

Fecha de elaboración: 18.04.2021			
Tipo de documento	TID:	Obra creación:	Proyecto investigación: X
Título: ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y AMBIENTALES PARA LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL FRACKING EN COLOMBIA			
Autor: Daniel Yoobany Estevez Guevara			
Tutor: Javier Ricardo Luna Pineda			
Fecha de finalización: 18.04.2021			
Temática: La investigación tuvo como objetivo realizar una identificación y análisis detallado de los factores críticos que afectan la viabilidad de implementar un proyecto de fracturamiento hidráulico o fracking en un campo petrolero colombiano y su implementación en el país a través de un proyecto piloto.			
Tipo de investigación: Descriptiva			
Resumen: El fracturamiento hidráulico o fracking como también se le conoce, es una nueva tecnología de explotación de hidrocarburos que se ha convertido en una de las más controvertidas y polémicas en los últimos años a nivel mundial debido a sus potenciales impactos en el medio ambiente y el poco estudio que se ha llevado en campo para disminuir esta incertidumbre en el país. Es por ello de vital importancia conocer el impacto que tiene un proyecto de fracturamiento hidráulico a nivel ambiental y socioeconómico en la población del área de influencia. En la presente investigación se realiza un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales que presenta un proyecto de estas características y su viabilidad de implementación por medio de un estudio de opinión de la población del municipio de Puerto Wilches, Santander, en el cual se tiene proyectado realizar el primer proyecto piloto de fracking del país.			
Palabras clave: Fracking, fracturamiento hidráulico, yacimiento no convencional, impacto ambiental.			
Planteamiento del problema: Las reservas de hidrocarburos en Colombia juegan un rol fundamental para mantener las perspectivas económicas del país favorables. Sin embargo, dichas reservas han ido disminuyendo con los años, este hecho provocará la inevitable disminución en las reservas probadas de hidrocarburos en los próximos años y pondrá una enorme presión en el gobierno para buscar reactivar la economía y el sector energético en el país. Colombia no es un país donde la técnica de fracturamiento hidráulico se haya aplicado a gran escala, escasamente ha sido llevada a cabo como técnica de estimulación de pozos convencionales. Es por ello necesario que antes de aprobar e implementar esta técnica como método de explotación de hidrocarburos no convencionales, es necesario llenar los vacíos de conocimientos acerca de su uso, posteriormente, es necesario iniciar pruebas en			

campo con proyectos piloto de modo que se ajuste los conocimientos teóricos a la práctica y de esta forma ganar conocimientos y experiencia en la aplicación de dicha técnica en la industria petrolera nacional.

Con base en lo anterior, esta investigación tiene como objetivo desarrollar un análisis de los factores requeridos para que un proyecto piloto de fracking sea viable y aceptable tanto para los entes gubernamentales como para las comunidades del área de influencia y la empresa que lidera el proyecto, de modo que se pueda garantizar un beneficio para cada uno de las partes involucradas sin que se afecte a largo plazo el medio ambiente y la calidad de vida de las comunidades. De esta forma, se disminuiría la incertidumbre en torno a dicha tecnología y por lo tanto también se tendría unas bases sólidas para argumentar que el fracking es una técnica que aunque tiene unos riesgos inherentes, supera en gran medida los beneficios que se pueden conseguir si se desarrolla de forma correcta en el territorio colombiano.

Pregunta: ¿Cuáles son las principales características económicas, sociales y ambientales que debe cumplir un proyecto de fracking para que sea viable en Colombia?

Objetivos:

Desarrollar un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales para la viabilidad de implementación del fracking en los campos petroleros colombianos.

Marco teórico:

El fracking es uno de los temas más polémicos en Colombia en los últimos tres años, sus promotores resaltan las bondades de la técnica en la industria extractivas, mientras que los deponentes, destacan el lesivo impacto ambiental y las arbitrariedades que han sufrido las comunidades afectadas durante los procesos de adjudicación e implementación. Por ello se llevó a cabo un estudio de los distintos proyectos de investigación más relevantes con respecto al tema a desarrollar, con base en ellos, se contemplan los procedimientos requeridos para el desarrollo de las operaciones de explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, de acuerdo a las leyes que aseguren la preservación del patrimonio natural y se encuentra los fundamentos teóricos de la gestión ambiental y la elaboración de diferentes estudios que dependen de la etapa de desarrollo de la actividad.

Esto incluye la normatividad ambiental, la obtención de la licencia ambiental correspondiente expedida por la autoridad Nacional Licencias Ambientales para su debida exploración, perforación o producción; seguido de los lineamientos básicos del EIA y PMA, donde se identifican la evaluación de impactos y medidas de manejo con relación a las actividades de yacimientos no convencionales. También se realizó un antecedente investigativo con respecto las operaciones de fracking ya que requieren de enormes cantidades de agua, entre 2 a 4 millones de galones de agua son requeridos por pozo para realizar el fracturamiento, lo cual es un factor fundamental y diferenciador de la perforacion convencional, la cual solo requiere varios miles de galones de agua para su operación. Es por ello, que esta investigacion resulta de

gran importancia para analizar las características técnicas de la operación con fracking y como se puede optimizar de modo que se reduzca el impacto ambiental y social de utilizar dicha técnica. Los referentes teóricos utilizados para el desarrollo del presente trabajo pueden ser analizados con más detalle en las páginas 15 a 41.

Método:

Toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, el cual define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos a utilizar en el estudio que se desarrolla. Respecto al enfoque epistemológico, este se puede ver como la herramienta de todo investigador para establecer la condición necesaria para la creación del conocimiento científico, así como las vías de acceso y de producción del mismo. Desde el punto de vista epistemológico, la actual investigación se enmarca en el enfoque positivista también llamado empirista-inductivo. De acuerdo al problema planteado y a los objetivos a alcanzar, la presente investigación se considera como una investigación de tipo descriptiva y la estrategia general para la recolección y desarrollo de la información en función de los objetivos propuestos está dirigida a un diseño de campo, no experimental, transeccional, descriptivo

Para la presente investigación, la población objeto de estudio está conformada por la población del municipio de Puerto Wilches, Santander, ya que dicho municipio ha sido históricamente un municipio petrolero y fue escogido por ECOPEPETROL para realizar uno de los primeros proyectos piloto de fracking en Colombia. Particularmente, para esta investigación, se realizara una encuesta con 60 habitantes del municipio y sus representantes para determinar el grado de impacto y opinión pública que se tiene a favor o en contra de los proyectos de fracking en el municipio. El método investigativo desarrollado puede ser visto en detalle en las páginas 41 a 47.

Resultados, hallazgos u obra realizada:

Como parte del proceso de investigación científica para determinar si la técnica del fracking es viable en el futuro para la explotación comercial de yacimientos no convencionales de crudo y gas en el país, Ecopetrol presentó a las autoridades del municipio de Puerto Wilches (Santander), el proyecto piloto Kalé, cuya perforación está planeada iniciar en el segundo semestre del 2021.

Debido a que este proyecto será el primero en su tipo en Colombia, se escogió al municipio de Puerto Wilches para realizar un análisis de favorabilidad con la población del área de influencia del municipio por medio de una encuesta con preguntas cerradas, en la cual se buscó identificar el conocimiento previo que tiene la población local en el fracturamiento hidráulico y su favorabilidad o negatividad con respecto a desarrollar un proyecto de estas características. Con base en los resultados de la encuesta realizada, se evidencia una fuerte oposición de la comunidad por los problemas que se derivarían, sin embargo, se ha podido

evidenciar que existe una gran desinformación por parte de la población lo cual lleva a que se presente dicha oposición.

Los resultados de la presente investigación pueden ser revisadas en las páginas 70 a 75 del presente trabajo.

Conclusiones:

Con base en la presente investigación se ha podido realizar un análisis de las principales que implica un proyecto pionero en el país como es el fracturamiento hidráulico en Colombia, analizando sus principales ventajas y desventajas, así como oportunidades que esta técnica generaría en la economía del país.

También se ha llevado a cabo una encuesta de favorabilidad en un proyecto piloto de fracking en un municipio petrolero como lo es Puerto Wilches en Santander y se evidencia una fuerte oposición de la comunidad por los problemas que se derivarían, sin embargo se ha podido evidenciar que existe una gran desinformación por parte de la población lo cual lleva a que se presente dicha oposición.

Por lo tanto se recomienda una investigación en mayor profundidad para obtener el beneplácito de la comunidad en donde se desarrollarían dichos proyectos y realizar campañas de información a la población del área de influencia de modo que puedan decidir de forma más imparcial y objetiva evaluando los pros y contras de un proyecto de estas características.

Las conclusiones de la presente investigación pueden ser revisadas en la página 76 del presente trabajo.

Productos derivados:

Aun no hay presente artículos académicos derivados del actual proyecto de investigación.

**ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y
AMBIENTALES PARA LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL FRACKING EN
COLOMBIA**

DANIEL YOOBANY ESTEVEZ GUEVARA

COD. 10207019

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA UNITEC

ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTA D.C

ABRIL DE 2021

**ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ECONOMICAS, SOCIALES Y
AMBIENTALES PARA LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACION DEL FRACKING EN
COLOMBIA**

DANIEL YOOBANY ESTEVEZ GUEVARA

COD. 10207019

JAVIER RICARDO LUNA

DIRECTOR

CORPORACION UNIVERSITARIA UNITEC

ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTA D.C

2021

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
JUSTIFICACIÓN	13
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	14
OBJETIVOS	14
Objetivo General:	14
Objetivos Específicos:	15
MARCO TEÓRICO	15
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	15
MARCO CONCEPTUAL	21
Fracturamiento Hidráulico	26
NORMATIVIDAD AMBIENTAL	32
Normatividad ambiental para yacimientos no convencionales.....	34
Decretos	34
Resoluciones.....	34
Acuerdos.....	35
Otros documentos.....	35
Licencia Ambiental Para Proyectos En Etapa De Exploración, Perforación Y Producción De Yacimientos No Convencionales.	36
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	37
ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	39
Impacto ambiental.....	39
METODOLOGÍA DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA).....	51
Análisis De Favorabilidad De Un Proyecto De Fracking En Un Municipio Colombiano.....	70
CONCLUSIONES.....	76
BIBLIOGRAFÍA	77

Tabla de Figuras

Figura 1. Histórico precio barril de petróleo WTI.....	10
Tabla 1. Reservas probadas de petróleo de Colombia en el periodo 2014-2017.....	11
Figura 2. Esquema de etapas de fracturamiento hidráulico.....	25
Figura 3. Composición típica de un fluido de fractura.....	26
Figura 4. Composición típica de un fluido de fracturamiento hidráulico.....	27
Tabla 2. Compuestos utilizados en el Fracking.....	28
Figura 5. Proceso de fractura.....	30
Figura 6. Legislación ambiental Colombiana.....	33
Figura 7. Esquema obtención de la Licencia Global.....	37
Figura 8. Modelo de gestión ambiental.....	38
Figura 9. Ventajas y desventajas del fracking.....	41
Figura 10. Relación de los parámetros fisicoquímicos a monitorear para caracterizar los cuerpos de agua que puedan ser intervenidos con el desarrollo del proyecto.....	63
Figura 11. Parámetros adicionales de calidad de agua para la exploración de yacimientos no convencionales.....	65
Tabla 3. Matriz de Impacto Socioeconómico.....	69

RESUMEN

El fracturamiento hidráulico o fracking como también se le conoce, es una nueva tecnología de explotación de hidrocarburos que se ha convertido en una de las más controvertidas y polémicas en los últimos años a nivel mundial debido a sus potenciales impactos en el medio ambiente y el poco estudio que se ha llevado en campo para disminuir esta incertidumbre en el país. Es por esto que es de vital importancia conocer el impacto que tiene un proyecto de fracturamiento hidráulico a nivel ambiental y socioeconómico en la población del área de influencia. En la presente investigación se realiza un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales que presenta un proyecto de estas características y su viabilidad de implementación por medio de un estudio de opinión de la población del municipio de Puerto Wilches, Santander, en el cual se tiene proyectado realizar el primer proyecto piloto de fracking del país.

