía mecánica es transformada en energía eléctrica a través del generador eléctrico.

### Tipos de Centrales Térmicas

De acuerdo con el combustible que estas centrales empleen mayoritariamente, se pueden clasificar, según González, (2014) en centrales térmicas convencional; central térmica de biomasa (TV); central termonuclear; central termosolar; central geotérmica y centrales de cogeneración.

Centrando la atención en las centrales térmicas convencionales, a decir de, González, (2014), el calor se obtiene al liberarse la energía química contenida en un combustible fósil (gas natural, carbón, fuel oil, gasoil) mediante el proceso de combustión y transferirse a un fluido (en general agua) en una caldera. Estas centrales se dividen en: Turbo Vapor (TV), Turbo Gas (TG), Ciclo Combinado (CC, combinación de TV y TG) y Diesel (D). En este proceso de generación de energía, se producen una serie de contaminantes con importantes efectos nocivos para el ambiente y para la salud de los seres humanos.

Miles de toneladas/año (central de 1.000 MW)			
Contaminante	Carbón	Fuelóleo	Gas
Partículas	5	0,8	0,5
Oxidos de azufre	150	60	0,015
Oxidos de nitrógeno	23	25	13
Monóxido de carbono	0,25	0,009	Despreciable
Hidrocarburos	0,5	0,7	Despreciable

**Tabla 1. Producción de contaminantes en centrales termoeléctricas convencionales**

Fuente: Foro Nuclear, (2018)

Habida cuenta de que las centrales térmicas de combustión interna, tienen una participación importante en las emisiones de gases de efecto invernadero y, de acuerdo al centro de interés de esta indagación, a continuación se presenta los límites máximos permisibles de concentraciones de emisión al aire para motores de combustión interna (mg/Nm<sup>3</sup>)

**Tabla 2. Límites Máximos Permisibles de Concentraciones de Emisión al Aire Para Motores de Combustión Interna (mg/Nm<sup>3</sup>)**

Contaminante	Combustible		Fuente fija existente: con autorización de entrar en funcionamiento antes de enero de 2003	Fuente fija existente: con autorización de entrar en funcionamiento desde enero de 2003 hasta fecha publicación de la reforma de la norma	Fuente fija nueva: con autorización de entrar en funcionamiento a partir fecha publicación de la reforma de la norma
Material particulado	Líquido	Fuel oil crudo petróleo	350	150	100
		Diesel	350	150	125
óxidos de nitrógeno	Líquido	Fuel oil	2300	2000	1900
		Diesel	2300	2000	1900
	Gaseoso	Gaseoso	2300	2000	1900
Dióxido de azufre	Líquido	Fuel oil	1500	1500	1500
		Crudo petróleo	1500	1500	1500
		Diesel	1500	1500	1500

mg/Nm<sup>3</sup>: miligramos por metro cúbico de gas de combustión en condiciones normales, 760 mmHg de presión y temperatura de cero grados centígrados (0 °C), en base seca y corregidos al 15% de oxígeno (O<sub>2</sub>). Combustibles líquidos: comprende combustibles fósiles líquidos como el diesel, kerosene, naftas y fuel oil

Fuente: Libro IV, (2015)

## Homogeneización

Es un término que connota un proceso por el que se hace que una mezcla presente las mismas propiedades en toda la sustancia Campo & Ortiz, (2021). La homogeneización se define como el proceso de división de grandes glóbulos de grasa polidispersos de una emulsión aceite en agua en un gran número de glóbulos grasos pequeños de menor tamaño y de manera homogénea Michalski & Januel, (2006).

En general, los procesos mediante los cuales se logra la homogeneización son aquellos con los que se obtienen mezclas de líquidos inmiscibles, emulsiones (aceite y agua), dispersiones de sólidos en líquidos en la cual se utilizan dispositivos como bombas de alta presión o equipos de alto cizallamiento para hacer la reducción de tamaño de las partículas entre 1 y 100 µm Campo & Ortiz, (2021).

