

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Estimación de Gases de Efecto Invernadero en la Perforación y el

Workover de Pozos Petroleros: Caso Ecuador

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Petróleo

Presentado por:

Pedro Fernando Palacios Alvarez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Septiembre 2022

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico:

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Pedro y María, mi mayor inspiración, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por ser el pilar más importante, por siempre sentirse orgullosos de mí y nunca dejarme solo.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y por siempre estar en todos mis sueños y metas.

Pedro Fernando Palacios Alvarez

AGRADECIMIENTOS

Dios, tu amor y bondad nunca terminan, gracias por todos mis logros que son el resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de lo que pones en mi camino para mejorar como ser humano.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

Gracias a mis hermanos que estuvieron en todo este proceso brindándome muchos ánimos para que nunca me dé por vencido.

Gracias a mis docentes, ya que sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos.

Gracias a mis amigos, por su apoyo y su perseverancia, por estar en las horas más difíciles, por compartir cada conocimiento y horas de estudio.

Pedro Fernando Palacios Alvarez

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Pedro Fernando Palacios Alvarez* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Pedro Fernando
Palacios Alvarez

EVALUADORES

MSc. Fernando Sagnay

PROFESOR DE LA MATERIA

MSc. Danilo Arcentales

PROFESOR TUTOR

MSc. Kenny Escobar

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El calentamiento global es un tema que necesita acciones inmediatas, por lo tanto, la industria hidrocarburífera no puede quedarse atrás en investigación y análisis sobre la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten en sus operaciones. Este trabajo tuvo como objetivo cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan durante las operaciones de perforación y workover. Se estimaron las emisiones de gases como CO₂, CH₄ y N₂O utilizando la metodología de estimación del Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) tomando como referencia los factores de emisión del TIER 1. Para la estimación se observaron las emisiones producidas por generadores, motocompresores, motores industriales para AIB y motores industriales para transferencia tanto de diésel como gas. Se concluye que los motores de gas emiten más CO₂ equivalente que los de diésel pues el sistema emite 95840107 kg de CO₂ equivalente por consumo de gas y tan solo 20705 kg de CO₂ por consumo de diésel. Finalmente se desarrolló un inventario donde se puede obtener las emisiones de cada gas de efecto invernadero, principalmente CO₂, CH₄ y N₂O, tanto para maquinaria alimentada por diésel como la alimentada por gas.

Palabras claves: IPCC, Efecto Invernadero, Workover, Perforación.

ABSTRACT

Global warming is an issue that needs immediate action; therefore, the hydrocarbon industry cannot lag behind in research and analysis of the amount of greenhouse gases emitted in its operations. The objective of this work was to quantify the greenhouse gas emissions generated during drilling and workover operations. Emissions of gases such as CO₂, CH₄ and N₂O were estimated using the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) methodology, taking as a reference the TIR 1 emission factors. Emissions from generators, motor compressors, industrial engines for AIB and industrial engines for diesel and gas transfer were observed. It was found that gas engines emit more CO₂ equivalent than diesel engines, since the system emits 95840107 kg of CO₂ equivalent for gas consumption and only 20705 kg of CO₂ for diesel consumption. Finally, an inventory was developed to obtain the emissions of each greenhouse gas, mainly CO₂, CH₄ and N₂O, for both diesel and gas-powered machinery.

Keywords: IPCC, Greenhouse Effect, Workover, Drilling.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Gases de Efecto Invernadero.....	3
1.4.2 Calentamiento Global.....	4
1.4.3 El Petroleo Y Su Proceso De Extraccion.....	5
1.4.4 Perforación en la Industria Petrolera	5
1.4.5 Perforación Direccional	7
1.4.6 Reacondicionamiento De Pozos Petroleros (Workover)	8
1.4.7 Eficiencia energética e inventario de gases de efecto invernadero en la industria petrolera-caso: compañía petrolera ABC ecuador	9

1.4.8	Emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de gas y petróleo en argentina.....	10
CAPÍTULO 2.....		12
2.	Metodología	12
2.1	Metodología IPCC	12
2.2	Método.....	12
2.3	Análisis del proceso de perforación y workover en pozos de petróleo en Ecuador	13
2.4	Identificar las fuentes de emisiones de GEI.....	13
2.4.1	Emisiones directas	13
2.4.2	Emisiones indirectas	13
2.4.3	Cuantificación de las emisiones directas de GEI.....	14
2.4.4	Estimación de emisiones Tier 1	15
CAPÍTULO 3.....		16
3.	Resultados Y Análisis	16
3.1.1	Resultados	16
3.2	Análisis de Resultados.....	29
CAPÍTULO 4.....		31
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	31
4.1	Conclusiones	31
4.2	Recomendaciones	32
BIBLIOGRAFÍA.....		33

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

CAPP Canadian Association of Petroleum Producers

GEI Gases de Efecto Invernadero

AIB Aparato Individual de Bombeo Mecánico

SIMBOLOGÍA

CO ₂	Dióxido de Carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido Nitroso
O ₃	Ozono
SF ₆	Hexafluoruro de Azufre
HFC	Hidrofluorocarbonos

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Componentes de un Equipo de Perforación (Perforación En La Industria Petrolera, 2016).....	7
Figura 3.1.Emisiones de GEI por Diésel	24
Figura 3.2.Emisiones de GEI por Gas	25
Figura 3.3.Emisiones de GEI por Tiempo	25
Figura 3.4.Aporte de CO2 equivalente por maquinaria.....	26
Figura 3.5. Porcentaje de CO2 equivalente por maquinaria de gas.....	27

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Factores de Emisión por Defecto para la Combustión Estacionaria en las Industrias Energéticas (GAS).....	16
Tabla 3.2. Factores de Emisión por Defecto para la Combustión Estacionaria en las Industrias Energéticas (DIÉSEL)	17
Tabla 3.3. Consumo de combustibles generadores principales en campo ESPOL ...	18
Tabla 3.4. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTO COMPRESORES EN CAMPO ESPOL.....	19
Tabla 3.5. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA AIB EN CAMPO ESPOL.....	19
Tabla 3.6. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA TRANSFERENCIA EN CAMPO ESPOL.....	20
Tabla 3.7. CONSUMO DE COMBUSTIBLES GENERADORES PRINCIPALES EN CAMPO ESPOL.....	21
Tabla 3.8. CONSUMO DE COMBUSTIBLES GENERADORES PRINCIPALES EN CAMPO ESPOL.....	21
Tabla 3.9. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA AIB EN CAMPO ESPOL.....	22
Tabla 3.10. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA TRANSFERENCIA EN CAMPO ESPOL.....	22
Tabla 3.11. Factores de Emisión para llevar la cantidad de gas emitido a unidades de CO ₂ equivalente.	23
Tabla 3.12. Total de emisiones de gases de efecto invernadero respecto al gas.....	23
Tabla 3.13. Total de emisiones de gases de efecto invernadero respecto al diésel ...	24
Tabla 3.14. Inventario de emisiones por cada tipo de generador a gas.....	28
Tabla 3.15. Inventario de emisiones por cada tipo de generador a diésel	29

CAPÍTULO 1

1. Introducción

Estudios realizados a lo largo de la historia humana sobre los gases de efecto invernadero demuestran que estos al liberarse a la atmósfera no son absorbidos por la Tierra al mismo ritmo que son liberados (Shaikh, 2018).

El Consumo de combustibles fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero, solo en el Ecuador corresponde el 86.88%, estos a su vez modifican el clima y el medio ambiente, provocando una pérdida de ecosistemas y biodiversidad; causando en última instancia un deterioro de la salud humana y el bienestar social (de Co et al., 2011).