Palabras clave: Fracking, fracturamiento hidráulico, yacimiento no convencional.

ABSTRACT

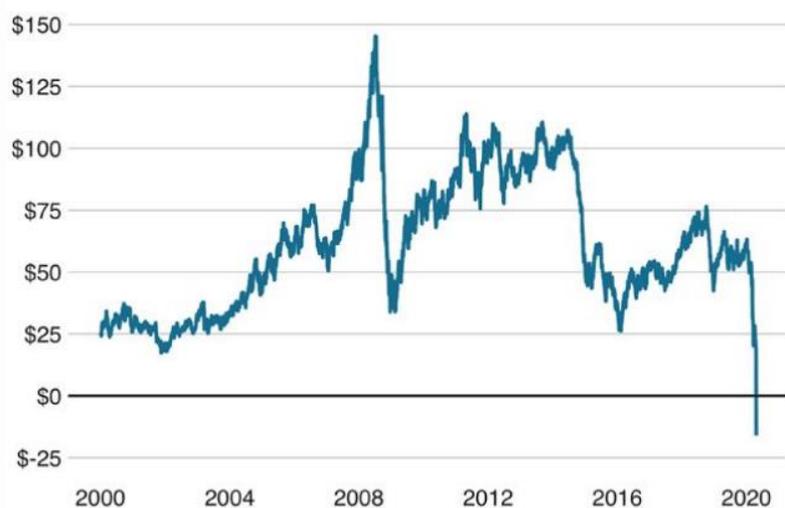
Hydraulic fracturing or fracking as it is also known, is a new oil exploration technology that has become one of the most controversial and infamous in recent years worldwide due to its potential impacts on the environment and the little study that has been carried out in the field to reduce this uncertainty in the country. This is why it is vitally important to know the impact that a hydraulic fracturing project has at an environmental and socioeconomic level on the population of the area of influence. In this research, an analysis of the main economic, social and environmental characteristics of a project of these characteristics and its feasibility of implementation is carried out through an opinion study of the population of the municipality of Puerto Wilches, Santander, in which, it is planned to carry out the first fracking pilot project in the country.

Keywords: Fracking, hydraulic fracturing, unconventional reservoir.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), las reservas probadas de hidrocarburos para el año 2019 llegaron a 2036 millones de barriles, esto representa un incremento del 4% frente a los 1958 millones de barriles reportados en el año 2018. Aunque este es un dato positivo, no cambia la tendencia negativa de disminución de las reservas de crudo del país, debido a que este incremento se produjo gracias al desarrollo de proyectos de recobro mejorado como Acacías, Quifa Suroeste, Rubiales, Caño Sur Este o Chichimene y no como incremento por nuevos descubrimientos de campos petroleros. Además, para el cierre de fin de año del 2020 volverán a ver una disminución negativa en las reservas debido al catastrófico panorama que ha sido la pandemia Covid-19 con la industria energética que ha volatilizado los precios del barril petróleo, el cual inclusive llegó a cotizarse en bolsa en valores negativos como puede observarse en la siguiente gráfica.

Figura 1. Histórico precio barril de petróleo WTI



Fuente: BBC Mundo, Abril 2020. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52362339>

Es por ello, que las reservas de hidrocarburos en Colombia juegan un rol fundamental para mantener las perspectivas económicas del país favorables. Sin embargo, dichas reservas han ido disminuyendo con los años, tal como lo demuestra las estadísticas presentadas por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).

Tabla 1. Reservas probadas de petróleo de Colombia en el periodo 2014-2017

Reservas de petróleo
Millones de barriles
2014-2017

AÑO	Reservas Probadas (MBIs)	Crecimiento (%)	Producción Anual (MBIs) (P)	Incorporación Anual (MBIs) (I)	Reemplazo Reservas I / P	Relación R/P (Años)
2014	2.308	-5,60%	361	224	0,6	6,4
2015	2.002	-13,30%	367	61	0,2	5,5
2016	1.665	-16,80%	324	-13	0,0	5,1
2017	1.782	7,00%	312	429	1,4	5,7

Fuente: UPME. Boletín Estadístico. 2018

Además, debido al panorama actual de pandemia por el Covid-19, ha generado una enorme presión en la industria petrolera a nivel mundial al haber caído abruptamente el consumo de hidrocarburos en el presente año, este factor ha provocado una enorme crisis económica para todas las empresas energéticas que han debido eliminar o disminuir las campañas exploratorias y de perforación en todo el mundo y Colombia no ha sido la excepción. Este hecho provocará la inevitable disminución en las reservas probadas de hidrocarburos en los próximos años y pondrá una enorme presión en el gobierno para buscar reactivar la economía y el sector energético en el país.

Colombia no es un país donde la técnica de fracturamiento hidráulico se haya aplicado a gran escala, escasamente ha sido llevada a cabo como técnica de estimulación de pozos convencionales. Es por ello necesario que antes de aprobar e implementar esta técnica como método de explotación de hidrocarburos no convencionales, es necesario llenar los vacíos de conocimientos acerca de su uso, posteriormente, es necesario iniciar pruebas en campo con proyectos piloto de modo que se ajuste los conocimientos teóricos a la práctica y de esta forma ganar conocimientos y experiencia en la aplicación de dicha técnica en la industria petrolera nacional.

Sin embargo, el principal debate sobre la implementación del fracking en el país ha girado en torno a su posible impacto ambiental, específicamente la contaminación de aguas subterráneas que pueda provocar el fracturamiento de la roca de forma incontrolada y por lo tanto pueda provocar la comunicación entre el yacimiento y los acuíferos subterráneos vitales para el medio ambiente y la sociedad.

Otros factor a tener en cuenta es el aspecto social, el cual está enfocado en gran medida en el desconocimiento generalizado de esta técnica y en la politización a la cual se ha llevado el debate, estos temas deben ser debidamente socializados así como inclusivos con el área de influencia de las comunidades de modo que se garanticen su participación y veeduría en la realización del proyecto (Sanchez, 2019).

El aspecto económico es igualmente fundamental para que una empresa decida iniciar un proyecto de estas características, un factor fundamental es el precio del barril de petróleo, ya que es el principal parámetro que define si es viable o no económicamente teniendo en cuenta que la perforación de un pozo con tecnología de fracking es considerablemente más costoso que la perforación de un pozo convencional, además los pozos perforados con esta técnica producen a un bajo caudal si se compara con un pozo productor convencional. Esto significa que las empresas

petroleras que decidan aplicar al desarrollo de proyectos no convencionales con tecnología fracking deben conocer que el retorno de inversión se producirá a largo plazo y que dependerá además del comportamiento del precio del barril de petróleo en el mercado futuro.

Con base en lo anterior, esta investigación tiene como objetivo desarrollar un análisis de los factores requeridos para que un proyecto piloto de fracking sea viable y aceptable tanto para los entes gubernamentales como para las comunidades del área de influencia y la empresa que lidera el proyecto, de modo que se pueda garantizar un beneficio para cada uno de las partes involucradas sin que se afecte a largo plazo el medio ambiente y la calidad de vida de las comunidades.

De esta forma, se disminuiría la incertidumbre en torno a dicha tecnología y por lo tanto también se tendría unas bases sólidas para argumentar que el fracking es una técnica que aunque tiene unos riesgos inherentes, supera en gran medida los beneficios que se pueden conseguir si se desarrolla de forma correcta en el territorio colombiano.

JUSTIFICACIÓN

La ANH considera que la vida media útil de las reservas probadas de hidrocarburos es de 6,3 años. Esto quiere decir que, si no se sigue descubriendo nuevos yacimientos comercialmente viables de petróleo o se incrementa el factor de recobro de los campos ya descubiertos, la producción de hidrocarburos en Colombia caerá inexorablemente a un mínimo para el año 2025 y se tendrá que recurrir a la importación de crudo con el considerable aumento en el costo de los derivados del petróleo como gasolina o diesel. Además, el gobierno perdería la principal fuente de ingresos que le reporta la exportación del crudo hacia mercados externos como China o Estados Unidos.

Es por ello fundamental, incrementar la vida media de las reservas probadas del país, para ello surge la necesidad de buscar nuevas reservas de hidrocarburos, y una de las nuevas estrategias que quiere aplicar el gobierno, es la exploración y producción de yacimientos no convencionales, empezando por el shale gas o shale oil, los cuales son los yacimientos no convencionales objetivo del fracking.

Sin embargo debido a la falta de conocimiento actual del tema en Colombia pese a la gran controversia que han causado, es fundamental realizar una investigación que analice las principales características que debe cumplir un proyecto piloto de fracking en el país desde los aspectos económicos, ambientales y sociales que engloba un proyecto de estas características, de modo que se cuente con una guía inicial sobre el estado actual del fracking en el país y la viabilidad y conveniencia de implementar dicho proyecto.

Para delimitar el tema de investigación, se tuvo en cuenta los objetivos propuestos. Es por ello que el aspecto técnico de la implementación de un proyecto de fracking no se analizará en detalle, teniendo en cuenta que extendería el alcance y los objetivos de la presente investigación.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las principales características económicas, sociales y ambientales que debe cumplir un proyecto de fracking para que sea viable en Colombia?

OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales para la viabilidad de implementación del fracking en los campos petroleros colombianos.

Objetivos Específicos:

- Identificar las principales características económicas, sociales y ambientales para la implementación de un proyecto de fracking en un campo petrolero colombiano
- Elaborar un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales requeridas para la implementación de un proyecto de fracking en un campo petrolero colombiano.
- Realizar un análisis de la percepción de favorabilidad de un proyecto piloto de fracking en el municipio de Puerto Wilches, Santander.

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Como referencia a documentación realizada en la investigación que se realiza en el ejercicio y amplio conocimiento del ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ECONOMICAS, SOCIALES Y AMBIENTALES PARA LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACION DEL FRACKING EN COLOMBIA que podemos encontrar para el desarrollo de las mejoras que estamos realizando para esta presentación de documento final, a continuación relacionamos los antecedentes investigativos mencionados por universidad que nos ayudan a tener una paronímica más clara de las observaciones y desarrollos que se han trabajado en este campo en especial.

ANALISIS DE LOS FLUIDOS DE FRACTURAMIENTO Y PROPANTES USADOS EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES.

Un tratamiento de fracturamiento en un pozo tiene muchos aspectos a tener en cuenta; el diseño tanto de los fluidos de fracturamiento como de los propantes a utilizar es de vital importancia a la hora de calificar la viabilidad técnica y económica del proyecto, por eso en esta investigación se hizo énfasis en los criterios de selección de los fluidos de fractura y propantes teniendo en cuenta su evolución.

El contenido de este trabajo muestra los avances tanto para fluidos como para propantes buscando asociar sus características y ventajas a formaciones de yacimientos no convencionales, para ello se toma como caso base los buenos resultados que se obtuvieron del desarrollo de la formación Eagle Ford de Estados Unidos, con objeto de asociarlo a la formación La Luna de Colombia. Para este estudio se tuvo en cuenta los productos ofrecidos por las compañías de servicios en cuestión de fracturamiento hidráulico y las técnicas que se han utilizado y han generado buenos resultados para que hoy se pueda pensar en explotar este tipo de yacimientos y ver en ellos la oportunidad de mitigar la carencia de nuevas reservas en Colombia (Rodríguez, 2016).

Colombia no es un país donde la técnica de fracturamiento hidráulico se haya aplicado a gran escala, apenas se ha utilizado como método de estimulación de pozos. Por tal motivo antes de entrar a ejecutar la técnica para la extracción de hidrocarburos no convencionales es necesario llenar esos vacíos de conocimiento acerca del uso. Tomar como referencia casos mundiales de aplicación de la técnica donde se han obtenido resultados exitosos para entender la evolución tanto de los fluidos de fracturamiento como del material propante, involucrando un recorrido por las principales empresas prestadoras del servicio de fracturamiento y las empresas que comercializan con propantes, sumado

a esto conocer los impactos ambientales que se pueden generar si los aditivos o propantes utilizados no tuvieron un análisis que justifique su selección.