Existen diversos tipos de homogeneizadores, según la aplicación específica de las máquinas para un proceso mediante el cual se obtiene la misma composición o estructura en todas las partes del fluido o elemento que se homogeniza, a saber: homogeneizador de alta presión; homogeneizador de tejidos; homogeneizador peristáltico; homogeneizador ultrasónico; homogeneizador industrial; homogeneizador de hélice de vástago y homogeneizador de paleta Campo & Ortiz, (2021).

## Aplicaciones de los Homogeneizadores en Sistemas de Generación Termoeléctricas

La aplicación de la homogeneización para optimizar los procesos de emisión de GEI, pueden estar relacionados. Por un lado con el tratamiento del fuel oil o diésel, que utiliza como combustible una central termoeléctrica con un motor de combustión interna y, por el otro, para la reducción las partículas del fuel pesado o HFO hasta tamaño medio de aprox. 5µm romper las cadenas de asfaltenos, reduce el consumo de combustible y por ende la reducción de cenizas y gases de efecto de invernadero.

En la central con tecnología de motores de combustión interna (MCI) se presenta un amplio rango de variación para las emisiones de material particulado, lo cual se destaca en comparación con las otras sustancia Boero et al, (2014).

Hoy en día, los motores diesel son ampliamente utilizados alrededor del mundo debido a la alta eficiencia y potencia que suministran Lin & Wang, (2004). Sin embargo, los contaminantes atmosféricos liberados por los motores diesel, tales como las emisiones gaseosas y el material particulado, siguen siendo relevantes Sánchez, (2020). Por esto, las emulsiones de agua en diésel (w/o) como un combustible alternativo han tenido relevancia gracias a su mayor eficiencia y menores emisiones principalmente en cuanto a gases nitrogenados y material particulado Chen & Tao, (2005).

El combustible emulsionado, se forma al agregar gotas de agua al diesel tradicional mediante el empleo diferentes métodos. Estudios previos han mostrado que dichas emulsiones pueden reducir hasta un 40% en las emisiones de NOx y hasta un 35% del material particulado emitido, sin reducir la eficiencia del motor Ithnin et al, (2015).

Diversos eventos conducen al fenómeno de las microexplosiones durante la combustión. En primer lugar, el agua se evapora al entrar a la cámara hasta acumular cierta cantidad de vapor. Por consiguiente, las gotas comienzan a detonar, dada la diferencia de puntos de ebullición con el diesel, generando una nube de combustible Won et al, (2019).

Lo anterior fomenta la homogeneización en la cámara y el mezclado con el aire. Igualmente, la temperatura de los gases de escape es reducida al aumentar la concentración de agua dado que el calor agotado para evaporar el agua reduce la temperatura de la llama. Este fenómeno suprime la generación de NOx térmico y la formación de hollín según diversos estudios Ithnin, et al, (2015). Cabe decir que, las emulsiones, son dispersiones coloidales conformadas por un líquido inmiscible dispersado en una fase líquida continua Schramm, (2006).

## Metodología

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, de tipo documental bibliográfica. En atención a ello, se realizó la búsqueda sistemática de publicaciones relacionadas con la temática; utilizando la base de datos de Google académico, páginas web de revistas indexadas como Scielo, Dialnet, Redalyc; repositorios digitales de universidades nacionales e internacionales; datos bibliográficos electrónicos de organizaciones nacionales como CENACE; organización de corte internacional como IPCC; Fundación Heinrich Böll, Friends of the Earth international, Fundación Terram, entre otras.

Para la estrategia de búsqueda se consideró los descriptores clave “generación termoeléctricas” “homogeneizadores” “emisiones de GEI” Encontrándose 27 publicaciones que cumplieran con los criterios de inclusión; que contemplaran ampliamente la temática de interés; fecha de publicación; idioma español o inglés, importancia, relevancia y pertinencia. Fueron excluidos los estudios sin relación con la temática y publicaciones sin acceso a texto completo.