El problema se presenta cuando algunos gases, como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, los clorofluorocarbonos y otros, obstaculizan la refracción de los rayos que provienen del sol a la Tierra provocando un calentamiento en la misma ya que dichos rayos no tienen salida de la atmosfera; es decir, actúan como un techo invisible (invernadero) que permite que el calor del sol llegue a la tierra, pero evita que se disperse en la atmósfera o fuera de ella. Existen fuentes naturales que producen estos gases (explosiones volcánicas, por ejemplo), y también sumideros, como los bosques o los mares, que son capaces de descomponer estos gases y evitar que se produzca el efecto de calentamiento. Sin embargo, La sociedad moderna con sus hábitos está provocando que las emisiones de dichos gases sean mucho mayores que la capacidad de absorción de los sumideros, por lo que su cantidad aumenta constantemente al igual que sus efectos (Meza, 2006).

Los hidrocarburos fósiles presentes en la naturaleza deben ser sometidos a procesos y actividades industriales intensivos antes de su uso final como fuente de energía. Las actividades necesarias para extraer los hidrocarburos fósiles desde su estado inicial de materia prima (como se lo encuentra en la naturaleza), hasta entregarlos para su consumo final como combustible y materia de calidad necesaria para la elaboración de otros productos, constituyen el sector de actividad económica conocido como sector de gas y petróleo. En particular, el sector de petróleo y gas incluye los procesos y/o actividades de extracción, producción, refinación y transporte de hidrocarburos al sitio de uso, todos los cuales contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero (Álvarez, 2017).

1.1 Descripción del problema

Al mencionar las actividades de perforación y workover de pozos petroleros, se tiene presente que ciertas actividades generan fuertes impactos negativos en el medio ambiente por su agresiva intervención directa sobre él, como la desestabilización de los suelos, deforestación, que trae como consecuencia erosión del mismo, pérdida de biodiversidad, ruido, provocando la migración de los animales silvestres, pérdidas de nacimientos de agua, contaminación de aguas por las explosiones y por los desechos domésticos de los campamentos, contaminación de aire por la liberación de partículas de gases que son nocivos para la salud humana.

Los equipos utilizados en las diferentes actividades antes mencionadas requieren una cantidad determinada de insumos; estos a su vez necesitan una cantidad determinada de materia prima para generarse. Un ejemplo de estos es el taladro de perforación rotatoria, el cual necesita de diversos componentes electrónicos, hidráulicos, neumáticos, lo que ocasiona la formación de alguna u otra forma gases de efecto invernadero.

El presente trabajo está enfocado principalmente a determinar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en las actividades de perforación y workover de pozos petroleros y así mismo la relación con los impactos que la actividad eléctrica genera sobre el entorno, principalmente de emisiones a la atmósfera.

1.2 Justificación del problema

El propósito de este trabajo es determinar cómo las operaciones de perforación y reacondicionamiento constituyen una fuente de aporte de emisiones de GEI a la atmósfera, cuantificándolas, y realizando su respectivo análisis y evaluación que permitirá proponer e implementar medidas de remediación y mitigación del impacto ambiental.

Considerando que la emisión de gases de efecto invernadero es un problema grave a escala mundial, la relevancia de este trabajo consiste en determinar lineamientos para el seguimiento y control de dichas emisiones y proponer posibles soluciones o acciones correctivas que prevengan o minimicen el impacto ambiental, de manera que

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan durante las operaciones de perforación y workover de pozos petroleros mediante el análisis de datos proporcionados por empresa estatal con el fin de determinar los daños que provocan de manera anual estas emisiones.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Obtener un inventario para observar las emisiones de cada gas que se tienen en la perforación y workover de pozos petroleros.
- Determinar qué gas tiene una mayor incidencia en la generación de gases de efecto invernadero (GEI) para generar medidas que ayuden a mitigar la generación de GEI.
- Proponer alternativas de mitigación del impacto ambiental generado por la emisión de gases efecto invernadero (GEI) para reducir las emisiones durante las operaciones de extracción y workover.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Gases de Efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero son considerados componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos (origen humano), los cuales absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitidos a lo largo de la corteza terrestre y marítima. Los principales gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera de la Tierra son: el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). Además, en la atmósfera están presente una serie de gases de efecto invernadero (GEI) originados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos (compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono), estos compuestos actúan como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera y se consideran una de las causas que provocan la pérdida de la capa de ozono en la atmósfera, regulados por el Protocolo de Montreal (ambiente, 2016). Además del CO_2 , el N_2O y el CH_4 , el Protocolo de Kyoto

(Unidas, 1998) determina normas respecto a las emisiones que generan las diferentes industrias en los países que se afianzaron a dicho protocolo con respecto a los gases de invernadero, como lo son el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (Oswaldo, 2007).

1.4.2 Calentamiento Global

De forma simplificada puede entenderse como el aumento paulatino de la temperatura del planeta producto del aumento de la emisión de determinados GEI impidiendo que estos sean refractados por la tierra y que puedan abandonar la misma, en condiciones normales. (Una capa "más gruesa" de gases de efecto invernadero atrapa más rayos infrarrojos y eleva la temperatura).

Por otra parte, es un término comúnmente utilizado en muchos sentidos: Considerado como el fenómeno observado que muestra un aumento promedio de la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. Otra forma de entenderlo es una teoría predictiva, basado en proyecciones y simulaciones por computadora sobre el crecimiento futuro de la temperatura.

La opinión científica dominante sobre el cambio climático afirma que "la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 100 años es atribuible a la actividad humana". Las simulaciones parecen indicar que la causa principal del componente de calor inducido por el hombre se debe al aumento del dióxido de carbono. La temperatura del planeta ha ido en constante aumento desde finales del siglo XIX (ambiente O. P., 2021) , cuando finalizó la etapa conocida como la Pequeña Edad del Hielo. Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero, aumentado por la contaminación, está, según las teorías, en el origen del calentamiento global observado (Oswaldo, 2007).

1.4.3 El Petróleo y su proceso de extracción

El Ecuador cuenta al momento con una capacidad de producción de petróleo de 157.500 barriles por día. Generando productos esenciales como lo son la gasolina, el diésel, los cuales son combustibles de uso mayoritario en el transporte. El sector de hidrocarburos aporta con el 71% del requerimiento nacional de energía, repartiéndose el porcentaje restante entre fuentes de la biomasa e hidroeléctrica (APUNTES SOBRE LA EXPLOTACION PETROLERA EN EL ECUADOR, 2008).

Las fases de la industria petrolera son:

Exploración: se enfoca en la búsqueda de yacimientos de hidrocarburos con métodos geológicos y sísmicos.

Explotación: es la extracción del petróleo y gas del subsuelo, a través de perforación de pozos y construcción de la infraestructura para su transportación directa hacia los lugares de almacenamiento predispuesto en los campos petroleros.

Refinación: comprende en la transformación del crudo en combustibles para uso de los diferentes sectores económicos y la población en general, asignándoles un valor agregado y satisfaciendo las necesidades energéticas internas y exportando combustibles.

Almacenamiento y transporte de crudo y derivados: comprenden los sistemas de oleoductos, tanques y poliductos, que se utilizan para transporte y almacenamiento de crudo y derivados, desde el lugar de producción hasta otros de consumo exportación o industrialización.

Comercialización: es el proceso de venta externa del petróleo al mercado internacional y la comercialización interna de combustibles (APUNTES SOBRE LA EXPLOTACION PETROLERA EN EL ECUADOR, 2008).