MOVIMIENTOS SOCIALES CONTRA EL FRACKING EN COLOMBIA, UNA LUCHA POR LA REIVINDICACION DE LOS DERECHOS HUMANOS FRENTE AL PODER ECONOMICO.

El fracking es uno de los temas más polémicos en Colombia en los últimos tres años, sus promotores resaltan las bondades de la técnica en la industria extractivas, mientras que los deponentes, destacan el lesivo impacto ambiental y las arbitrariedades que han sufrido las comunidades afectadas durante los procesos de adjudicación e implementación (Sanchez, 2019).

Esta tesis aporta a nuestra investigación el estudio de la estimulación hidráulica un análisis en el que profundiza en el fenómeno social de resistencia, las acciones colectivas contentivas de demandas de reivindicación y reconocimiento de derechos frente una economía extractivista.

El primer capítulo contiene elementos conceptuales esenciales para el análisis de la polémica existente frente a la fractura hidráulica de yacimientos no convencionales y para ello, toma como punto de partida su surgimiento y posicionamiento en la industria extractiva, posteriormente, estudia las divisiones que existen respecto a su impacto ambiental y finalmente retoma los principales movimientos de resistencia en el mundo, particularmente los que han llevado a su prohibición o moratoria en algunos territorios.

También examina el proceso de implementación del fracturamiento hidráulico en Colombia como parte de la política económica de Estado, para lo cual se remonta al desarrollo de la industria minero-extractiva en el país desde las últimas décadas del siglo XIX y se revisa la influencia que

ha tenido la globalización, particularmente a partir del Consenso de Washington y la Constitución de 1991. Seguidamente, son analizados los cambios legislativos y actos administrativos que, en su conjunto, crearon las condiciones para que el gobierno nacional tratara de implementar la nueva técnica extractiva, sin la consulta previa a las comunidades. También aporta una serie de elementos para análisis las acciones gubernamentales frente a la industria extractiva y su impacto en la situación socio – política del país y con ello se trata de acercar al lector a los retos y dilemas que surgen con relación a esta técnica de extracción en Colombia.

Principalmente el problema generado cuando se trabaja sobre yacimientos convencionales es la utilización de químicos altamente tóxicos lo cual genera problemas para el medio ambiente y para la población en general, es en este momento cuando surgen los movimientos sociales en contra del fracking ya que no se puede tolerar la utilización de los recursos naturales a costa de la afectación en la salud humana y el deterioro del medio ambiente, sabemos de la explotación como base de las necesidades que tenemos los seres humanos y el consumismo a nivel mundial pero siempre dentro de los marcos de la responsabilidad social ambiental este antecedente investigativo habla con detalle de los movimientos sociales y la reivindicación de los derechos humanos para la no exploración de yacimientos petroleros cerca a ríos donde se puedan ver afectados la fauna y la sociedad en general.

CONSIDERACIONES DEL FRACKING EN TERRITORIO COLOMBIANO A PARTIR DE MODELOS ANALOGOS.

El “fracking” es usado de manera extensiva en Estados Unidos y Canadá ofreciendo el potencial de una nueva fuente de hidrocarburos. Países alrededor del mundo están tomando serias consideraciones para sancionar la técnica con el fin de proveer seguridad en el futuro de la energía

doméstica. Estas múltiples ideas han generado diversos debates dado el potencial de impacto ambiental negativo. Colombia es uno de los países que ha creado reglamentos de exploración y explotación de yacimientos no convencionales (Sanchez, 2017).

Todo esto lleva a pensar en la importancia de generar modelos para ilustrar el posible fracturamiento y su relación con las aguas subterráneas, principal debate ambiental en territorio colombiano. El aporte visual del fracking dado por modelos análogos, servirá como un medio para aclarar algunas dudas sobre el posible impacto ambiental que surgen en explotación de yacimientos no convencionales en Colombia. Por ello, este antecedente investigativo nos habla con detalle como puede desarrollarse el modelo de explotación de yacimientos no convencionales como el fracking basándose en modelos análogos desarrollados en otros países, principalmente Estados Unidos y en que medida dichas operaciones y procedimientos pueden ser llevados a cabo en Colombia.

Análisis de Factores de Riesgos Geológicos del Valle Medio del Magdalena Frente a la Implementación de la Técnica del Fracturamiento Hidráulico en Yacimientos en Roca Generadora (Fracking)

La Agencia Internacional de Energía (2012), sugirió las reglas para la explotación de yacimientos no convencionales en las que evalúa diversos aspectos socio-económicos y científicos. En el ámbito geológico sugieren la importancia de definir una zona donde el “fracking” no afecte fallas profundas asociadas a sismos u aspectos como escape de fluidos a través de estratos geológicos, además mantener en constante monitoreo las fracturas generadas asegurando que éstas no se extiendan más allá de la zona de producción de hidrocarburo.

Este trabajo se realizó sobre la cuenca Valle Medio Magdalena, específicamente sobre municipios pertenecientes a los Departamentos Cesar y Santander delimitando la zona de estudio, con el objetivo de evaluar y analizar los factores de riesgo geológicos que se puedan presentar frente a la

implementación de la técnica de fracturamiento hidráulico en yacimientos de roca generadora, haciendo consulta en ANH, Servicio Geológico Colombiano, sobre el mapas de tierras, el estado de cartografía geológica actual, a modo de poder identificar estructuras geológicas influyentes en la migración de hidrocarburos y su relación con acuíferos aprovechables, estilos estructurales, también se llevó a cabo revisión de la sismicidad histórica para ver la influencia que puede tener la cuenca en la implementación del fracking (Osorio, 2020).

TECNOLOGIAS APLICADAS AL MANEJO DE AGUAS EN OPERACIONES DE FRACKING

La Agencia Internacional de Energía, estableció en el ámbito geológico la importancia de definir una zona donde el “fracking” no afecte fallas profundas asociadas a sismos u aspectos como escape de fluidos a través de estratos geológicos, además mantener en constante monitoreo las fracturas generadas asegurando que éstas no se extiendan más allá de la zona de producción de hidrocarburo.

Es de resaltar que en las operaciones de fracking se requieren de enormes cantidades de agua, entre 2 a 4 millones de galones de agua son requeridos por pozo para realizar el fracturamiento, (Barrios, 2015), lo cual es un factor fundamental y diferenciador de la perforación convencional, la cual solo requiere varios miles de galones de agua para su operación. Es por ello, que esta investigación resulta de gran importancia para analizar las características técnicas de la operación con fracking y como se puede optimizar de modo que se reduzca el impacto ambiental y social de utilizar dicha técnica.

MANUAL DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA INDUSTRIA PETROLERA EN EL FRACTURAMIENTO HIDRAULICO PARA EL AREA UPSTREAM

En este trabajo se evalúan los fluidos de fracturamiento hidráulico no convencionales utilizados en diferentes formaciones, proporcionando información de las diferentes propiedades para su óptimo

desempeño, también se realiza una comparación con los fluidos convencionales, buscando mejorar la implementación de la misma y la conservación de nuestros recursos naturales. Los parámetros fundamentales analizados durante la investigación fueron: agua bombeada, número de fracturas, longitud de la fractura, altura de fractura, cantidad de propano, conductividad, volumen de fluido, producción acumulada y costos de operación y otros.

Otro aspecto fundamental de la investigación es que se contemplan los procedimientos requeridos para el desarrollo de las operaciones de explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, de acuerdo a las leyes que aseguren la preservación del patrimonio natural y se encuentran los fundamentos teóricos de la gestión ambiental y la elaboración de diferentes estudios que dependen de la etapa de desarrollo de la actividad (Castellanos, 2016).

Esto incluye la normatividad ambiental, la obtención de la licencia ambiental correspondiente expedida por la autoridad Nacional Licencias Ambientales para su debida exploración, perforación o producción; seguido de los lineamientos básicos del EIA y PMA, donde se identifican la evaluación de impactos y medidas de manejo con relación a la actividades de yacimientos no convencionales.

MARCO CONCEPTUAL

- **Actividades sísmicas:** de algún lugar específico, según su frecuencia e intensidad a lo largo del tiempo. Un lugar o región puede tener alta o baja sismicidad, lo que tiene relación con la frecuencia con que ocurren sismos en ese lugar. Un estudio de sismicidad es aquel que muestra un mapa con los epicentros y el número de sismos que ocurren en algún período. La sismicidad tiene ciertas leyes. Una de las más usadas es la ley de Charles Francis Richter que relaciona el número de sismos con la magnitud.

- **Aditivos químicos:** son sustancias que se añaden a los alimentos para mejorar su presentación y demás cualidades, para incrementar el período de conservación sustancias modificadoras de los caracteres organolépticos (colorantes, potenciadores del sabor, edulcorantes artificiales, aromas).
- **Cancerígenos:** los carcinógenos químicos se definen por la capacidad de desarrollo de tipos de tumores que no se ven en los controles; por una mayor incidencia de algún tumor en los animales expuestos que en los no expuestos, o por la aparición más temprana de tumores en comparación con los controles. El ddt (diclorodifeniltricloroetano), el benceno y el asbesto han sido calificados como carcinógenos.
- **Emisiones de carbono:** Tienen dos orígenes, naturales y antropogénicas, teniendo estas últimas un fuerte crecimiento en las últimas décadas (ver IPCC). La concentración actual de CO₂ en el aire oscila alrededor de 416 ppm (2020), o 0,0415%, con algunas variaciones día-noche, estacionales (por la parte antrópica) y con picos de contaminación localizados. El contenido de CO₂ nunca ha sido tan elevado desde hace 2,1 millones de años.
- **Fuentes de energía:** casi toda la energía que disponemos es de origen solar: el carbón proviene de vegetales que han podido crecer gracias al sol. La electricidad hidráulica, por evaporación del agua que después caerá y llenará los embalses. El petróleo y gas natural resultan de la descomposición de organismos animales, etc.
- **Hidráulico:** es la rama de la física que se encarga de estudiar el comportamiento y el movimiento de los fluidos. Se divide en: hidrostática o estática de fluidos. Estudia los fluidos en reposo.
- **Independencia energética:** Se trata del gas y petróleo de esquisto, que se obtiene a través de una controvertida técnica llamada fracturación hidráulica o fracking y tiene el potencial de ayudar al país a conseguir su tan anhelada independencia energética.

- **Perforación horizontal:** un subconjunto del término más general "perforación direccional" utilizado cuando la desviación del pozo respecto de la vertical excede aproximadamente los 80 grados.
- **Petróleo:** se produce en el interior de la tierra, por transformación de la materia orgánica acumulada en sedimentos del pasado geológico y puede acumularse en trampas geológicas naturales, que se localizan a nivel mundial y de donde se extrae mediante la perforación de pozos.
- **Roca generadora:** se ha empleado para asignar a las rocas que son ricas en materia orgánica que son o han sido capaz de generar hidrocarburos para formar yacimientos de petróleo económicamente explotables.
- **Acuífero aprovechable para consumo humano:** Acuíferos que tengan un contenido de sólidos disueltos totales de 4.000 miligramos por litro o menos.
- **EIA:** Estudio de impacto ambiental, se efectúa cuando se requiera ejecutar un proyecto de perforación, exploración y producción de hidrocarburos, se estipula por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.
- **Estimulación hidráulica:** Tratamiento a la formación de interés o productora de un pozo a través del uso de un fluido de estimulación con el objetivo de mejorar su productividad. Esta estimulación se realiza a través del bombeo de un fluido compuesto por agua, químicos y propante a una alta presión por el hueco del pozo, con el fin de inducir fracturas en la roca para aumentar su permeabilidad.
- **Límite económico:** Tasa de producción de uno o varios arreglos de pozos más allá de la cual, los flujos netos de efectivo de las operaciones son negativos.