## Análisis crítico de los estudios

De los títulos identificados en la búsqueda se revisaron los resúmenes para verificar su pertinencia con el objetivo y el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión asumidos en esta indagación. Posteriormente, fueron comparadas para determinar los resúmenes elegibles para esta investigación.

Después de esta primera etapa de selección, se accedió al texto completo de todos los artículos, tesis y/o documentos institucionales seleccionados para confirmar su elegibilidad y extraer la información pertinente. Quedando la muestra se análisis conformada por seis (06) que se consideraron eran las de mayor aporte para este estudio.

Finalmente se elaboró una tabla de datos con las fuentes documentales seleccionadas para realizar la extracción y síntesis de los datos que incluyó información sobre la identificación de la publicación, autor (es), año; título; tipo de documento y los resultados y/o conclusiones del estudio.

## Resultados

En esta sección se presenta la tabla de datos contentiva de las publicaciones seleccionadas por año de publicación, para su análisis y discusión, misma que guiaron al establecimiento de las conclusiones de rigor.

Autor (es)	Título	Tipo de Documento	Resultados y/o conclusiones
Cortez , (2022)	Metodología para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por generación térmica: Análisis del estado del arte de metodologías desarrolladas para el cálculo de GEI para la generación térmica, análisis comparativo de las metodologías.	Trabajo de Titulación Escuela Politécnica Nacional (EPN). Quito, Ecuador.	El exceso de <u>emisión de gases de efecto invernadero (GEI)</u> es el mayor <u>causante del cambio climático global</u> , y es justamente la producción de energía eléctrica de <u>las centrales térmicas</u> las que presentan un <u>mayor factor de emisión de CO<sub>2</sub></u> , contribuyendo de esta manera al aumento de los GEI en el planeta. Dentro de este contexto, ante la necesidad de controlar las emisiones que se generan en distintos sectores productivos, la organización para el cambio climático a nivel mundial (UNFCCC) ha establecido <u>metodologías que permiten calcular indicadores relacionados con estas emisiones</u> . Al realizar las comparaciones se observa que la mayoría de las centrales <u>con funcionamiento a base de combustión interna</u> se encuentran con emisiones menores a 0.8 t CO <sub>2</sub> /MWh.
Reyes, (2021)	Evaluación general de la matriz energética ecuatoriana y el aporte de las energías renovables no convencionales a la descarbonización de la generación eléctrica con énfasis en el potencial geotérmico	Trabajo de Maestría Universidad Andina Simón Bolívar, sede Quito, Ecuador	En Ecuador, la generación eléctrica, el 70% se genera principalmente en centrales hidroeléctricas y se complementa con el <u>parque termoeléctrico</u> que utiliza <u>derivados de petróleo</u> . <u>Mínima participación de fuentes energéticas renovables</u> no convencionales, se <u>desaprovechan recursos ambientalmente más amigables con el entorno</u> . Resultaría una opción para <u>descarbonizar la matriz energética</u> , complementarían a las centrales hidroeléctricas y permitirían <u>disminuir el uso de derivados de petróleo en la producción eléctrica nacional</u> .
Coral & Cazorla, (2020)	Evaluación de emisiones no reguladas para centrales termoeléctricas, a través de la aplicación de índices de calidad para la determinación de límites máximos permisibles	Trabajo de Maestría Universidad Internacional SEK. Ecuador	En Ecuador el 39,16% de energía proviene de las <u>centrales termoeléctricas</u> que utilizan <u>combustibles fósiles</u> para su funcionamiento, tales como el <u>fuel oil</u> . Su <u>combustión incompleta</u> puede generar vapores y humo que contienen sustancias como el <u>monóxido de carbono</u> , uno de los mayores contaminantes <u>del aire</u> , ya que tiene incidencia sobre la capacidad oxidante de la atmósfera, <u>contribuyendo a la generación de mayores concentraciones de metano y óxidos nitrosos</u> . Con base en los análisis de monitoreo de emisiones atmosféricas de tres centrales termoeléctricas de Ecuador. Como resultado que el valor límite a normarse en Ecuador, es el establecido en la norma mexicana (516