1.4.4 Perforación en la Industria Petrolera

Un equipo de perforación está integrado por 5 sistemas, aquellos que están formados de varios componentes. Es importante recalcar que cada uno de los componentes del equipo, es una parte fundamental para el buen desempeño del equipo en las intervenciones a llevarse a cabo, en función de los objetivos programados

(Perforación En La Industria Petrolera, 2016). A continuación, se detallan los diferentes sistemas que intervienen en un equipo de perforación:

1.4.4.1 Sistema de Izaje

Algunos componentes son:

1. Malacate
2. Cable o Línea de perforación
3. Corona
4. Bloque Viajero
5. Gancho

1.4.4.2 Sistema de Potencia

Se subdivide en dos partes:

1. Generación de Potencia
2. Transmisión de Potencia:
 - Transmisión Eléctrica
 - Transmisión Mecánica

1.4.4.3 Sistema de Rotación

Algunos componentes son:

1. Kelly
2. Unión Giratoria
3. Mesa Rotatoria

1.4.4.4 Sistema de Circulación

Los componentes principales de un sistema de circulación son:

1. Fluido de Perforación
2. Equipos Auxiliares
3. Bombas de Lodo
4. Presa de Lodos

1.4.4.5 Sistema de Control de Presión

Se cuentan con los siguientes componentes:

1. Conjunto de Preventores
2. Bombas Koomey

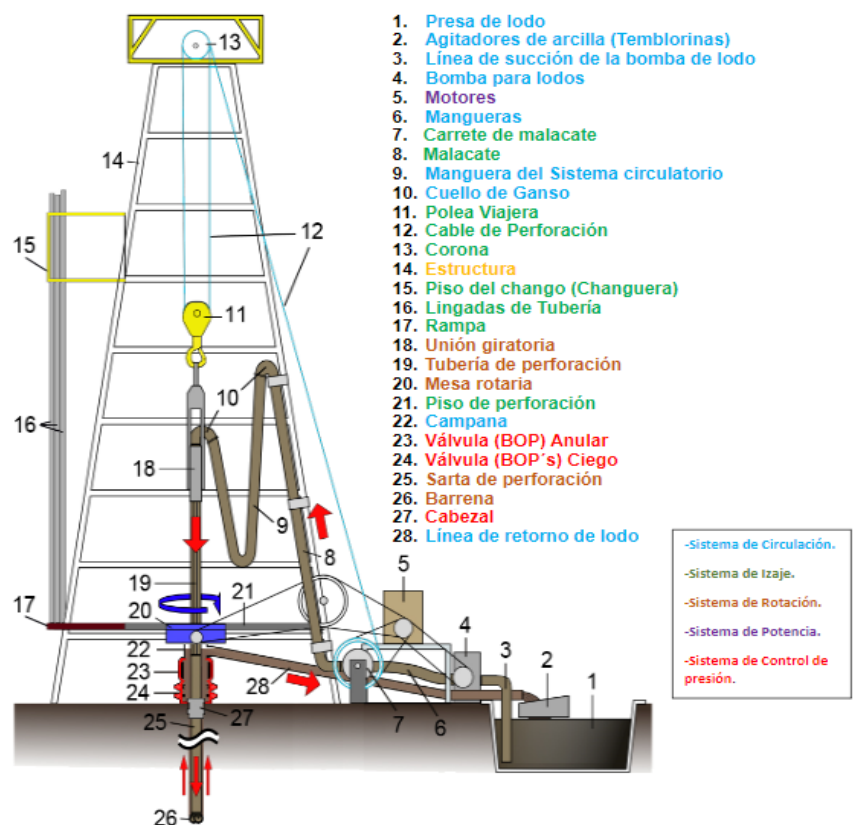


Figura 1.1 Componentes de un Equipo de Perforación (Perforación En La Industria Petrolera, 2016).

1.4.5 Perforación Direccional

La perforación direccional se define como la práctica de controlar la dirección e inclinación de un pozo a una ubicación u objetivo debajo de la superficie, y un pozo direccional es aquel que se perfora a lo largo de una ruta planificada para alcanzar el yacimiento en una posición predeterminada, localizada a determinada distancia lateral de la localización superficial del equipo de perforación. Para lograr el objetivo, es

necesario controlar el ángulo y la dirección del pozo, que se refiere a los planos vertical (inclinación) y horizontal (dirección) (Perforación En La Industria Petrolera, 2016).

La perforación direccional nos ha permitido optimizar las operaciones de perforación, ya que ha logrado maximizar la recuperación de hidrocarburos en diferentes tipos de yacimientos y reducir significativamente sus costos, las diferentes causas y aplicaciones de esta técnica desde sus inicios, ha llevado al desarrollo de manera significativa a fecha (Castillo, 2014). A continuación, se mencionan las principales causas y aplicaciones de la perforación direccional, aquellas son:

- Operaciones de desviación de pozo (Sidetracking).
- Perforación en línea recta.
- Perforación de pozos múltiples desde una estructura artificial.
- Perforación de objetivos múltiples.
- Lugares inaccesibles.
- Perforación en presencia de domos salinos
- Perforación en presencia de fallas.
- Perforación de pozos de alivio (control de alivio).
- Perforación horizontal.
- Perforación de pozos multilaterales.
- Perforación de alcance extendido.
- Otro tipo de aplicaciones.

1.4.6 Reacondicionamiento De Pozos Petroleros (Workover)

El reacondicionamiento de pozos petroleros o workover no es más que operaciones cuyo enfoque es obtener las condiciones óptimas para la producción de petróleo. Las operaciones de workover involucran actividades de completación y mantenimiento de un pozo.

Completación: es poner a punto un pozo petrolero para su producción normal haciendo uso de maquinarias y herramientas necesarias basado en las especificaciones, diseño y programas de las operadoras.

Mantenimiento: enfocado en controlar y resolver los problemas en el pozo o reservorio, que se encuentra en producción, los más comunes que se presentan son:

fallas en la cementación primaria, fallas en la tubería y equipos de fondo, entre otros (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA, 2011).

1.4.7 Eficiencia energética e inventario de gases de efecto invernadero en la industria petrolera-caso: compañía petrolera ABC ecuador

Para este caso, se comenzó con un inventario de GEI de ABC Ecuador, en el cual se usó el método simplificado. Luego de que se cuantificaran las emisiones de GEI, se llevó a cabo el cálculo de los índices de Intensidad Energética de Producción e Intensidad de Carbono de Producción de la Compañía. Dichos resultados del inventario de emisiones se presentaron en términos de CO_2 equivalente (CO_2E), que incluye CO_2 , CH_4 y N_2O . Los gases distintos del CO_2 se convierten en CO_2E utilizando factores de potencial de calentamiento global (GWP) que tienen en cuenta el impacto relativo de los diferentes GEI en la atmósfera y sus tiempos de residencia en la atmósfera (Meza, 2006).

Para cuantificar las emisiones de CO_2E se utilizaron los factores de emisión propuestos por la metodología CAPP, basándose en los factores de emisión por combustión presentados por la "Compilation of Air Pollutant Emission factors", AP-42, enero de 1995. Así mismo, la validación de los resultados obtenidos al aplicar la metodología CAPP, se utilizó la metodología IPCC.

En conclusión, se destaca el hecho de que la metodología CAPP está enfocada en el sector energético y específicamente en el área de petróleos, mientras que la metodología IPCC ha sido desarrollada para preparar los inventarios nacionales. Los factores de emisión de los GHG para cada una de las metodologías provienen en algunos casos, de diferentes fuentes. Por esta razón, se da una diferencia en la estimación de las emisiones de CO_2 , y de los otros gases (CH_4 , N_2O) (Meza, 2006).

1.4.8 Emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de gas y petróleo en argentina

Otro caso referente a la cuantificación de emisiones se realizó de manera interna en argentina, con el enfoque de estimar las emisiones para todo el país, y estas forman la base oficial de Argentina en su informe presentado a las Naciones Unidas. La más reciente fue difundida en diciembre de 2015, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y es conocida como la tercera comunicación nacional ante las Naciones Unidas. Corresponde a la estimación del inventario para el año 2012, con recálculo de años anteriores.

Luego de haber identificado las fuentes, el objetivo fue estimar las cantidades promedio de emisiones de dichas fuentes previamente identificadas; algunas de ellas fueron más fáciles de estimar que otras y generalmente son el resultado de consideraciones o cálculos de ingeniería más o menos conservadores (según el caso), en ausencia de datos reales. En general, los compendios de metodologías han sido un medio para sistematizar la información y los cálculos a nivel de las instalaciones para generar conjuntos de datos y modelos de bajo nivel, que se agregan a las estadísticas nacionales y capturan las particularidades de los sitios y tecnologías de producción (Álvarez, 2017).

El formato utilizado para realizar las proyecciones de emisiones se realizó mediante la ecuación básica para la estimación de emisiones, con el factor de actividad multiplicado por el factor de emisiones. Adicionalmente se incluyen algunas modificaciones que permiten capturar variaciones anuales. La proyección se realiza en unidades de Gg CO₂eq.