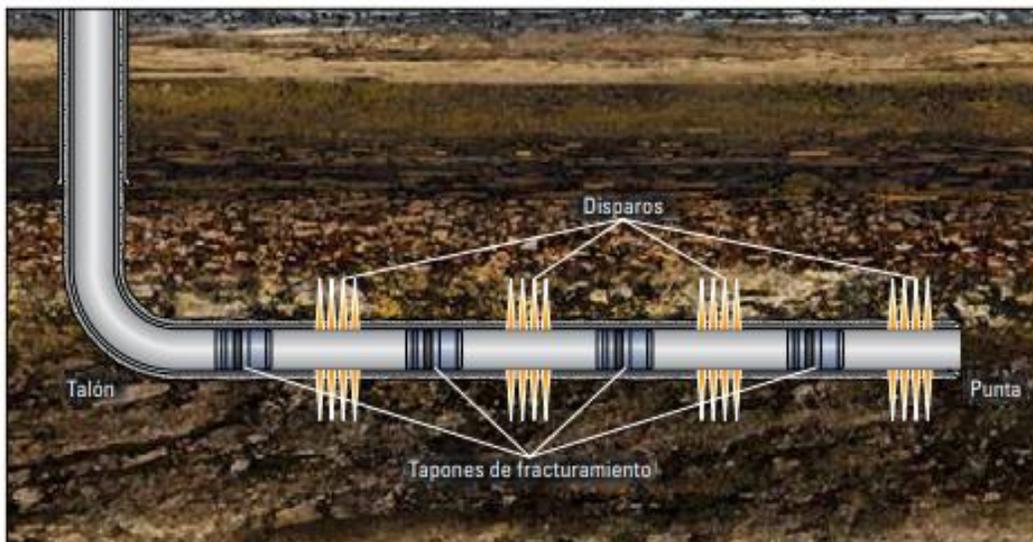
- **Pozo horizontal:** Pozo que contiene una sección cuya desviación respecto a la vertical es mayor a 80 grados y se proyecta más de 100 pies dentro de la formación de interés.
- **Propante:** Constituyente del fluido de estimulación hidráulica usualmente arena o material granulado que se utiliza para mantener la fractura abierta una vez la presión de la estimulación hidráulica se reduce.
- **Yacimiento Convencional:** Formación rocosa donde ocurren acumulaciones de hidrocarburos en trampas estratigráficas y/o estructurales. Se caracteriza por un sistema natural de presión único, de manera que la producción de hidrocarburos de una parte del yacimiento afecta la presión de reservorio en toda su extensión. Está limitado por barreras geológicas, tales como estratos impermeables, condiciones estructurales y agua en las formaciones y se encuentra efectivamente aislado de cualquier yacimiento que pueda estar presente en la misma área o estructura geológica.
- **Yacimiento No Convencional:** Formación rocosa con baja permeabilidad primaria a la que se le debe realizar estimulación para mejorar las condiciones de movilidad y recobro de hidrocarburos. Los yacimientos no convencionales típicos incluyen, entre otros las arenas y carbonatos apretados, gas metano asociado a mantos de carbón, gas y petróleo de Lutitas y arenas bituminosa

ESTADO DEL ARTE

Para poder entender cómo funciona el fracking, es necesario comprender que la capacidad de un pozo para producir hidrocarburos está limitada por dos factores geológicos principales, estos son: porosidad y permeabilidad, las cuales están determinadas por las características de las rocas. El fracturamiento hidráulico o fracking, mejora el flujo de hidrocarburos mediante la creación de fracturas en la formación, que conectan el yacimiento con el pozo.

Una fractura hidráulica es una fractura a la roca de la formación objetivo, inducida por la inyección de fluido a alta presión. Este fluido es bombeado hacia la formación a través del pozo de perforación a presiones mayores que la presión de fracturamiento de la roca y se realiza en múltiples etapas de la zona objetivo, para ello, se aíslan las etapas a ser fracturadas, iniciando con la parte más alejada de la cabeza del pozo en superficie, hasta que toda la longitud a ser intervenida ha sido fracturada, tal como se detalla en la siguiente gráfica (Sanchez, 2017).

Figura 2. Esquema de etapas de fracturamiento hidráulico



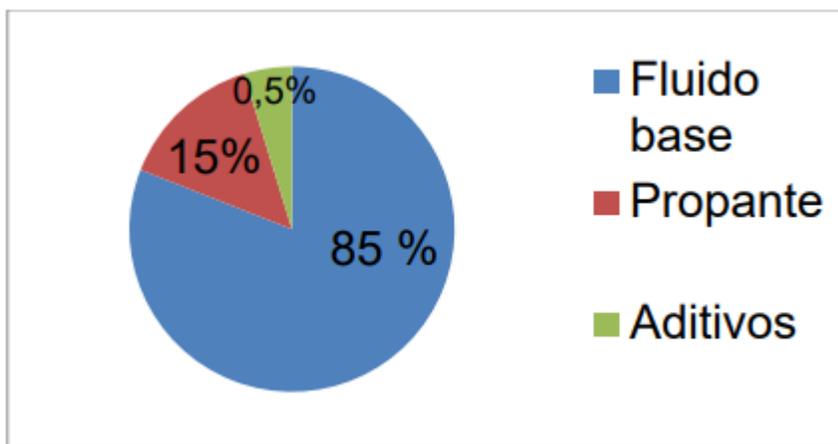
Fuente: Oilfield Review, Vol. 25. 2013. Schlumberger

Para realizar el fracturamiento hidráulico, el principal factor a tener en cuenta es el fluido de fractura a utilizar, este se compone principalmente de agua, mezclado con material propante, los cuales son los encargados de mantener las fracturas abiertas luego de haber realizado el fracturamiento además de una serie de aditivos químicos que ayudan a estabilizar la formación. La composición del fluido depende de las características de la formación que se vaya a fracturar, las condiciones de presión y temperatura en fondo de pozo, así como el tipo de material propante que

se va a utilizar. Una composición típica del fluido de fracturamiento se muestra en la siguiente gráfica (Rodríguez, 2016).

Es de destacar que para las operaciones de fracturamiento hidráulico, se requieren de una enormes cantidades de agua, del orden de 2 a 4 millones de galones de agua por pozo perforado, la cual será posteriormente bombeado a la superficie para su tratamiento y posible reutilización, este resulta ser uno de los factores más importantes debido a su impacto ambiental y económico, ya que si se logra optimizar la cantidad de agua a ser reutilizada, se optimiza todo el proceso de fracturamiento del pozo.

Figura 3. Composición típica de un fluido de fractura



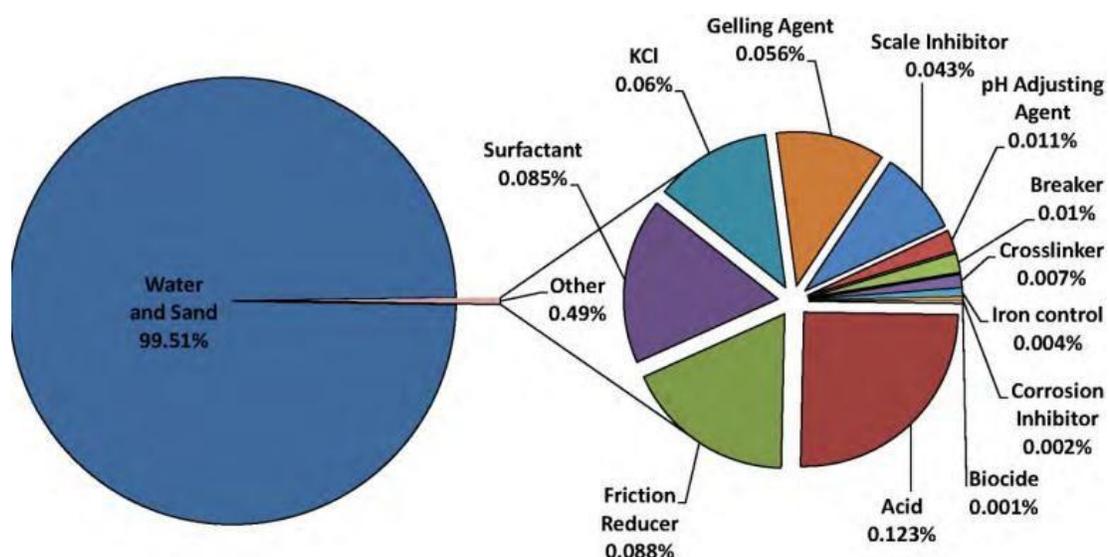
Fuente: Schneider F. Yacimientos no convencionales. Seminario. Diciembre 2014

Fracturamiento Hidráulico

Es una tecnología muy antigua, de terminación de pozos también llamado “Fracking” que genera fracturas conductoras a través de rocas de muy baja permeabilidad como por ejemplo los Shale o Lutitas con el fin de aumentar la conductividad y así el flujo de fluidos en el medio poroso logrando que el hidrocarburo de interés en la roca fuente pueda moverse más libremente a través de la roca en el pozo.

Proceso básico del fracturamiento hidráulico. El proceso consiste en bombear grandes volúmenes de agua a alta presión (presiones entre 34 y 690 atmósferas, equivalentes a la presión que hay bajo el mar y a una profundidad de 3450-6900 m) para crear micro fracturas mezcladas con arena, esta cumple con la función de mantener la fractura abierta o más conocido como agente sostén. A continuación se presenta en la figura la composición típica de un fluido de fracturamiento hidráulico.

Figura 4. Composición típica de un fluido de fracturamiento hidráulico



Fuente: Halliburton.

En general aproximadamente se maneja 90% agua, 9% arena, y 1% otros (surfactantes químicos u otros aditivos), en la siguiente tabla se presenta en general los más utilizados.

Tabla 2. Compuestos utilizados en el Fracking

COMPUESTO	PROPOSITO	USOS COMUNES
Ácidos	Ayuda a disolver los minerales e iniciar fisura en la roca (pre-fractura).	Limpiador de piscinas
Cloruro De Sodio	Permite un desglose retardada de las cadenas de polímero gel.	Sal de mesa
Poliacrilamida	Minimiza la fricción entre el fluido y el tubo	El tratamiento del agua, acondicionador de suelos
Etilenglicol	Previene las incrustaciones de cal en el tubo	Anticongelante automotriz, agente de deshielo, limpiadores para el hogar.
Sales de borato	Mantiene la viscosidad del fluido cuando la temperatura aumenta	Detergente de lavandería, jabón de tocador, cosméticos.
Sodio / Potasio Carbonato	Mantiene la eficacia de otros componentes, tales como agentes de reticulación.	Sosa, detergente, jabón, suavizador de agua, vidrio, cerámica.

Fuente: Departamento de Energía, GWPC: Gas Shale Desarrollo Moderno en los Estados Unidos. Una cartilla (2009).

Antes de que las compañías operadoras y de servicios realicen un tratamiento de fracturamiento hidráulico a un pozo, es recomendable o se exige llevar a cabo una serie de pruebas como requerimientos para asegurarse de que el pozo, el equipo de cabeza del pozo y el equipo para fracturar tengan un buen funcionamiento y que van a resistir las presiones y tasas a bombear para así evitar problemas ambientales. En Estados Unidos el mínimo de requerimiento para realizar esta práctica está establecido por cada estado.