			mg/m <sup>3</sup> de CO (516 mg de CO por metro cúbico de aire) pues el índice de calidad analizado en este estudio con respecto a las tres centrales es un valor muy cercano a 1 (uno).
Sánchez, (2020)	Estudio de la formulación y preparación de emulsiones de agua en diesel como un combustible alternativo	Artículo de Investigación Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia	El diésel es uno de los combustibles fósiles <u>más utilizados alrededor del mundo</u> , pero su uso genera grandes problemas al medio ambiente por la cantidad de emisiones contaminantes producto de su combustión incompleta en <u>los motores de combustión interna (MCI)</u> , tales como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) y material particulado. Es necesario un combustible <u>alternativo</u> con una mayor eficiencia asociado a menos emisiones. Una alternativa que ha ganado relevancia en los últimos años es el uso de <u>combustible emulsionado</u> . <u>Estudios previos han mostrado que dichas emulsiones pueden reducir hasta un 40% en las emisiones de NO<sub>x</sub> y hasta un 35% del material particulado emitido, sin reducir la eficiencia del motor</u> . Todo lo cual puede llevarse a cabo <u>mediante la homogenización</u> en la cámara y el mezclado con el aire.
Won, et al (2019)	The Viscosity and Combustion Characteristics of Single-Droplet Water-Diesel Emulsion [Las características de viscosidad y combustión de la emulsión de agua-diésel de una sola gota]	Artículo de Investigación Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Corea (KAIST), Daejeon, Corea	El <u>combustible diésel</u> exhibe <u>excelentes características de combustión y estabilidad</u> . Sin embargo, el uso de diésel se está restringiendo debido a los <u>problemas ambientales asociados</u> . <u>La emulsificación de combustible, que aumenta la eficiencia y reduce la contaminación</u> , se convirtió en la solución del problema ambiental
Laverde, (2016)	Emulsión Agua y Diésel Formulación y Características Físicas para su utilización en motores de Combustión Interna	Artículo de Investigación Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador	La <u>emulsión de agua en diésel</u> presenta ventajas importantes para <u>reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno</u> producidos por la combustión en el <u>motor de combustión interna ciclo diésel</u> .

Fuente: El autor (2022) información de fuentes bibliográficas seleccionadas

## Discusión

Una vez efectuado el análisis de los resultados de las fuentes bibliográficas seleccionadas para tal fin, se ha podido encontrar que las centrales termoeléctricas son fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero como dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, Sánchez, (2020); Cortez, (2022), además también emite óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y material particulado Sánchez, (2020) y Coral & Cazorla, (2020).

Sin embargo, esta forma de generación de energía representa parte importante del esquema eléctrico ecuatoriano Coral & Cazorla, (2020); Reyes, (2021) y Cortez, (2022). Estas centrales termoeléctricas utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento, tales como el fuel oil, cuya combustión incompleta puede generar vapores y humo que contienen sustancias como el monóxido de carbono, uno de los mayores contaminantes del aire ya que tiene incidencia sobre la capacidad oxidante de la atmósfera, contribuyendo a la generación de mayores concentraciones de metano y óxidos nitrosos Coral & Cazorla, (2020).



En torno a esto, se ha estado trabajando para encontrar soluciones que permitan el uso óptimo de la energía eléctrica, habida cuenta de que es un factor clave para el desarrollo de la nación, pero el mismo debe ir aparejado con la responsabilidad que conlleva el cuidado medio ambiental. Así han surgido propuestas del uso de energías de fuentes de energía renovables como una opción para descarbonizar la matriz energética y permitirían disminuir el uso de derivados de petróleo en la producción eléctrica nacional Reyes, (2021).