A lo largo del trabajo se ha realizado una revisión de la bibliografía, análisis de los datos, cálculos, verificaciones y consideraciones que permiten confirmar que:

- Se evidenciaron oportunidades para mejorar la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del petróleo y el gas mediante la generación de factores específicos por cada país, que reflejen con mayor ajuste al comportamiento natural con respecto a la situación del sector en los años tomados en cuenta en dicho estudio (Álvarez, 2017).
- La calidad de la información disponible también es otro factor que puede ser mejorable en el largo plazo, así como propuestas para aumentar la cantidad y

detalle de la información disponible, basadas en la experiencia de otros países y las mejores prácticas de la industria (Álvarez, 2017).

- La adopción de un sistema nacional de gestión de inventarios como método sistemático para desarrollar, mantener y mejorar la calidad de las estadísticas en el sector de petróleo y gas para las estimaciones de emisiones, estableciendo los beneficios esperados de su adopción como herramienta para la toma de decisiones y el seguimiento y medición sistemáticos de la eficacia de los programas de mitigación (Álvarez, 2017).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la realización de este inventario respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero se utilizó la metodología propuesta por las Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de GEI.

2.1 Metodología IPCC

Las guías desarrolladas por el IPCC sugieren dos enfoques complementarios para la elaboración de los inventarios de los GEI. El primero, denominado enfoque de referencia se refiere únicamente a las emisiones de dióxido de carbono, cuantificadas a un nivel agregado. El segundo, llamado método por tecnologías, se refiere, además del CO₂, a las emisiones de otros gases (CH₄, N₂O) y partículas, y se analizan las tecnologías energéticas de forma separada o individual. Este método requiere, además de la información sobre los flujos de productos que entran a los diferentes nodos del sistema energético, datos específicos sobre las características de los procesos de transformación y de consumo que tienen lugar en cada uno de los nodos del sistema.

Cabe mencionar que los resultados se reportan en Giga gramos (Gg) y de forma independiente para cada uno de los gases.

2.2 Método

Se realizó el trabajo dando una descripción detallada sobre el proceso llevado a cabo para la perforación de un pozo, en la cual se explicó parte a parte los tipos de perforación y los instrumentos necesarios para manejar cada etapa del proyecto, así mismo se desarrolló el concepto de reacondicionamiento de pozos, en los cuales se explicó las operaciones que involucran esta actividad, como son la completación y el mantenimiento; con el objetivo de entender las actividades que se realizan en cada etapa de estos procesos y con la finalidad de tener un enfoque claro sobre los focos de emisiones de gas de efecto invernadero en cada proceso.

Posteriormente se realizó la identificación de las fuentes directas de emisión de gas de efecto invernadero para poder centralizar la investigación en los focos más prominentes, una vez se haya seleccionado las fuentes, se cuantificó las emisiones, lo cual se hizo con el uso de las guías del método IPCC.

2.3 Análisis del proceso de perforación y workover en pozos de petróleo en Ecuador

Dentro de la perforación se tienen emisiones en todos los sistemas ya sea este el de izaje, potencia, rotación, circulación, control de presión y control de sólidos. Asimismo, en el proceso de workover, la maquinaria especializada se implementó con el enfoque de poder completar o acondicionar los pozos teniendo así fuentes directas en muchos de los componentes de soporte estructural, cargas de materiales y sistema relacionados con generación y transmisión de potencia (SPE-ECUADOR, 2021).

2.4 Identificar las fuentes de emisiones de GEI

2.4.1 Emisiones directas

En las emisiones directas se consideran todo tipo de emisión desarrollada a partir de la combustión de combustible fósil. Los gases de efecto invernadero emitidos por estos procesos son los más significativos por ellos se los toma como una fuente latente y considerable de emisiones.

Entre las emisiones directas están:

- Emisión de combustión de crudo.
- Emisión de combustión de gas de proceso.
- Emisión de combustión de diésel.

2.4.2 Emisiones indirectas

Las emisiones indirectas corresponden a fuentes que no se encuentran netamente relacionadas a los procesos dentro de las áreas de perforación y workover,

pero sí a la utilización de energía necesaria para el desarrollo de sus actividades (REPSOL, 2013).

Entre las emisiones indirecta se tiene:

- Compra de Electricidad.
- Transporte de Maquinaria.

2.4.3 Cuantificación de las emisiones directas de GEI

Para el cálculo de las emisiones directas de gases de efecto invernadero se hizo uso de los factores de emisión de carbono recomendados por la metodología mencionada al inicio de este capítulo la cuál es IPCC.

Los cuales tienen una conversión de unidad expresada en toneladas de carbono por Tera Joules. El consumo de combustible es expresado en unidades energéticas Tera Joules/año (TJ/año) haciendo uso de los poderes caloríficos netos los cuales expresan en unidades de mega Joules/año.

Las emisiones pueden ser calculadas de acuerdo con la ecuación 2.1 mostrada a continuación (Martinez, 2015):

$$EGEi = \sum_{j=1}^n [(CCj) * (FEj)]$$

Donde:

(2.1)

EGEi = Emisión de CO₂, CH₄ Y N₂O

CCJ = Consumo de diferentes tipos de combustible

FEj = Factor de emisión de cada tipo de combustible

Factores de Emisiones

Los factores de emisiones para fuentes de combustión fija, y factores de emisiones de fugitivas son de vital importancia en la estimación de emisiones de gas y petróleo. El factor de emisiones facilita la estimación de las emisiones a partir de categorías de fuentes y del factor de actividad. Cada categoría posee un rango de valores

para el factor de emisión de CH₄, CO₂, y N₂O expresado como Gg del gas de GEI correspondiente por unidad de producción.

El factor de emisiones de CO₂ está muy relacionada con el consumo de combustible y el contenido de carbono que es quemado, ya que se considera la transformación de todo el carbono en el combustible a CO₂. Las emisiones de CH₄ y N₂O dependen de la tecnología o equipo de combustión. Todos los factores listados son para combustibles de composición genérica, y en caso de contar con información de composición o poder calorífico propia del país, se recomienda utilizarla.

2.4.4 Estimación de emisiones Tier 1

Con respecto a la estimación, se requieren los factores de actividad y los factores de emisiones correspondientes para cada categoría. IPCC ha publicado factores de emisiones utilizando como factores de actividad básicamente las cantidades de producción por cada subcategoría. Con el objetivo de que cualquier país pueda estimar sus emisiones con mínimos datos. El conjunto de factores de emisiones utilizados son los informados por defecto por IPCC para países en desarrollo.

Finalmente se propondrá alternativas que puedan ser utilizadas para mitigar el impacto de la emisión de los gases de efecto invernadero generados por cada una de las etapas ya sea de perforación y workover.

CAPÍTULO 3

3. Resultados Y Análisis

Para que se lleve a cabo el método propuesto respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero, se ha tomado como referencia el Campo ESPOL, en el cual se realizan dichos procesos como son la perforación y workover de pozos petroleros.

3.1.1 Resultados

Para el Inventario respecto a la Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, se utilizó el método de tecnologías por categorías y se usaron los factores de emisión propuestos por la metodología IPCC. La utilización de dichos factores, además de facilitar comparaciones a nivel internacional sobre el volumen de emisiones, permite estimar dichas emisiones con un nivel aceptable de exactitud.