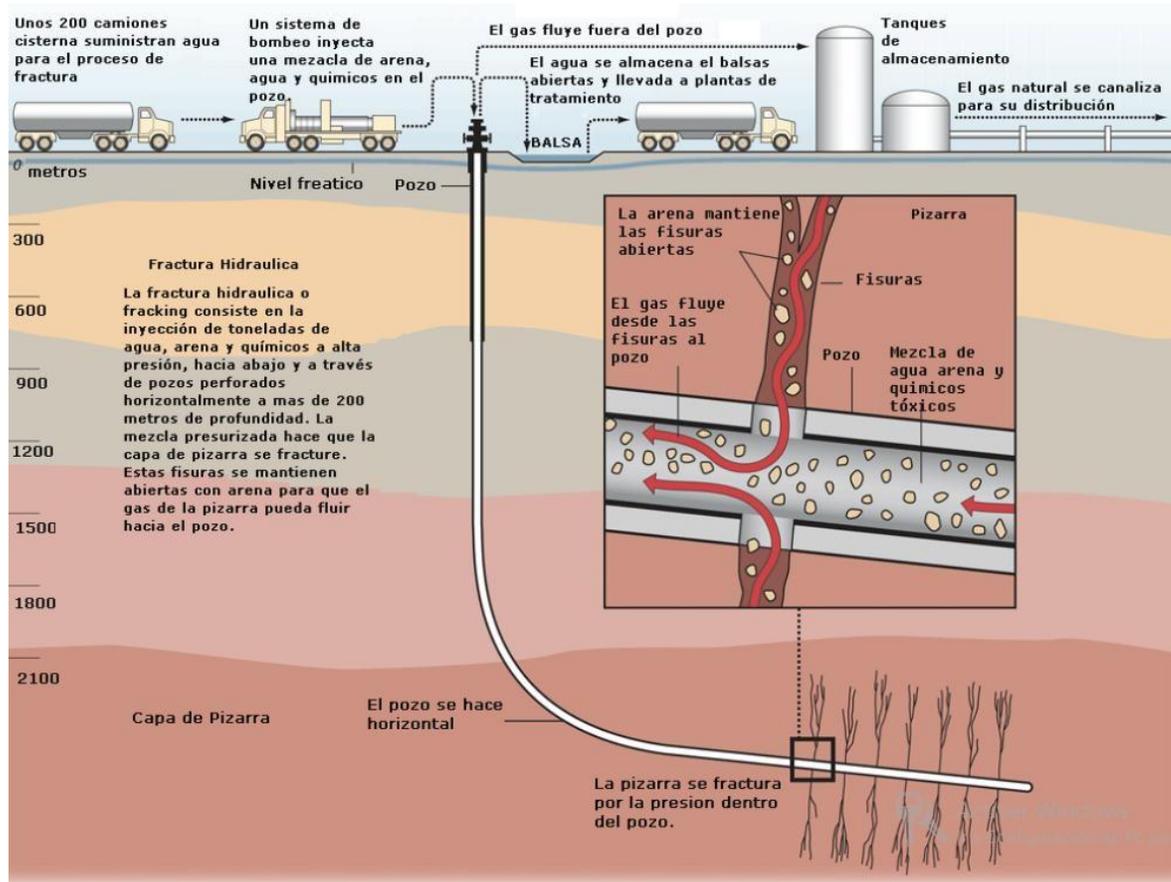
Como en Colombia no se cuenta con un marco legal robusto de estas operaciones existen normas internacionales bajo las cuales pueden servir como guía como son las normas API, acreditado por el American National Standards Institute, la industria ha adoptado normas y prácticas para la mejora continua, cientos de los cuales se hace referencia en los reglamentos.

Además de Varias agencias federales, incluyendo la Agencia de Protección Ambiental, la Oficina de Administración de Tierras y de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, también citan las normas API.

Sin embargo en el capítulo II de este libro se plantea un marco legislativo y una metodología a desarrollar para solicitar licencias ambientales que son aprobadas mediante los estudios de impacto ambiental (EIA) y los planes de manejo ambiental (PMA), por medio de los entes correspondientes como lo son el ministerio de medio ambiente la ANLA, ANH y otros.

Fractura hidráulica. Para la fase de fractura, una plataforma con 6 pozos de 2 km de profundidad y 1,2 km de recorrido horizontal necesita entre 72.000 y 210.000 toneladas de agua. Parte del agua se extrae directamente de fuentes superficiales o subterráneas del lugar y es transportada en camiones o a través de tuberías. Si se tiene en cuenta todo el proceso y no sólo la fase de fractura, el consumo de agua aumenta de un 10% a un 30%.

Figura 5. Proceso de fractura



Fuente: Extracción de gas no convencional y la fractura hidráulica en Burgos, 2012.

Actividad sísmica y los acontecimientos sobre el fracturamiento hidráulico. Como bien se ha informado el fracturamiento hidráulico es relacionado con la sismicidad, por esto los estudios que se han realizado de vibraciones micro sísmicas se han desarrollado a través de dispositivos de escucha sensibles y analizado con métodos científicos establecidos que permiten grabaciones e interpretaciones con gran facilidad

Además de lo anterior, es conveniente implementar el Mapeo Micro sísmico en las etapas de fracturamiento hidráulico ya que es una herramienta vital para deducir y mejorar el desarrollo del campo, terminaciones de pozos, y los tratamientos en cada etapa.

Durante la fracturamiento hidráulico, los eventos micro sísmicos son generalmente de magnitud de menos dos (-2) o menos tres (-3) en la escala de Richter.

Propantes. Tipo de un determinado material que como función principal que realiza a la fractura es la resistencia o capacidad que tiene para mantenerla abierta, se ha hecho necesario definir de manera muy cuidadosa el tipo de propante a utilizar.

Por esto las condiciones que deben cumplir los agentes cuando se está llevando a cabo la selección de los propantes en las operaciones de fracturamiento hidráulico son las siguientes:

- Mantener la fractura abierta.
- Crear canales de permeabilidad moderada a alta dentro de la formación.
- Aumentar la permeabilidad cuando la presión de sobrecarga quiebra el
- Propante, creando partículas de menor diámetro.
- Poseer una buena resistencia a la compresión.

Tipos de propantes En la industria se han trabajado y se han descubierto múltiples de estos materiales que generalmente son partículas sólidas haciendo combinaciones de materiales y nuevos descubrimientos que ayudan a la optimización del proceso, a continuación presentamos algunos de los más importantes o más utilizados.

- Arena.
- Cáscara de nuez.
- Pedazos o bolas de acero (ó Aluminio).
- Esferas de vidrio de alta resistencia.
- Arenas revestidas con resinas.
- Bauxita y Bauxita sintetizada.
- Cerámicos y cerámicos revestidos con resina.

La arena y los materiales de base arena se convirtieron en el tipo más popular de propante debido a su, generalmente, buena disponibilidad y a su bajo costo. Sin embargo, un estudio en las tasas de producción publicado por la (SPE)⁷ muestra que la resistencia adicional y la forma y tamaño uniforme de los propantes cerámicos generan un desempeño superior a los de otros tipos de propantes⁴.

NORMATIVIDAD AMBIENTAL

Define el conjunto de condiciones para alcanzar el desarrollo de un proyecto a través de metodologías de planificación ambiental, los cuales especifican la política ambiental, los objetivos y responsabilidades de las instituciones y demás entes organizativos, la medición de los resultados y el control de los efectos ambientales con la finalidad de fortalecer la competitividad de la empresa.

Como es de saber el área del sector ambiental en la industria de los hidrocarburos es muy notable junto con la estandarización de sus normas y políticas, surge la necesidad de implementar la norma ISO 14001 en sus operaciones.

Normas ISO Las normas ISO son normas o estándares planteados por la International Organization for Standardization (ISO), organismo internacional no gubernamental, y que no está afiliada a las Naciones Unidas ni a ninguna organización europea.

Las Normas ISO-14000 son una familia de normas que persiguen establecer herramientas y sistemas para la administración de numerosas obligaciones ambientales de una organización sin prescribir que metas debe alcanzar.

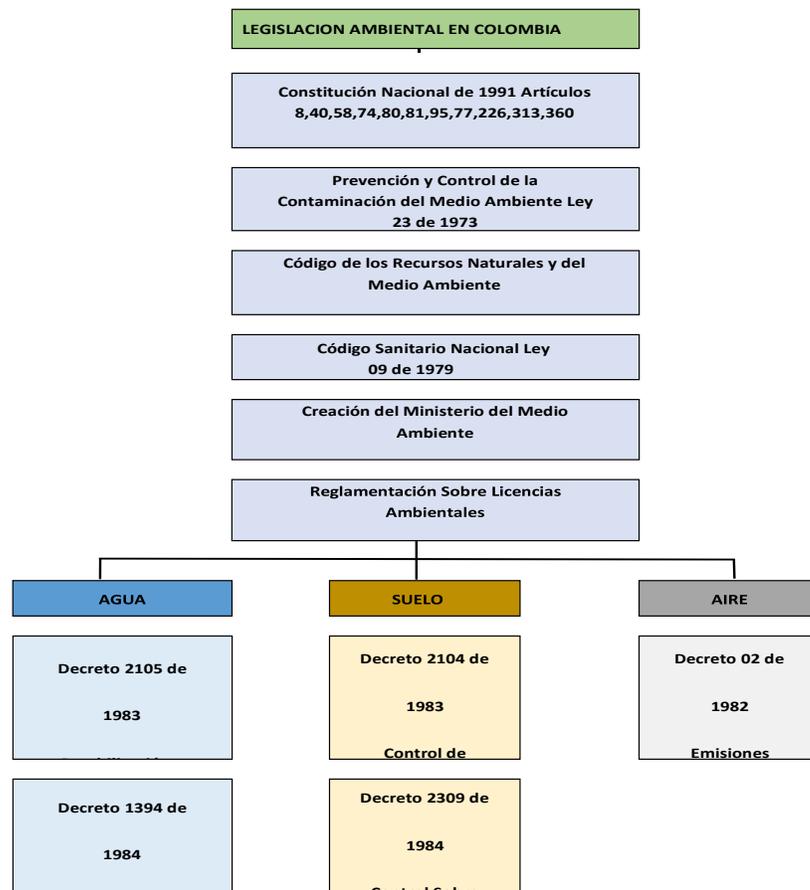
Normas constitucionales. Debido al crecimiento exponencial de los diversos problemas ambientales como lo son el calentamiento global, el efecto invernadero entre otros donde la industria de los hidrocarburos es el agente

principal de estos, se han tomado medidas de cambiar las normas que rigen el cuidado del medio ambiente a nivel mundial.

En Colombia al igual que otros países se han realizado unas modificaciones en su marco constitucional en la legislación ambiental para la defensa y conservación del medio ambiente para una calidad de vida adecuada.

En la figura 6 se observa una idea global sobre LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN COLOMBIA.

Figura 6. Legislación ambiental Colombiana.



Fuente: Tomado y modificado de Tesis, Términos de referencia básicos en la protección y conservación del medio ambiente en las actividades de producción de petróleo en Colombia, UIS, 1995.

Normatividad ambiental para yacimientos no convencionales.

Decretos

Decreto 3004 de 2013 Del Ministerio de Minas y Energía. Por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

Decreto 2041 de 2014 Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.

El Gobierno Nacional, reglamentará el Título VIII de la Ley 99 de 1993, sobre licencias ambientales con el objetivo de fortalecer el proceso de licenciamiento ambiental, la gestión de las autoridades ambientales y promover la responsabilidad ambiental en aras de la protección del medio ambiente.

Resoluciones

Resolución 90341 de 2014 Del Ministerio de Minas y Energía. Por el cual se establecen requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

Resolución 180742 de 2012 Del Ministerio de Minas y Energía. Por el cual se establecen los procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

Resolución 1635 de 2001 Por la cual se fija un plazo para la denuncia e inscripción de pozos profundos perforados en jurisdicción de la CAR y la legalización de captaciones de aguas superficiales y subterráneas.

Resolución 5260 del 25 de mayo 1983 Por la cual se reglamenta la importación, venta, distribución y uso de acetona, ácido clorhídrico, cloroformo, ácido sulfúrico y éter de petróleo.

Resolución 0421 20 de marzo de 2014 Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos y se toman otras determinaciones.

Resolución 181495 de 2009 del Ministerio de Minas y Energía. Por el cual se establecen medidas en materia de exploración y explotación de hidrocarburos.