En este contexto, de cierto es que las centrales termoeléctricas con funcionamiento a base de combustión interna, usan el diésel que es uno de los combustibles fósiles más utilizados alrededor del mundo Sánchez, (2020), por sus excelentes características de combustión y estabilidad Won, et al (2019), sin embargo, como ya se ha insistido en diversas oportunidades, su uso está siendo restringido debido a los problemas ambientales asociados Won, et al (2019); Sánchez, (2020); Coral & Cazorla, (2020). Todo lo cual conlleva a buscar soluciones que disminuyan la contaminación ambiental de estas centrales de generación eléctrica, dado que en el largo plazo seguirán siendo destinadas como complemento del parque de generación de electricidad.

De este modo, las investigaciones apuntan a utilizar combustible emulsionado Sánchez, (2020); Won, et al (2019) y Laverde, (2016). Así, la emulsión de agua en diésel presenta ventajas importantes para reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno producidos por la combustión en el motor de combustión interna ciclo diésel Laverde, (2016); la emulsificación de combustible, que aumenta la eficiencia y reduce la contaminación, se convirtió en la solución del problema ambiental Won, et al (2019). Estudios previos han mostrado que dichas emulsiones pueden reducir hasta un 40% en las emisiones de  $NO_x$  y hasta un 35% del material particulado emitido, sin reducir la eficiencia del motor Sánchez, (2020).

La emulsificación del diesel para las centrales de generación de energía termoeléctrica con basadas en motores de combustión interna, puede llevarse a cabo mediante el uso de homogeneizadores Sánchez, (2020). El desarrollo tecnológico pone a disposición diversos tipos de estas herramientas, tal es el caso del homogeneizador para efectuar la ultra-alta presión de homogenización (UHPH) Mayta et al, (2020), basada en los mismos principios de los homogeneizadores convencionales, pero los nuevos diseños y uso de materiales de construcción de las válvulas han permitido alcanzar presiones de 350 a 400 MPa. Mayta et al, (2020).

Las centrales eléctricas son responsables del importante trabajo de asegurar el suministro eléctrico las 24 horas del día y los 365 días del año en el país, pues como es sabido, sin energía, ciertamente, nada funciona. Pero dada las regulaciones ambientales que se vienen implementando desde el ámbito nacional e internacional del cual Ecuador es parte importante por los convenios y tratados en materia ambiental que ha ratificado y suscrito constantemente, se hace necesario que durante el funcionamiento de las centrales eléctricas, especialmente, las termoeléctricas de combustión interna, se incluyan sistema de tratamiento eficaces para minimizar los contaminantes en los combustibles para los motores diésel.

En tal sentido, una de las respuestas pareciera ser el uso de homogeneizadores, para lograr combustible emulsionado, que contribuye a reducir la emanaciones de GAI, así también, los homogeneizadores pueden ser empleados para la reducción las partículas del fuel pesado o HFO hasta tamaño medio de aprox.  $5\mu m$  romper las cadenas de asfaltenos, reduce el consumo de combustible y por ende la reducción de cenizas y gases de efecto de invernadero.

## Conclusiones

Las centrales eléctricas son imprescindibles para el funcionamiento de una nación, pues son las responsables de asegurar el suministro eléctrico constante y de calidad, dentro de este esquema energético se encuentran las centrales de generación termoeléctricas que, en el caso concreto de

Ecuador, se usan como complemento de las centrales hidroeléctricas que representan la forma de mayor generación de electricidad del país.

Como ha sido reiterativo a lo largo de este documento las centrales termoeléctricas, son responsables de generar gases de efecto invernadero y material particulado a la atmósfera, mismas que tienen un impacto negativo para el medio ambiente y para la salud de los seres vivos.