Para comenzar con la aplicación del método propuesto, se establecieron algunos factores de emisión respecto a dichos gases que se emiten en dichas operaciones de perforación y workover, como son: el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O) y el metano (CH_4), aquellos que se presentan a continuación:

Tabla 3.1. Factores de Emisión por Defecto para la Combustión Estacionaria en las Industrias Energéticas (GAS) (Elaboración propia)

	Combustión Estacionaria		
Combustible	Factores de Emisión CO_2 (Kg/TJ)	Factores de Emisión CH_4 (Kg/TJ)	Factores de Emisión N_2O (Kg/TJ)
	(Kg CO_2 /TJ)	(Kg CH_4 /TJ)	(Kg N_2O /TJ)
GAS	74100	3	0.6

Tabla 3.2. Factores de Emisión por Defecto para la Combustión Estacionaria en las Industrias Energéticas (DIÉSEL) (Elaboración propia)

Combustible	Combustión Estacionaria		
	Factores de Emisión CO2 (Kg/TJ)	Factores de Emisión CH4 (Kg/TJ)	Factores de Emisión N2O (Kg/TJ)
	(KgCO2/TJ)	(KgCH4/TJ)	(KgN2O/TJ)
Diésel	74100	3	0.6

El gas natural es considerado una mezcla de hidrocarburos gaseosos que se encuentra en yacimientos fósiles, no asociado (solo), disuelto o asociado (acompañando al petróleo o al carbón). Su composición es principalmente de metano (alrededor de un 90%), acompañado de otros gases como nitrógeno, etano, dióxido de carbono y butano, entre otros. Este gas cuenta con un poder calorífico de 0,052884 MJ/L (52,884 MJ/kg) que depende de su composición comercial. Para trabajar con las mismas unidades, se procedió a llevar ese poder calorífico a unidades de TJ/Kg, dando un valor de 0,000052884 TJ/Kg de gas licuado de petróleo.

El Gas Oil o también conocido como diésel, es un hidrocarburo líquido, cuenta con una densidad de 832 kg/m³ (0,832 g/cm³), compuesto por parafinas y se lo usa principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel. Su poder calorífico inferior es de 35,86 MJ/L (43,1 MJ/kg) que depende de su composición comercial. Para trabajar con las mismas unidades, se procedió a llevar ese poder calorífico a unidades de TJ/Kg, dando un valor de 0,0000431 TJ/Kg de diésel.

Una vez teniendo el factor de emisión de cada gas y el poder calorífico tanto para el gas como para el diésel, con ayuda del consumo se pueden ya estimar las emisiones de cada gas.

Para el Gas

**Tabla 3.3. Consumo de combustibles generadores principales en campo ESPOL
(Elaboración propia)**

Consumo Gas	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg/día	Kg	Kg	Kg
2614149	10244077.97	414.7399986	82.94799972
2979207	11674631.39	472.6571413	94.53142826
1804293	7070491.19	286.254704	57.25094081
278232	1090309.001	44.14206482	8.828412965
2401043	9408976.536	380.9302241	76.18604482
1075058	4212834.334	170.5600945	34.1120189
1224616	4798908.492	194.2877932	38.85755864
513424	2011956.777	81.45573996	16.29114799
1002451	3928310.048	159.0408927	31.80817853
0	0	0	0
945276	3704256.87	149.9699138	29.99398275
484634	1899136.771	76.88812838	15.37762568
914624	3584143.044	145.1070058	29.02140116
398263	1560676.752	63.18529362	12.63705872
767737	3008533.498	121.8029756	24.36059513
996872	3906446.382	158.155724	31.6311448
18399880	72103689.05	2919.177694	583.8355389

**Tabla 3.4. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTO COMPRESORES EN CAMPO
ESPOL (Elaboración propia)**

Consumo Gas	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg/día	Kg	Kg	Kg
2428959	9518374.108	385.3592756	77.07185512
0	0	0	0
415168	1626922.095	65.86729131	13.17345826
452072	1771537.393	71.72216165	14.34443233

**Tabla 3.5. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA AIB
EN CAMPO ESPOL (Elaboración propia)**

Consumo Gas	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg/día	Kg	Kg	Kg
0	0	0	0
304549	1193436.142	48.3172527	9.663450541
75513	295911.734	11.98023215	2.396046429
366162	1434882.152	58.09239483	11.61847897
45808	179506.9634	7.267488396	1.453497679
158394	620697.7792	25.12946475	5.025892949
49754	194970.4292	7.893539645	1.578707929
82253	322326.6054	13.04966014	2.609932028
4011	15719.22717	0.636405958	0.127281192
143505	562352.5946	22.76731152	4.553462304
72582	284428.5261	11.51532494	2.303064989
366134	1434770.029	58.08785543	11.61757109
97079	380424.3358	15.40179497	3.080358994
0	0	0	0
91169	357263.546	14.46411118	2.892822235
75997	297808.7739	12.05703538	2.411407076

80569	315724.9206	12.78238545	2.55647709
58138	227826.3778	9.223739991	1.844747998
0	0	0	0
150176	588496.8797	23.8257846	4.76515692
0	0	0	0
0	0	0	0
2221792	8706547	352	70.49835641

Tabla 3.6. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA TRANSFERENCIA EN CAMPO ESPOL (Elaboración propia)

Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg	Kg	Kg
940297.1598	38.06871092	7.613742185
153029.4157	6.195522901	1.23910458
0	0	0
214241.1819	8.673732061	1.734746412
0	0	0
424767.4428	17.19706246	3.439412493
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
53560.29548	2.168433015	0.433686603
0	0	0
1785895.496	72.30346136	14.46069227

Para el diésel

Tabla 3.7. CONSUMO DE COMBUSTIBLES GENERADORES PRINCIPALES EN CAMPO ESPOL (Elaboración propia)

Consumo Diésel	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg/día	Kg	Kg	Kg
2475	7903,422605	0,319976624	0,063995325
2475	7903,422605	0,319976624	0,063995325
394	1259,077921	0,050974815	0,010194963
710	2266,994199	0,091781142	0,018356228
6053	19332,91733	0,782709204	0,156541841

Tabla 3.8. CONSUMO DE COMBUSTIBLES GENERADORES PRINCIPALES EN CAMPO ESPOL (Elaboración propia)

Consumo Diésel	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg/día	kg	kg	kg
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

**Tabla 3.9. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA AIB
EN CAMPO ESPOL (Elaboración propia)**

Consumo Diésel	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg	kg	Kg	Kg
2	6,116765086	0,000247642	4,95285E-05
189	604,9424894	0,024491599	0,00489832
191	611,0592545	0,024739241	0,004947848

**Tabla 3.10. CONSUMO DE COMBUSTIBLES MOTORES INDUSTRIALES PARA
TRANSFERENCIA EN CAMPO ESPOL (Elaboración propia)**

Consumo Diésel	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O
Kg/día	Kg	Kg	Kg
0,0	0	0	0
0,0	0	0	0
17,6	56,28434819	0,002278719	0,000455744
0,0	0	0	0
7,8	24,81352985	0,001004596	0,000200919
0,0	0	0	0
70,3	224,5321847	0,009090372	0,001818074
9,5	30,26040225	0,001225118	0,000245024
0,0	0	0	0
26,5	84,7291263	0,003430329	0,000686066
84,4	269,6504444	0,010917022	0,002183404
0,0	0	0	0
0,0	0	0	0
0,0	0	0	0
216,1	690,2700357	0,027946155	0,005589231

Una vez estimadas dichas emisiones respecto a cada gas, se deben llevar esos resultados a Kg de CO₂ equivalente, con ayuda del factor de conversión tal como se muestra a continuación:

Tabla 3.11. Factores de Emisión para llevar la cantidad de gas emitido a unidades de CO₂ equivalente. (Elaboración propia)

GEI	Factores de conversión para CO₂ eq.
Metano (CH₄)	25
Óxido Nitroso (N₂O)	298

Una vez realizada la conversión de cada gas y dejando dichas emisiones en CO₂ equivalente, se tiene el total de emisiones ya en unidades de kg de CO₂ equivalente respecto al gas, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 3.12. Emisiones totales de gases de efecto invernadero respecto al gas (Elaboración propia)

Total de Emisiones para el Gas	95840107	Kg de CO₂ eq
---------------------------------------	-----------------	--------------------------------

De la misma manera, se tiene el total de las emisiones respecto al Diésel en unidades de Kg de CO₂ equivalente, tal como se muestra a continuación:

Tabla 3.13. Total de emisiones de gases de efecto invernadero respecto al diésel (Elaboración propia)