Acuerdos

Acuerdo 3004 del 26 de diciembre de 2014 Por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales

Acuerdo 03 de 2014 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Por el cual se adiciona el Acuerdo 4 de 2012, con el objeto de incorporar al Reglamento de Contratación para Exploración y Explotación de Hidrocarburos parámetros y normas aplicables al desarrollo de Yacimientos No Convencionales, y se dictan disposiciones complementarias.

Otros documentos

Documento Conpes 3517 de 2008. Lineamientos de política para la asignación de los derechos de exploración y explotación de gas metano en depósitos de carbón.

Función de Advertencia De la Contraloría General de la República. Principio de Precaución y Desarrollo Sostenible. Posibles riesgos. Hidrocarburos no convencionales.

Licencia Ambiental Para Proyectos En Etapa De Exploración, Perforación Y Producción De Yacimientos No Convencionales.

Los posibles riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, fuente de vida para las siguientes generaciones, y algunas otras afectaciones al medio ambiente, han llevado a la prohibición o restricción de las actividades de explotación de hidrocarburos en YNC. Y para esto, se ha incluido dentro de la normatividad, regulaciones para los adecuados usos de los recursos naturales y para el licenciamiento y los permisos respectivos.

La licencia ambiental debe obtenerse previamente al inicio de un proyecto. Esta es una obligación cuando el usuario pretenda ejecutar proyectos contemplados en el Decreto 2041 de 2014 y exige al beneficiario a la elaboración de todo un plan de manejo ambiental; ya que fija los parámetros relacionados con aquella actividad para la que se emite.

En el caso de la industria de hidrocarburos se hace necesario adquirir una alta responsabilidad en el cuidado o recuperación de los recursos naturales que sean necesarios por el tiempo de vida útil del proyecto, ante lo que se hace evidente la obtención de licencia ambiental global con tales propósitos.

La autoridad ambiental competente otorgará la licencia ambiental global que abarca toda el área de explotación que se solicite, en este caso será necesario presentar como primer requisito, un PMA, que una vez presentado el interesado podrá iniciar la ejecución de las obras, en el caso de las empresas que utilizan la tecnología de estimulación hidráulica para iniciar la actividad es necesario de la obtención de la licencia, que solo se otorgará con el cumplimiento de altos estándares ambientales, y como segundo requisito, un estudio de impacto ambiental correspondiente para su evaluación

Figura 7. Esquema obtención de la Licencia Global



Fuente: Manual de buenas prácticas ambientales y sociales de la industria petrolera área Upstream. P.47.

Es pertinente aclarar que dentro de las funciones de la autoridad nacional de Licencias Ambientales (ANLA), establecidas en el Decreto 3573 del 27 de septiembre de 2011, está la de “Proponer los instrumentos para la evaluación y seguimiento de proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental, que serán adoptados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”⁸

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es, la parte más importante del Estudio de Impacto Ambiental y además, es el instrumento operativo para la planeación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA). En él se proponen las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos negativos generados por una actividad de Manejo Ambiental y permita determinar las causas que influyen en su desarrollo.

Sistema de gestión ambiental En el sistema de gestión ambiental se consideran los elementos mostrados en el siguiente diagrama los cuales se detallan a continuación:

Figura 8. Modelo de gestión ambiental



Fuente: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía ambiental de hidrocarburos. Colombia 2010.

- El ajuste se realiza incorporando las exigencias adicionales de la autoridad ambiental y las condiciones operativas al iniciar actividades.
- Este Plan requiere recursos económicos, técnicos y de personal.
- El Plan debe ser divulgado, y los participantes deben capacitarse en el mismo.
- Los resultados de la gestión deben ser monitoreados y comunicados a todas las partes interesadas.

- Se requiere de mecanismos de control para garantizar que el proyecto se desarrolle adecuadamente.
- Debe establecerse un sistema de medición que permita evaluar los resultados de la gestión.
- La gestión debe tener mecanismos ágiles para tomar acciones correctivas o preventivas concordantes con los resultados de la evaluación.
- Se requiere disponer de un sistema de registro que permita administrar la información generada por el proceso.
- El proceso debe permitir su revisión periódica, necesaria para lograr el mejoramiento continuo.

ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para llevar a cabo cualquier proyecto de la industria de los hidrocarburos es necesario contar con una herramienta fundamental que permita su óptimo desarrollo. Las obras o actividades que requieren licencia ambiental, se exige en todos los casos un estudio de impacto ambiental definido por el Ministerio de Ambiente de acuerdo con la ley y el reglamento. Los Planes de Manejo Ambiental (PMA) son la parte constitutiva más importante del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), por cuanto en este se proponen las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos que han sido previamente identificados.

Impacto ambiental

Se considera impacto ambiental a cualquier alteración de propiedades físicas, químicas, y biológicas del medio ambiente, incluyéndose en éste, al medio ambiente urbano, causado por cualquier forma de materia o energía como resultado de las actividades humanas que directa

o indirectamente afecten¹³:

- La salud, la seguridad y la calidad de vida de la población.
- Las actividades sociales y económicas.
- La fauna y flora.
- Las condiciones estéticas, culturales o sanitarias del medio ambiente.
- La configuración, calidad y diversidad de los Recursos Naturales.

Estudio de impacto ambiental. El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es en síntesis un recopilado de los estudios sobre los elementos físicos naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales dentro del área de influencia del proyecto.

El principal objetivo de estos consiste en caracterizar las condiciones que se presentan y sus capacidades de respuesta a perturbaciones. Por medio del estudio también se pretende la prevención de los impactos (efectos y consecuencias) de los proyectos y determinar las medidas de control necesarias para asegurar la compatibilidad entre las actividades petroleras y el Medio Ambiente.

Licencia ambiental. Dentro del decreto 1220 de 2005 (MAVDT), por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, se define a la licencia ambiental como:

“Es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al Medio Ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada¹⁴”

¹³ PARDAVE L., Walter. Seminario ISO 14000, Fundación Sicuará, Bucaramanga, 2004.

En el siguiente cuadro se identifican las principales ventajas y desventajas del fracking.

Figura 9. Ventajas y desventajas del fracking

FRACKING	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
independencia energética	destrucción del ecosistema
positivo económicamente	contaminación del aire
exportación económica	posible actividad sísmica
cuantiosas inversiones	aditivos tóxicos y cancerígenos

Fuente: Elaboración propia

EEUU es el país potencial en esta actividad, exportador de esta técnica y el que está promoviendo su expansión en el resto del mundo. En otros países la situación legal es: En Europa ya se han declarado moratorias o prohibiciones al fracking, como por ejemplo en Francia, Bulgaria, Irlanda, Rumanía, Chequia, o algunos estados alemanes. En otros, como Austria, se dan límites ambientales muy rigurosos para el uso de la técnica. En Estados Unidos, en donde se está empleando ampliamente la fractura hidráulica desde hace una década, la oposición popular está muy extendida tras comprobarse los peligros reales de esta técnica.

4. MARCO METODOLÓGICO

Toda investigación se fundamenta en un marco metodológico, el cual define el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y procedimientos a utilizar en el estudio que se desarrolla. Al respecto, Balestrini (2006, p.125) define “el marco metodológico como la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”. Según Finol y Camacho (2008, p.60), el marco metodológico

está referida al “cómo se realizará la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de datos”.

4.1 Enfoque Epistemológico

Respecto al enfoque epistemológico, este se puede ver como la herramienta de todo investigador para establecer la condición necesaria para la creación del conocimiento científico, así como las vías de acceso y de producción del mismo. Desde el punto de vista epistemológico, la actual investigación se enmarca en el enfoque positivista también llamado empirista- inductivo.

Según Padrón (1998), “en el enfoque positivista los sucesos del mundo tanto materiales como humanos, por más disímiles e inconexos que parezcan, obedecen a ciertos patrones cuya regularidad puede ser establecida gracias a la observación de sus repeticiones”. Para este autor los sentidos y sus prolongaciones, los instrumentos de observación y medición, representan los mecanismos para la producción y validación del conocimiento.

Al mismo tiempo, el enfoque de esta investigación es cuantitativo. Al respecto, Hurtado y Toro (2007), refieren a González y Rodríguez (1991), para quienes la investigación cuantitativa es aquella que requiere el uso de modelos matemáticos y tratamientos estadísticos para analizar datos previamente recolectados a través de instrumentos de medición.

4.1 Tipo de Investigación

De acuerdo al problema planteado y a los objetivos a alcanzar, la investigación ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ECONOMICAS, SOCIALES Y AMBIENTALES PARA LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACION DEL FRACKING EN COLOMBIA, se considera como una investigación de tipo descriptiva, orientada a analizar el comportamiento de la variable en el contexto de estudio. Para Arias (2006, p.24), la investigación descriptiva “consiste en la

caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”.

4.2 Diseño de la Investigación

Según lo señalado por Balestrini (2006, p.131), el diseño de investigación es “un plan global de investigación que integran de un modo coherente y adecuadamente correcto, técnicas de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos”, tiene como objetivo según lo señalado por Sabino (2007, p.63) “proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo”.

En lo que respecta a la investigación planteada, la estrategia general para la recolección y desarrollo de la información en función de los objetivos propuestos está dirigida a un diseño de campo, no experimental, transeccional, descriptivo.

En el marco de este estudio, los datos utilizados para el análisis se tomaran directamente en los sitios de trabajo a los sujetos de estudio. Al respecto Arias (2006, p.31), expresa “la investigación o diseño de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios)”.

4.3 Población y Muestra

Para Arias (2006, p.81), el término “población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. Asimismo, el mencionado autor define la población finita como la agrupación en la que se conoce la cantidad de unidades que la integran y a su vez se tiene un registro documental de dichas unidades. De igual forma Chávez

(2007), identifica la población como el universo de la investigación, constituida por características o estratos para distinguir los sujetos, sobre los cuales se pretende generalizar los resultados.

Para la presente investigación, la población objeto de estudio está conformada por la población del municipio de Puerto Wilches, Santander, ya que dicho municipio ha sido históricamente un municipio petrolero y fue escogido por ECOPELROL para realizar uno de los primeros proyectos piloto de fracking en Colombia. Particularmente, para esta investigación, se realizó una encuesta con 60 habitantes del municipio y sus representantes para determinar el grado de impacto y opinión pública que se tiene a favor o en contra de los proyectos de fracking en el municipio.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El éxito de una investigación descansa en buena parte en la pertinencia de las técnicas seleccionadas para la recolección de información, así como en la idoneidad de los instrumentos utilizados para tal fin. Al respecto Arias (2006), señala que la técnica de recolección representa el conjunto de procedimientos o formas utilizadas en la obtención de la información necesaria para lograr los objetivos de la investigación.

Por otro lado Ramírez (2007, p. 157), define a las técnicas de recolección de datos como el “procedimiento más o menos estandarizado que se ha utilizado con éxito en el ámbito de la ciencia”, es decir cualquier recurso del que pueda valer el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información.

En lo que respecta a la investigación planteada, se estableció el diseño tipo de campo, en este sentido Finol y Camacho (2008, p. 74), definen como técnica de campo el “procedimiento por medio del cual se obtiene y registra la información, directamente en el lugar en el que ocurren los fenómenos, hechos o situaciones objeto de investigación”, considerando dentro de esta modalidad a la encuesta. Igualmente, Arias (2006) considera la encuesta, bien sea oral o escrita, como técnica para obtener

información suministrada por un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular. Por lo expuesto, se elige la encuesta como técnica en esta investigación.

En lo que se refiere al instrumento de recolección de datos, Finol citada por Finol y Camacho (2008, p. 76), lo define como la “herramienta utilizada por el sujeto investigador para recabar información acerca del hecho, evento o fenómeno que investiga”. Asimismo Arias (2006, p.74), señala que la información obtenida debe ser guardada para luego ser procesada, analizada e interpretada; por lo tanto, es preciso contar con instrumentos adecuados, entre los cuales menciona el cuestionario y le define como “modalidad de encuesta que se realiza de forma escrita mediante un instrumento o formato en papel contentivo de una serie de preguntas”.