En la búsqueda de soluciones que apunten a minimizar, toda fuente de riesgo de contaminación, en particular, esto incluye los contaminantes en los combustibles para los motores diésel de las centrales termoeléctricas, para su óptimo funcionamiento se han propuesto los combustibles emulsionados donde los homogeneizadores conllevan una función importante.

El uso eficiente de la energía eléctrica contribuye a la reducción de la contaminación del aire, puede generar un ahorro económico en los hogares y también ayudar a disminuir algunos de los daños causados a la salud de la población., es así que, la tecnología basada en los homogeneizadores, pueden conducir a minimizar el riesgo de emisiones contaminantes que proviene de centrales termoeléctricas o térmicas que queman combustibles fósiles en el país, cuyos buenos resultados puede verse reflejados en las buenas prácticas ambientales y en la consecuente disminución de los efectos dañinos en el ámbito social, salud y economía del Ecuador.

## Referencias Bibliográficas

- Boero, A., Melendres, A., Duque, J., & Ramírez, A. (2014). Caracterización de las Emisiones de las Tecnologías de Generación Térmica en el Ecuador. *12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Guayaquil, Ecuador. Guayaquil, Ecuador*. <https://library.co/document/yr8ld4pz-caracterizacion-emisiones-tecnologias-generacion-termica-ecuador.html> , pp.1-10.
- Campo, E., & Ortiz, F. (2021). Propuesta de Diseño Para los Homogeneizadores en las Marmitas de Elaboración Para Salsas con Tomate y Frutas, en la Planta de Producción de Productos el Tomatico S.A.S. *Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Trabajo de Titulación* , pp.167.
- CENACE. (2020). Informe Anual. *Corporación Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)*. <http://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/04/Informe-Anual-CENACE-2020-Parte-1.pdf>, pp.105.
- Chen, G., & Tao, D. (2005). An experimental study of stability of oil-water emulsion. *Fuel Process. Technol.*; (86), pp.499–508.
- Coral, K., & Cazorla, E. (2020). Evaluación de emisiones no reguladas para centrales termoeléctricas, a través de la aplicación de índices de calidad para la determinación de límites máximos permisibles. *Universidad Internacional SEK. Trabajo de Grado de Maestría*. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3754>.
- Cortés, S., Yohannessen, K., Tellerías, L., & Ahumada, E. (2019). Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional? *Revista chilena de pediatría*; Vol.90. No.1. *Santiago de Chile*. <http://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748> . [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062019000100102](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062019000100102).
- Cortez, C. (2022). Metodología para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por generación térmica: Análisis del estado del arte de metodologías desarrolladas para el cálculo de GEI para la generación térmica, análisis comparativo de la metodología. *Escuela Politécnica Nacional (EPN). Quito, Ecuador. Trabajo de Titulación*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22423>, pp.74.
- Elcacho, J. (2022). Las emisiones mundiales de CO2 marcaron en 2021 un nuevo récord histórico. <https://www.lavanguardia.com/natural/20220310/8113390/emisiones-mundiales-co2-marcaron-2021-nuevo-record-historico.html>.
- EPA. (2022). Emisiones de dióxido de carbono . *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)*. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-dioxido-de-carbono> .
- Fernández, I., & Robles, A. (2017). Centrales de Generación de Energía Eléctrica. *Universidad de Cantabria (UC)*, pp.116.
- Fernández, P., André, V., Rieger, J., & Kühnle, A. (2004). Nano-emulsion formation by emulsion phase inversion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 251, no. 1-3. Available: 10.1016/j.colsurfa.2004.09.029, pp.53-58.