Total de Emisiones para el Diésel	20705	Kg de CO2 eq
--	--------------	---------------------

Comparando las emisiones finales por cada consumo se tiene:

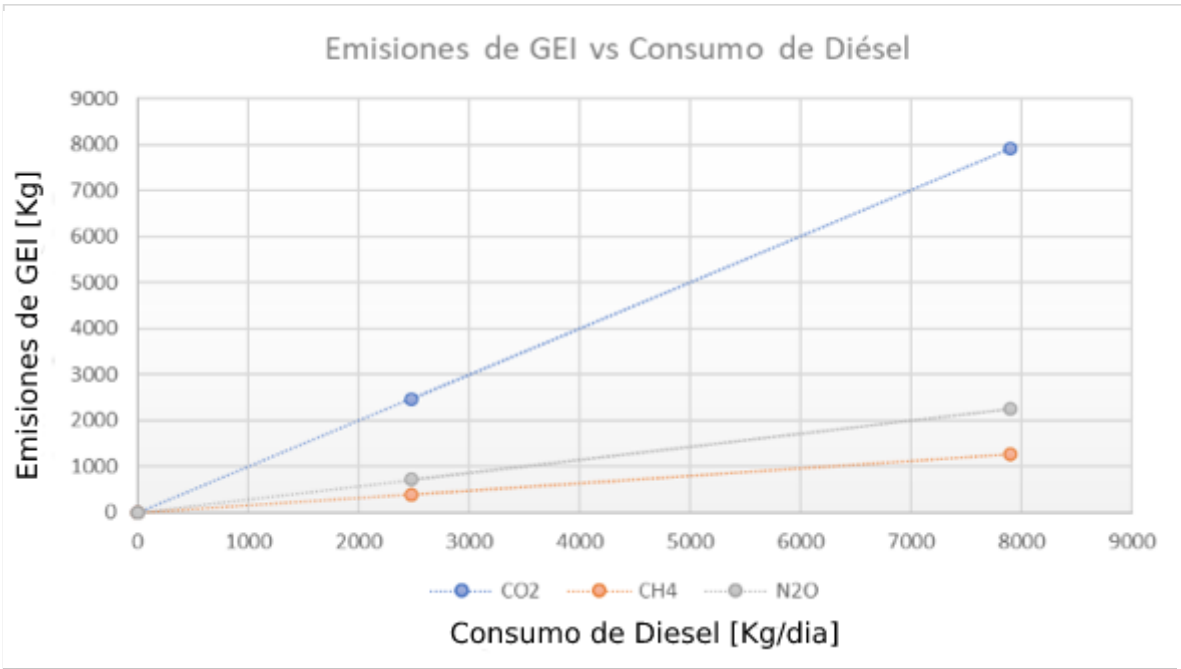


Figura 3.1. Emisiones de GEI por Diésel(Elaboración Propia)

Donde la recta azul corresponde a emisiones producidas por CO2, la curva naranja a emisiones de CH4 y la curva gris corresponde a las emisiones de N2O.

Para las emisiones por gas se tiene:

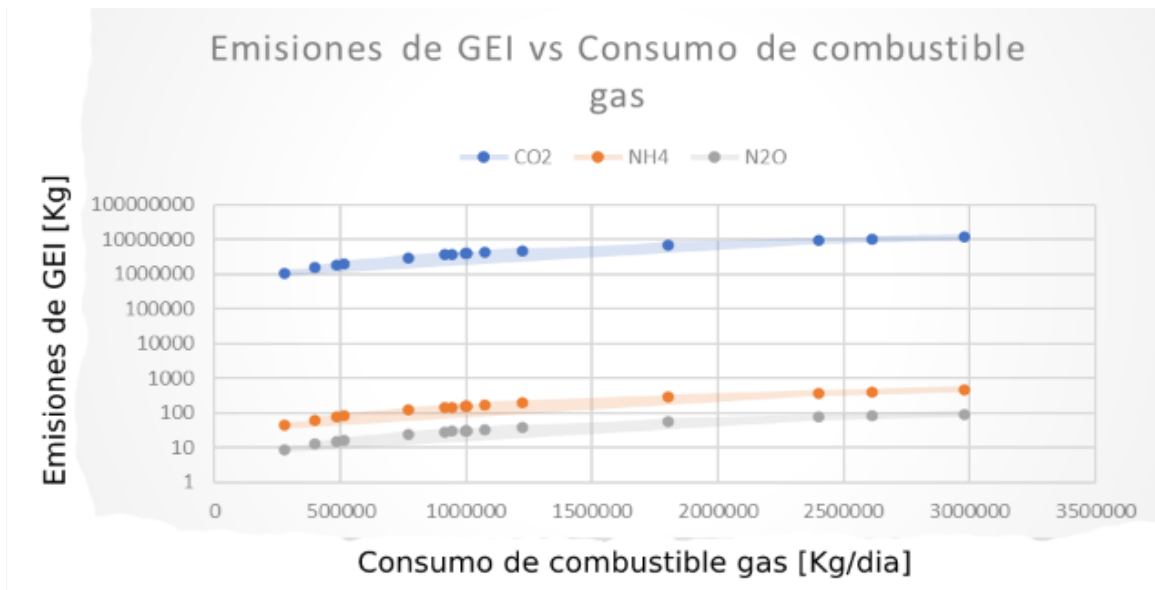


Figura 2.2. Emisiones de GEI por Gas(Elaboración Propia)

Donde la curva azul corresponde a las emisiones producidas por CO₂, la curva naranja a emisiones de CH₄ y la curva gris corresponde a las emisiones de N₂O.

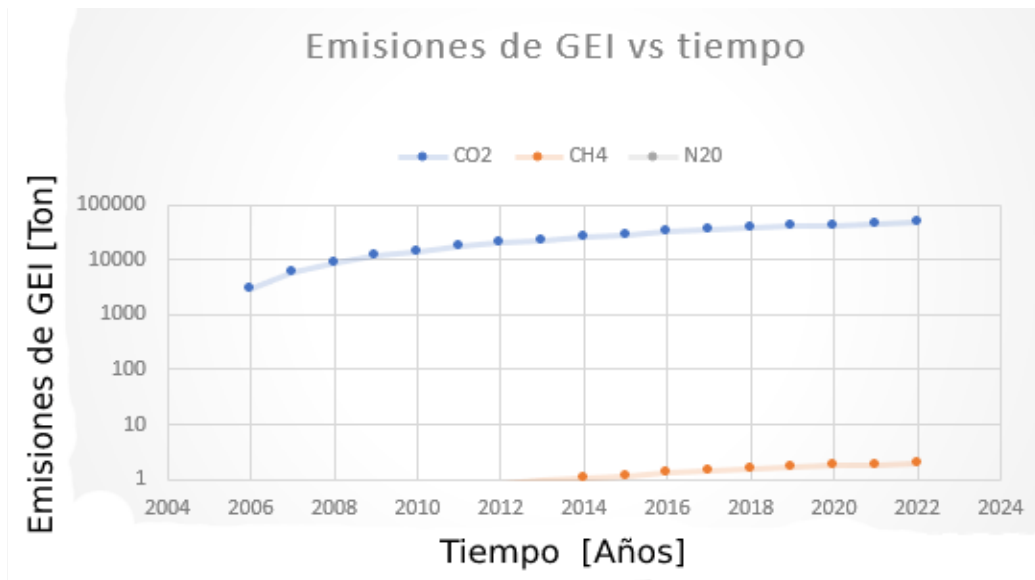


Figura 3.3.Emisiones de GEI por Tiempo(Elaboración Propia)

Donde la serie 1 corresponde a las emisiones producidas por CO₂ en toneladas, la curva naranja corresponde a emisiones de CH₄ y la curva gris a las emisiones de N₂O. La

curva gris no se observa en el gráfico debido a que tiene valores menores a 1 los cuales tienden a ser despreciable.

Como cada maquina emite un porcentaje de CO2 se obtuvo la siguiente proporción para las emisiones de máquinas a Diesel.