4.5 Elaboración del instrumento

En la presente investigación, a efectos de recopilar la información relacionada con la favorabilidad o negatividad que tiene la población del municipio de Puerto Wilches con respecto a la implementación de un proyecto piloto de fracking en el municipio, por lo cual se diseñó un cuestionario con 12 preguntas cerradas de opción múltiple; compuesto por ítems redactados de forma concisa que permitan evaluar el grado de apoyo al proyecto en el municipio.

4.6 Hipótesis

La hipótesis es la proposición de que un hecho determinado causará un efecto desconocido hasta el momento. Tanto causa como efecto deben estar relacionados de alguna forma lógica, y surgir de unos antecedentes. No todas las investigaciones requieren del enunciado o formulación de hipótesis. Cuando en una investigación no se busca probar algo, no se necesita de hipótesis. Por ejemplo, si el estudio es sobre las características físicas de los adolescentes de un determinado colegio, se trata de una investigación descriptiva, sin necesidad de hipótesis. (Sampieri, 2006).

Las hipótesis deben tener características específicas las cuales son:

- Deben ser comprobables: una hipótesis debe ser demostrable mediante observaciones y/o experimentos. Por ejemplo, una investigación que tiene como hipótesis que el aumento del consumo de sal en los hombres entre 40 y 60 años provoca un aumento de la presión sanguínea puede demostrarse. En cambio, decir que el agujero negro de la Vía Láctea aumenta la temperatura solar es difícil de comprobar con los instrumentos y la tecnología actual.
- Puede ser falsificable: esto quiere decir que puede ser rechazada mediante experimentos. Una hipótesis puede ser verdadera o falsa; es mediante la experimentación y la recolección y análisis de datos que podemos concluir sobre la veracidad de la misma.
- Deben ser específicas: hipótesis generales, del tipo "comer huevos produce enfermedades del corazón", no son válidas porque son muy amplias. En este caso no se especifica qué tipo de huevos ni la cantidad ni la frecuencia; tampoco se expresa la relación entre consumo de huevos y cómo se produce la enfermedad. Una mejor hipótesis será "personas entre 60 y 70 años que consumen más huevos de gallina semanales tendrán un aumento mayor de los niveles de colesterol en la sangre".
- Deben ser objetivas: las hipótesis deben estar enfocados en los aspectos de la realidad que se quieren investigar; nuestras percepciones no deben formar parte de las mismas. Por ejemplo, un investigador que le guste mucho el café puede verse tentado a hipotetizar que el café mejora el bienestar de la humanidad, lo cual no es objetivo ni específico.

Hipótesis nula e hipótesis alternativa

Una hipótesis estadística es una afirmación o proposición respecto a alguna característica de una población, generalmente fundamentada sobre un parámetro de la misma. Contrastar una hipótesis es comparar las predicciones con la realidad que observamos ocurrida en una muestra. Si dentro del margen de error que estamos dispuestos a admitir, hay coincidencia, aceptaremos la hipótesis y en caso contrario la rechazaremos.

La hipótesis emitida se suele designar por H_0 y se llama Hipótesis nula. Lo de “nula” viene de que partimos del supuesto de que las diferencias entre el valor verdadero del parámetro y su valor hipotético, en realidad no son tales sino debidas al azar, es decir no hay diferencia o dicho de otra forma la diferencia es nula. La hipótesis contraria se designa por H_1 y se llama Hipótesis alternativa (en algunos textos también aparece la notación H_a).

De acuerdo a lo descrito anteriormente, las hipótesis para esta investigación son las siguientes:

Hipótesis de Trabajo

Al desarrollar un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales para la implementación de un proyecto de fracking en los campos petroleros colombianos permitirá tener un marco referencial sobre la viabilidad del proyecto y la priorización de los riesgos asociados.

Hipótesis Nula

Al desarrollar un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales para la implementación de un proyecto de fracking en los campos petroleros colombianos no permitirá tener un marco referencial sobre la viabilidad del proyecto y la priorización de los riesgos asociados.

Hipótesis Alterna

Al desarrollar un análisis de las principales características económicas, sociales y ambientales para la implementación de un proyecto de fracking en los campos petroleros colombianos permitirá tener un marco referencial base sobre la viabilidad de un proyecto de estas características para desarrollar una investigación futura en un proyecto específico de fracking en Colombia.

5. DESARROLLO

5.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) EN UN PROYECTO DE FRACKING

Estos se fundamentan en las características propias de la actividad, desarrollada en yacimientos no convencionales, que requieren un tratamiento y análisis especial con las respectivas medidas de manejo y mitigación de potenciales impactos y riesgos ambientales y sociales.

En el PMA se debe incluir:

A. Un análisis de riesgo general de contaminación de agua subterránea con sus respectivas medidas de manejo.

B. Con relación al fluido de estimulación hidráulica se deberá presentar:

- Método para transportar el fluido de estimulación hidráulica al sitio de exploración y especificaciones técnicas del medio de transporte para la prevención de derrames de acuerdo con el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte, para el transporte de sustancias peligrosas.

- Capacidad aproximada de almacenamiento requerido y especificaciones técnicas del almacenamiento para la prevención y contención de derrames.

- Lista planeada y volumen aproximado de los químicos que serán mantenidos en el sitio para la conformación del fluido de estimulación hidráulica.

C. Con relación al agua producida (incluyendo el fluido de retorno) se deberá presentar la siguiente información:

- La descripción del proceso a ser utilizado para el tratamiento.
- Descripción de cómo el fluido de retorno será manejado, incluyendo la forma en que va ser almacenado, tratado, transportado y la descripción de cualquier infraestructura asociada.
- Método para transportar el fluido de retorno y agua producida.

Además, en el PMA específico se debe incluir para el Área de Revisión para cada uno de los pozos o arreglo de pozos la siguiente información:

1. Sobre la estimulación hidráulica:

- Composición planeada del fluido de estimulación hidráulica incluyendo los aditivos químicos y propantes a utilizar.
- Número de etapas planeadas de estimulación hidráulica.
- Fechas aproximadas para la estimulación hidráulica.
- Fechas aproximadas para el flujo de fluido de retorno.

2. Caracterización de la geología del subsuelo.

3. Identificación de pozos activos y/o abandonados, utilizando información existente y validación en campo.

4. Identificación de pozos de agua subterránea y profundidades de los mismos.

5. Análisis detallado de riesgo de contaminación de acuíferos para cada pozo o arreglo de pozos.

5.1.1 ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para llevar a cabo cualquier proyecto de la industria de los hidrocarburos es necesario contar con una herramienta fundamental que permita su óptimo desarrollo. Las obras o actividades que requieren licencia ambiental, se exige en todos los casos un estudio de impacto ambiental definido por el Ministerio de Ambiente de acuerdo con la ley y el reglamento.

Los Planes de Manejo Ambiental (PMA) son la parte constitutiva más importante del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), por cuanto en este se proponen las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos que han sido previamente identificados.

Impacto ambiental

Se considera impacto ambiental a cualquier alteración de propiedades físicas, químicas, y biológicas del medio ambiente, incluyéndose en éste, al medio ambiente urbano, causado por cualquier forma de materia o energía como resultado de las actividades humanas que directa o indirectamente afecten:

- La salud, la seguridad y la calidad de vida de la población.
- Las actividades sociales y económicas.
- La fauna y flora.
- Las condiciones estéticas, culturales o sanitarias del medio ambiente.
- La configuración, calidad y diversidad de los Recursos Naturales.

Estudio de impacto ambiental: El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es en síntesis un recopilado de los estudios sobre los elementos físicos naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales dentro del área de influencia del proyecto.

El principal objetivo de estos consiste en caracterizar las condiciones que se presentan y sus capacidades de respuesta a perturbaciones. Por medio del estudio también se pretende la prevención de los impactos (efectos y consecuencias) de los proyectos y determinar las medidas de control necesarias para asegurar la compatibilidad entre las actividades petroleras y el Medio Ambiente¹⁴

Licencia ambiental. Dentro del decreto 1220 de 2005 (MAVDT), por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, se define a la licencia ambiental como:

“Es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al Medio Ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje; la cual sujeta al beneficiario de esta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada

5.1.2 METODOLOGÍA DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA).

Etapas de un proyecto petrolero Se identifica cada una de las etapas del proyecto es decir describir cada una detalladamente, determinado los impactos ambientales.

Exploración En esta etapa se realizan las actividades de: Apertura de trochas, deforestación y descapote de múltiples bosques y selvas con el fin de localizar las capas de roca sedimentaria que son probables a encontrar bajo el suelo, en el desarrollo de esta actividad se lleva a cabo varios métodos como lo son:

Método geológico: Se base en geología estructural, disposición de capas, fallas geológicas, anomalías térmicas, entre otros.

Método geofísico: Tiene en cuenta la toma de muestras en la superficie, la magnetometría, gravimetría y sísmica. La erosión y la afectación de las corrientes de agua son frecuentes en esta etapa. En la fase de perforación de pozos exploratorios, se descapotan aproximadamente de 2 a 5

hectáreas en cada uno de los sitios de un pozo, y se alteran entre 10 a 15 hectáreas como consecuencia de la tala de árboles que se utilizan en las plataformas de operación¹⁶.

Perforación. Para los yacimientos no convencionales esta etapa es de gran influencia ya que se profundiza sobre los fluidos o técnicas de fractura no convencionales como alternativa para disminuir los problemas ambientales que presenta los actuales y muy criticados fluidos de fractura o fluidos convencionales.

Los impactos ambientales que generalmente se presentan en esta etapa se relacionan con el manejo de lodos de perforación y la “estimulación” de los pozos mediante acidificación o fracturamiento hidráulico.

Algunos problemas que se generan son debidos a los lodos que se utilizan para hacer las perforaciones. Estos se almacenan en piscinas, no siempre recubiertas para evitar la contaminación del suelo y las aguas subterráneas.

Producción. En esta etapa, el pozo ya perforado se considera listo para la producción de hidrocarburos aceite o gas, se realiza una serie de perforaciones en la tubería de revestimiento horizontal para yacimientos no convencionales y vertical para yacimientos convencionales a la altura de las formaciones donde se halla el yacimiento

Los impactos ambientales que generalmente se presentan en esta etapa se relacionan con el manejo de residuos sólidos, y la contaminación de aguas.

La contaminación de aguas superficiales y subterráneas es de mayor riesgo ya que la existencia de fracturas conductoras hacia los acuíferos o aguas subterráneas tienen un alto grado de probabilidad o exposición por lo que las aguas de producción pueden tener concentraciones muy altas de Cloro, Sodio, Azufre, metales pesados, fenoles, etc.

A continuación, se adjunta tabla con la caracterización de los parámetros físicoquímicos a monitorear en los cuerpos de agua en un proyecto de fracking.