- Foro Nuclear. (2018). ¿Qué contaminación producen las centrales termoeléctricas? <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-contaminacion-producen-las-centrales-termoelectricas/>.
- Fundación Endesa. (2022). Central térmica de ciclo combinado. *Recursos Educativos*. <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-electricas-convencionales/central-termica-convencional-ciclo-combinado>.
- Fundación Heinrich Böll, Friends of the Earth international, & Fundación Terram. (2020). *Atlas del Carbón. Hechos y cifras de un combustible fósil*. Santiago, Chile: Editorial (V. i. S. d. P.) Annette Maennel, HBS. Edición Latinoamericana. pp.60.
- González, J. (2014). Centrales Eléctricas. *Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán. FACET - UNT. San Miguel de Tucumán, Argentina* <https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Apunte-Central-TV-1.pdf>, pp.64.
- IPCC. (2021). El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. *Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático (IPCC)*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC\\_WGI-AR6-Press-Release-Final\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf), pp.1-5.
- Ithnin, A., Ahmad, M., Bakar, M., Rajoo, S., & Yahya, W. (2015). Combustion performance and emission analysis of diesel engine fueled with water-in-diesel emulsion fuel made from low-grade diesel fuel. *Energy Convers. Manag.* (90), pp.375–382.
- Laverde, G., Pucují, D., Pucují, P., & Naranjo, J. (2016). Emulsión Agua y Diésel Formulación y Características Físicas para su utilización en motores de Combustión Interna. *Revista Infociencia; Vol. 10. Núm 1*. <https://doi.org/10.24133/infociencia.v10i1.1017>. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Infociencia/article/view/1017>, pp.33-38.
- Libro IV. (2015). Texto Unificado de la Legislación secundaria del Ministerio de Ambiente, Normas de emisiones al aire desde fuentes fijas. *Acuerdo Ministerial 97. Decreto Ejecutivo 3516, Quito, Ecuador. Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003. Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>.
- Lin, C., & Wang, K. (2004). Effects of a combustion improver on diesel engine performance and emission characteristics when using three-phase emulsions as an alternative fuel. *Energy Fuel* 18, pp.477–484.
- Mayta, J., Trujillo, A., & Juan, B. (2020). La homogeneización a ultra-alta presión (UHPH): Efectos en la leche y aplicaciones en la fabricación de quesos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú; 31(2): e17934*. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17934>. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172020000200001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000200001), pp.1-14.
- Michalski, M., & Januel, C. (2006). Does homogenization affect the human health properties of cow's milk? *Trends Food Sci Tech* 17. doi: 10.1016/j.tifs.2006.02.004, pp.423-437.
- Reyes, J. (2021). Evaluación general de la matriz energética ecuatoriana y el aporte de las energías renovables no convencionales a la descarbonización de la generación eléctrica con énfasis en el potencial geotérmico. *Universidad Andina Simón Bolívar Sede Quito, Ecuador. Trabajo de Maestría*. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8555/1/T3739-MCCNA-Vicente-Evaluacion.pdf>, pp.103.
- Rodríguez, A., & Cuvi, N. (2019). Contaminación del Aire y Justicia Ambiental en Quito, Ecuador. *Fronteiras Journal of Social Technological and Environmental Science* 8(3). DOI:10.21664/2238-8869.2019v8i3.p13-46. [https://www.researchgate.net/publication/335646723\\_Contaminacion\\_del\\_Aire\\_y\\_Justicia\\_Ambiental\\_en\\_Quito\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/335646723_Contaminacion_del_Aire_y_Justicia_Ambiental_en_Quito_Ecuador), pp.13-46.
- Sánchez, J. (2020). Estudio de la formulación y preparación de emulsiones de agua en diesel como un combustible alternativo. *Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/48898/u833542.pdf?sequence=1>, pp.1-11.
- Schramm, L. (2006). *Emulsions, foams, and suspensions*. Berlin: Wiley. 1st ed.
- Won, J., Baek, S., Kim, H., & Lee, H. (2019). The Viscosity and Combustion Characteristics of Single-Droplet Water-Diesel Emulsion. *Energies*, vol. 12, no. 10. doi.10.3390/en12101963, pp. 1963.