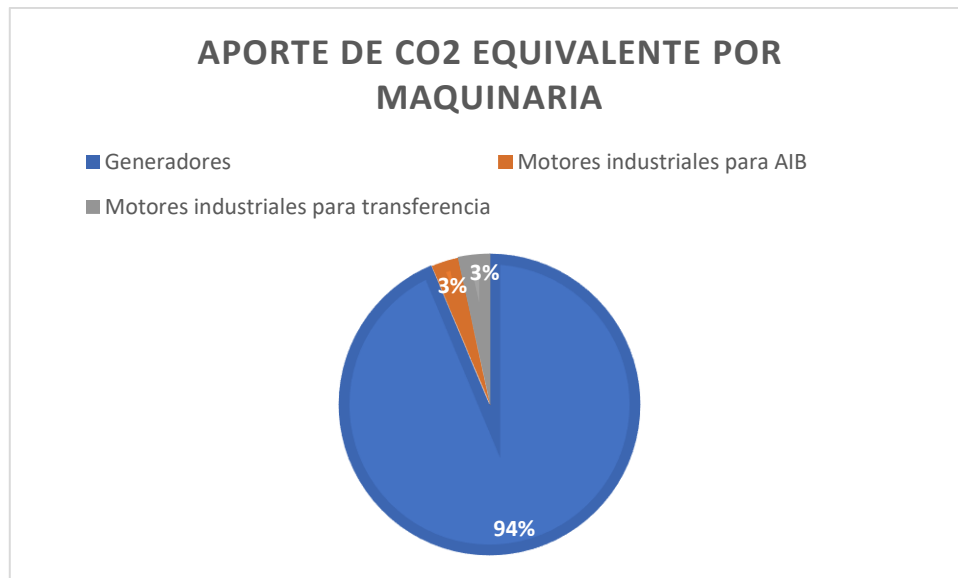


Figura 3.4. Aporte de CO2 equivalente por maquinaria(Elaboración Propia)
Para las máquinas a gas se tiene la siguiente distribución:

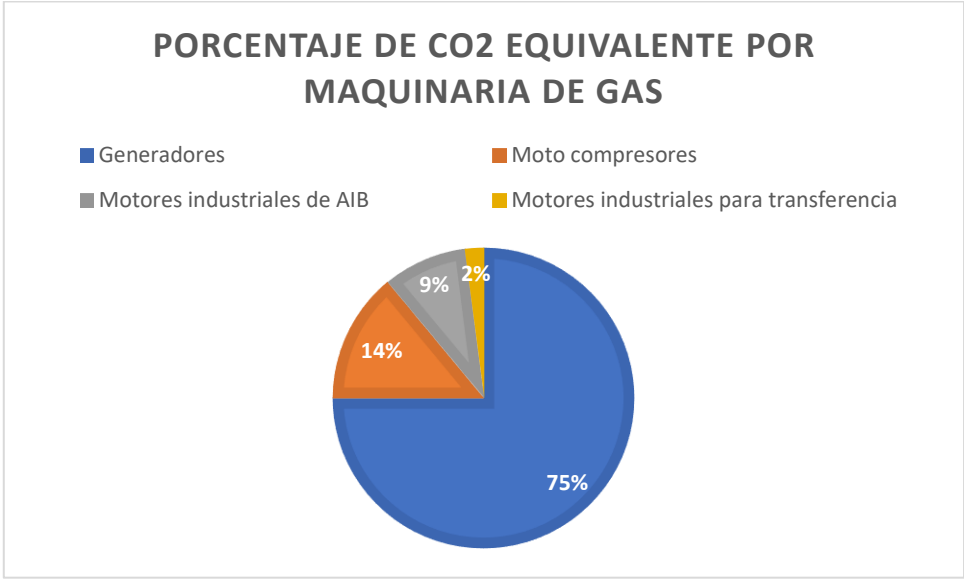


Figura 3.5. Porcentaje de CO2 equivalente por maquinaria de gas(Elaboración Propia)

Tabla 3.14. Inventario de emisiones por cada tipo de generador a gas (Elaboración propia)

	Marca	Modelo	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O	Total CO2 Eq. para CH4	Total CO2 Eq. para N2O
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
GENERADOR	Caterpillar	G 3516	10244077.97	414.7399986	82.94799972	10368.49997	24718.50392
	Caterpillar	G 3516	11674631.39	472.6571413	94.53142826	11816.42853	28170.36562
	Caterpillar	G 3412	7070491.19	286.254704	57.25094081	7156.367601	17060.78036
	Caterpillar	G 3406	1090309.001	44.14206482	8.828412965	1103.551621	2630.867063
	Caterpillar	G 3512	9408976.536	380.9302241	76.18604482	9523.255603	22703.44136
	Caterpillar	G 3412	4212834.334	170.5600945	34.1120189	4264.002362	10165.38163
	Deutz	1015	4798908.492	194.2877932	38.85755864	4857.19483	11579.55247
	Caterpillar	G 3406	2011956.777	81.45573996	16.29114799	2036.393499	4854.762102
	Deutz	1015	3928310.048	159.0408927	31.80817853	3976.022316	9478.837202
	Caterpillar	G 3412	0	0	0	0	0
	Caterpillar	G 3406	3704256.87	149.9699138	29.99398275	3749.247844	8938.20686
	Caterpillar	G 3406	1899136.771	76.88812838	15.37762568	1922.203209	4582.532451
	Caterpillar	G 3406	3584143.044	145.1070058	29.02140116	3627.675145	8648.377547
	Caterpillar	G 3406	1560676.752	63.18529362	12.63705872	1579.63234	3765.8435
	Caterpillar	G 3406	3008533.498	121.8029756	24.36059513	3045.074391	7259.457349
	Caterpillar	G 3412	3906446.382	158.155724	31.6311448	3953.893099	9426.081149
	MOTOR COMPRESORES	Caterpillar	G 3512	9518374.108	385.3592756	77.07185512	9633.98189
Caterpillar		G 3512	0	0	0	0	0
Caterpillar		G-3306	1626922.095	65.86729131	13.17345826	1646.682283	3925.690562
Caterpillar		G-3306	1771537.393	71.72216165	14.34443233	1793.054041	4274.640834
Deutz		GBF6L913C	0	0	0	0	0
DISTRIBUTOR	Caterpillar	G3304	1193436.142	48.3172527	9.663450541	1207.931318	2879.708261
	Deutz	GBF6L913C	295911.734	11.98023215	2.396046429	299.5058037	714.0218359
	Caterpillar	G3304	1434882.152	58.09239483	11.61847897	1452.309871	3462.306732
	Ford	CSG-6491-6007-2B	179506.9634	7.267488396	1.453497679	181.6872099	433.1423084
	Deutz	GF5L-913	620697.7792	25.12946475	5.025892949	628.2366186	1497.716099
	Caterpillar	G3304	194970.4292	7.893539645	1.578707929	197.3384911	470.4549628
	Deutz	GF5L-913	322326.6054	13.04966014	2.609932028	326.2415034	777.7597442
	Deutz	GBF6L913C	15719.22717	0.636405958	0.127281192	15.91014896	37.92979511
	Deutz	GBF6L913C	562352.5946	22.76731152	4.553462304	569.182788	1356.931767
	Caterpillar	G3304	284428.5261	11.51532494	2.303064989	287.8831236	686.3133667
	Deutz	GBF6L913C	1434770.029	58.08785543	11.61757109	1452.196386	3462.036184
	Deutz	GBF6L913C	380424.3358	15.40179497	3.080358994	385.0448743	917.9469802
	Deutz	GBF6L913C	0	0	0	0	0
	Ford	CSG-6491-6007-2B	357263.546	14.46411118	2.892822235	361.6027794	862.0610261
	Caterpillar	G3304	297808.7739	12.05703538	2.411407076	301.4258845	718.5993086
	Deutz	GBF6L913C	315724.9206	12.78238545	2.55647709	319.5596363	761.8301729
	Deutz	GBF6L913C	227826.3778	9.223739991	1.844747998	230.5934998	549.7349035
Caterpillar	G3304	588496.8797	23.8257846	4.76515692	595.644615	1420.016762	
MOTORES INDUSTRIALES PARA TRANSFERENCIA	Deutz	GBF6L913C	940297.1598	38.06871092	7.613742185	951.7177731	2268.895171
	Caterpillar	G3304	153029.4157	6.195522901	1.23910458	154.8880725	369.2531649
	Caterpillar	G3304	214241.1819	8.673732061	1.734746412	216.8433015	516.9544309
	Deutz	GF5L-913	424767.4428	17.19706246	3.439412493	429.9265616	1024.944923
Caterpillar	G3304	53560.29548	2.168433015	0.433686603	54.21082538	129.2386077	
Subtotal			95512965.16	3866.921666	773.3843333	96673.04166	230468.5313
Total Co2 equivalente			95840106.73				

Tabla 3.15. Inventario de emisiones por cada tipo de generador a diésel (Elaboración propia)

	Marca	Modelo	Emisiones de CO2	Emisiones de CH4	Emisiones de N2O	Total CO2 Eq. para CH4	Total CO2 Eq. para N2O	
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
GENERADORES	Caterpillar	3412	7903.422605	0.319976624	0.063995325	7.999415593	19.07060677	
	Caterpillar	3412	7903.422605	0.319976624	0.063995325	7.999415593	19.07060677	
	Caterpillar	3306	1259.077921	0.050974815	0.010194963	1.274370366	3.038098952	
	Caterpillar	3306	2266.994199	0.091781142	0.018356228	2.294528541	5.470156043	
MOTORES INDUSTRIALES PARA AIB	Jhon Deere	4045TF250	0	0	0	0	0	
MOTORES INDUSTRIALES PARA TRANSFERENCIA	Jhon Deere	4045TF250	6.116765086	0.000247642	4.95285E-05	0.006191058	0.014759482	
	Jhon Deere	6068TF150	604.9424894	0.024491599	0.00489832	0.612289969	1.459699286	
MOTORES INDUSTRIALES PARA TRANSFERENCIA	Perkins	1004T-4TG	56.28434819	0.002278719	0.000455744	0.056967964	0.135811626	
	Perkins	1004T-4TG	24.81352985	0.001004596	0.000200919	0.025114909	0.059873942	
	Perkins	1004T-4TG	224.5321847	0.009090372	0.001818074	0.227259296	0.541786162	
	Listern Peter	HR4A008	30.26040225	0.001225118	0.000245024	0.030627938	0.073017003	
MOTORES INDUSTRIALES PARA TRANSFERENCIA	Caterpillar	3306	0	0	0	0	0	
	Caterpillar	3054C	84.7291263	0.003430329	0.000686066	0.085758225	0.204447608	
	Caterpillar	3304	269.6504444	0.010917022	0.002183404	0.272925551	0.650654514	
	Caterpillar	3306	0	0	0	0	0	
	Jhon Deere	4045TF250	0	0	0	0	0	
Subtotal			20634.24662	0.8353946	0.16707892	20.884865	49.78951816	
Total Co2 equivalente							20704.921	

3.2 Análisis de Resultados

En exploración, las emisiones se deben a perforación de pozos, prueba de pozos y servicio de pozos. En producción, las emisiones de combustión son estimadas en yacimientos, para autoproducción y calor. Las emisiones fugitivas se deben a quema en antorcha y para la producción de petróleo y gas, por esta razón, solo se realizó un enfoque en la etapa de Exploración, específicamente en la perforación y workover de pozos petroleros. Cabe recalcar que, para este proyecto, solo se contó con la información de Workover y se realizaron los diferentes cálculos sin ningún problema.

Se muestra que el consumo de Diésel para el funcionamiento de generadores principales en el campo ESPOL representa la mayor fuente de emisión de GEI, produce tres gases fundamentales que representan un contaminante activo dentro de la atmosfera, los cuales son CO2, CH4 y N2O.

Mayormente dentro del análisis realizado para el consumo de Diésel se observa que la es el CO₂ el gas con mayor incidencia contaminante dentro del proceso, seguido por el CH₄ y finalmente el NO₂ el cual tiende a verse insignificante ante las grandes emisiones de CO₂.

Para el caso de las emisiones dadas por el consumo del gas, se tiene mayoritariamente CO₂ como el gas de efecto invernadero que a mayor presencia tiene en la combustión del gas, seguido por el CH₄ y finalmente siendo nuevamente el N₂O casi despreciable por la baja relevancia y aporte.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se logró cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan por la combustión para alimentar los principales generadores, moto compresores, motores industriales para AIB y motores industriales para transferencia del Campo ESPOL.
- Se desarrolló un inventario donde se puede obtener las emisiones de cada gas de efecto invernadero, principalmente CO₂, CH₄ y N₂O, tanto para maquinaria alimentada por Diésel como la alimentada por gas, obteniendo un valor de 95840107 kg de CO₂ equivalente al día para los que usan gas y 20705 kg de CO₂ equivalente para los de diésel.
- El CO₂ fue el gas que mayormente se emite dentro de los procesos petroleros analizados, ya que para el gas fue de 95512965 kg de CO₂ y para el diésel fue de 20634 kg de CO₂, dejando por lejos la brecha entre sus gases aladaños que son CH₄ y N₂O.
- Los generadores tanto de gas como en diésel son los que emiten mayor cantidad de CO₂ equivalente, para los de gas emiten 3 veces más CO₂ que todas las demás fuentes juntas y para los de diésel, emiten 15 veces más que todas las demás maquinarias juntas.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda aplicar un análisis sobre emisiones de GEI para cada campo con el objetivo de identificar las fuentes que mayor CO₂ emanan.
- Debido a la alta generación de GEI por arte de los combustibles fósiles usados en los autogeneradores de los campos petroleros, se debería utilizar alternativas más amigables con el medio ambiente como son el uso de paneles solares que minimicen las emisiones de gases como CO₂, NH₄ y N₂O.
- Se recomienda priorizar el uso de generadores a diésel debido a que se observa claramente una menor emisión de GEI comparados con los que usan gas.
- Se recomienda el uso de información perteneciente a un período de tiempo más actualizado para obtener datos más realistas a la época; además de una base de datos mayor para una interpolación más exacta.
- Un buen proyecto dentro de los campos petroleros de Ecuador es que todos se dirijan hacia la línea de la sustentabilidad por lo cual se recomienda que planteen objetivos de reducción de GEI con un año base y una meta. Así lograr reducir sus emisiones o en el mejor de los casos llevarlas a 0.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, M. (2017). *EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR DE GAS Y PETRÓLEO EN ARGENTINA* [UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES].
<https://www.ceare.org/tesis/2017/tes18.pdf>

APUNTES SOBRE LA EXPLOTACION PETROLERA EN EL ECUADOR. (2008).

Castillo, A. (2014). *Guía Básica de Perforación Direccional con Aplicación en DEDICATORIA.*
de Co, E., El, E., En, F., Autor, E., Hualda, A. L., & Superior, E. P. (2011). *Proyecto Fin de Carrera.*

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA. (2011).

Meza, M. (2006). *313 EFICIENCIA ENERGÉTICA E INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA INDUSTRIA PETROLERA-CASO: COMPAÑÍA PETROLERA ABC ECUADOR.*

Oswaldo, B. (2007). *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.*

Perforación en la Industria Petrolera. (2016).

Martinez. (2015). *ESTIMACION DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA EL ESTADO DE DURANGO, MEXICO.* Obtenido de
<https://www.redalyc.org/pdf/620/62046829023.pdf>

REPSOL. (2013). *Informe de Gases De Efecto Invernadero.* Obtenido de
https://www.repsol.com/imagenes/global/es/Bloque_16_Ecuador_tcm13-51990.pdf

SPE-ECUADOR. (2021). *Encuentro de tecnologías de perforación y workover.* Obtenido de
<https://workover.spe->

ecuador.org/#:~:text=La%20perforaci%C3%B3n%20es%20el%20m%C3%A9todo,optimade%20los%20pozos%20perforados.