Figura 10. Relación de los parámetros fisicoquímicos a monitorear para caracterizar los cuerpos de agua que puedan ser intervenidos con el desarrollo del proyecto

PARÁMETRO	ACTIVIDAD	CAPTACIÓN	VERTIMIENTOS DIRECTOS A CUERPOS DE AGUA		OCUPACIÓN DE CAUCES PARA CORRIENTES DE RÉGIMEN PERMANENTE
			AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	
Información atmosférica in situ	Temperatura del aire		X	X	
	humedad relativa		X	X	
	Velocidad y dirección del viento		X	X	
	Nubosidad(% cobertura de nubes)		X	X	
	Sombra (% sombra sobre tramo aferente a la sección)		X	X	
Caracterización física	Temperatura	X	X	X	X
	solidos suspendidos totales	X	X	X	X
	conductividad eléctrica	X	X	X	X
	pH	X	X	X	X
	Turbiedad	X	X	X	X
	Características organolépticas: color	X	X	X	X
Caracterización	Oxígeno disuelto (OD)		X	X	

PARÁMETRO	ACTIVIDAD	CAPTACIÓN	VERTIMIENTOS DIRECTOS A CUERPOS DE AGUA		OCUPACIÓN DE CAUCES PARA CORRIENTES DE RÉGIMEN PERMANENTE
			AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	
química de la columna de agua	Demanda química de oxígeno DQO		X	X	
	Demanda biológica de oxígeno a 5 días DBO5		X	X	
	Cloruros		X	X	
	Fósforo total		X	X	
	Potasio		X	X	
	Grasas y aceites		X	X	X
	Alcalinidad total y acidez total		X	X	
	Fenoles totales		X	X	
	Metales y metaloides		X	X	
	Sodio		X	X	
	Silice		X	X	
Caracterización del lecho del cauce	carbono orgánico total (mg/L C) de la capa de fondo		X	X	
	Demanda béntica (g/m ² -d)		X	X	
	Sulfuros ácidos volátiles		X	X	

Fuente: Tomada y modificada de guía de elaboración de un EIA, ANLA, MADS.

Todo lo anterior son los parámetros básicos para yacimiento convencionales para los no convencionales existen parámetros adicionales que son los parámetros de la línea base lo otros se presentan a continuación.

Figura 11. Parámetros adicionales de calidad de agua para la exploración de yacimientos no convencionales.

PARÁMETRO	ACTIVIDAD Y SUSTANCIAS PARA ANÁLISIS	FUENTES DE AGUA INCLUYENDO ACUÍFEROS DEL ÁREA DE REVISIÓN	VERTIMIENTOS EN SUELOS: AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	VARTIMIENTOS EN SUELOS: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BETEX)	X		X
	Metano	X		X
	Arsénico	X		X
	NORM (RA 226 y Th 232)	X		X
	Mercurio	X		X
	Bario	X		X
	Manganeso	X		X
	Molibdeno	X		X
	Hierro	X		X
	Estroncio	X		X
	Zinc	X		X
CARACTERIZACIÓN BACTERIOLÓGICA	Bacterias reductoras de sulfato	X	X	X

FUENTE: Tomado y modificado Términos de Referencia - EIA – proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos. MADS, ANLA.

Medio socioeconómico. Representa la evaluación del área del proyecto para identificar los impactos que este representa y pueda ocasionar en cada una de los espacios del medio socioeconómico.

La investigación le corresponderá presentar obligatoriamente las principales características socioeconómicas y culturales de la población del área de influencia la unidad y su relación con el proyecto. Por esto la información se debe presentar conforme a lo establecido por las entidades responsables de su generación, procesamiento y análisis.

Participación y socialización con las comunidades. Ya que hoy en día los conflictos comunidad empresa aumentan progresivamente es de gran vitalidad la constante comunicación entre las comunidades y la relación comunidad- empresas para una participación de estas, como un factor muy determinante en el desarrollo de un proyecto para evitar afligir el bienestar de las personas y la evolución del proyecto.

En concordancia con lo anterior como mínimo se deberá desarrollar la socialización en diferentes momentos de las siguientes tres formas:

- 1) Socializar antes de iniciar las actividades, recopilar información primaria con las comunidades como parte del área de influencia del medio, la información relacionada con las características técnicas, alcance y actividades del proyecto, alcance del estudio a desarrollar.
- 2) Generar espacios de participación en los cuales se socialice el proyecto y sus implicaciones presentando información referente a los alcances, componentes, etapas, actividades, áreas de influencia, caracterización ambiental, zonificación ambiental y de manejo, compensaciones por pérdida de biodiversidad, permisos solicitados para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Dentro de estos espacios se deben socializar los impactos y medidas de manejo ambiental identificados para las diferentes etapas por el solicitante y se permita la identificación por parte de los participantes.

- 3) Una vez elaborado el EIA y PMA se deberán socializar los resultados de los mismos.

Componente demográfico. Para las unidades territoriales mayores, analizar los siguientes aspectos en relación con las condiciones y demandas del proyecto:

- 1) Dinámica de poblamiento: señalar los eventos históricos más importantes que han tenido efecto sobre las dinámicas de poblamiento regional, identificando el tipo de población asentada y las actividades económicas sobresalientes. Se deberá presentar además la distribución entre las áreas rural y urbana y su densidad.
- 2) Tendencias demográficas: describir los principales indicadores de demografía y efectuar un análisis longitudinal teniendo como punto de partida al menos los últimos dos (2) censos nacionales. Incluir información y describir, si aplica, el desplazamiento

de población asociado a algún tipo de conflicto.

Componente demográfico componente espacial²⁰. Para las unidades territoriales mayores y menores del área de influencia del componente, grupo de componentes o medio, se analizará de manera independiente, la calidad y cobertura de los servicios públicos y sociales. Como mínimo dicha caracterización debe incluir: calidad, cobertura, infraestructura asociada teniendo en cuenta:

Servicios públicos:

- 1) Acueducto: fuentes de abastecimiento; infraestructura de captación, tratamiento y almacenamiento;
- 2) Disposición de excretas: tipos (alcantarillado, pozos sépticos, letrinas, a cielo abierto);
- 3) Sistemas de recolección y disposición de residuos sólidos, cobertura y calidad.
- 4) Servicios de energía y telecomunicaciones: cobertura y calidad.

Servicios sociales:

- 1) Identificación de la infraestructura educativa y de salud, localización.
- 2) Identificación de la infraestructura recreativa y deportiva.
- 3) Tipificación de las características de las viviendas.
- 4) Identificación de la infraestructura de transporte: vial, aérea, ferroviaria y fluvial. Para la infraestructura vial se deberá hacer énfasis en los accesos veredales y su funcionalidad, así como en la infraestructura para conectividad (puentes, tarabitas).

- 5) Centros nucleados de influencia para comercialización y acceso a servicios sociales
- 6) Identificación de los medios de comunicación: radio, prensa, emisoras comunitarias.

Componente demográfico componente espacial componente económico El componente económico representa la dinámica mercantil, financiera regional relacionada con el proyecto con el fin de identificar los procesos existentes, para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1) Organización del predio.
- 2) Técnicas productivas y tecnológicas
- 3) Identificar el mercado laboral actual.
- 4) Identificar los extremos de desarrollo y/o regiones, que interactúan con el área de influencia del componente, grupos de componentes o medio.
- 5) Organización comercial, puntos de comercialización, vínculos productivos y su relación en las dinámicas mercantiles regionales.
- 6) Identificar empresas productivas en los secciones primarias, secundarias y terciarias.

2.5.4 Servicios ecosistémicos. Se debe analizar el grado de influencia y dependencia de las actividades de la zona o del área de influencia del proyecto con el fin de no afectar su medio socioeconómico o su integridad física a futuro

A manera de apoyo a la caracterización de los servicios ecosistémicos se podrá utilizar la matriz que se presenta en la Figura 12.

Tabla 3. Matriz de Impacto Socioeconómico

CATEGORÍA DE SERVICIO ECOSISTÉMICO	SERVICIO ECOSISTÉMICO	IMPACTO DEL PROYECTO (alto, medio o bajo)	DEPENDENCIA DE LAS COMUNIDADES (alto, medio o bajo)	DEPENDENCIA DEL PROYECTO (alto, medio o bajo)
APROVISIONAMIENTO	Agua			
	Arena y roca			
	Madera			
	Fibras y resinas			
	Biomasa			
	Pesca y acuicultura			
	Ganadería			
	Agricultura			
	Otro servicio(especificar)			
REGULACIÓN	Regulación de la erosión			
	Regulación del clima local/regional			
	Ecosistemas de purificación de agua (humedales, otros)			
	Otro servicio(especificar)			
CULTURALES	Recreación y turismo			
	Espirituales y religiosos			
	Otro servicio identificado(especificar)			

FUENTE: Tomado y modificado de Términos de Referencia - EIA – proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos.

5.3 ANÁLISIS DE FAVORABILIDAD DE UN PROYECTO DE FRACKING EN UN MUNICIPIO COLOMBIANO

Como parte del proceso de investigación científica para determinar si la técnica del fracking es viable en el futuro para la explotación comercial de yacimientos no convencionales de crudo y gas en el país, Ecopetrol presentó a las autoridades del municipio de Puerto Wilches (Santander), el proyecto piloto Kalé, cuya perforación está planeada iniciar en el segundo semestre del 2021.

Debido a que este proyecto será el primero en su tipo en Colombia, se escogió al municipio de Puerto Wilches para realizar un análisis de favorabilidad con la población del área de influencia del municipio por medio de una encuesta con preguntas cerradas, en la cual se busca identificar el conocimiento previo que tiene la población local en el fracturamiento hidráulico y su favorabilidad o negatividad con respecto a desarrollar un proyecto de estas características.

El modelo de encuesta desarrollado se muestra a continuación:

ENCUESTA DE CONOCIMIENTO Y FAVORABILIDAD PARA LA APLICACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO DE FRACKING EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES (SANTANDER)

- 1) ¿Ha escuchado hablar sobre el fracturamiento hidráulico o fracking en Colombia?
 - a. Si _____ b. No _____
- 2) ¿Conoce sobre el proyecto de fracking que planea realizar ECOPEPETROL en el municipio de Puerto Wilches?
 - a. Si _____ b. No _____
- 3) ¿Cree usted que todos los proyectos de exploración y explotación en formaciones no convencionales, debieran contar con una evaluación ambiental previa a su ejecución?
 - a. Si _____ b. No _____ c. Por ley es de este modo _____

- 4) ¿Ha buscado por su cuenta información técnica sobre el fracking en Colombia o a nivel global?
- a. Si _____ b. No _____
- 5) Si la respuesta a la pregunta anterior es afirmativa, por cual medio encontró dicha información:
- a. Periódicos nacionales _____ b. Televisión _____ c. Libros técnicos _____ d. Internet _____
- e. Redes Sociales _____ f. Seminarios _____ g. Universidad _____
- 6) ¿Esta de acuerdo en la implementación del proyecto piloto de fracking en el municipio de Puerto Wilches?
- a. Si _____ b. No _____
- 7) Si la respuesta a la pregunta anterior es positiva, cual es la principal razón por la que está de acuerdo:
- a. Genera empleo _____ b. Mejora la economía local _____
- c. Aumenta las reservas de crudo del país _____ d. Diversifica la economía local _____
- 8) Si la respuesta a la pregunta numero 7 fue negativa, cual es la principal razón por la que no está de acuerdo:
- a. El proceso del Fracking contamina el agua _____ b. El petróleo es contaminante _____
- c. Genera sismos _____ d. El fracking seca los cuerpos de agua como ríos o ciénagas _____
- e. No genera empleo local _____ f. Aumenta la corrupción _____ i. Incrementa el costo de vida _____

Nombre: _____

Firma: _____

5.3.1 PRESENTACION Y ANALISIS DE LA ENCUESTA

1. ¿Ha escuchado hablar sobre el fracturamiento hidráulico o fracking en Colombia?

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
SI	78	78.0%
NO	22	22.0%
TOTAL	100	100.0%

Análisis: Se observa una gran cantidad de personas ha escuchado sobre el tema del fracking, sin embargo es necesario ahondar en profundidad y conocer las fuentes de dicha información.

2. ¿Conoce sobre el proyecto de fracking que planea realizar ECOPEPETROL en el municipio de Puerto Wilches?

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
SI	88	88%
NO	12	12%
TOTAL	100	100%

Análisis: Se observa una gran cantidad de personas ha escuchado sobre el tema del proyecto piloto de fracking en el municipio, esto debido a que al ser un municipio de una población relativamente pequeña, la información se trasmite principalmente entre los habitantes entre los vecinos y conocidos, por lo cual es muy probable que la información se tergiverse o se exagere.

3. ¿Cree usted que todos los proyectos de exploración y explotación en formaciones no convencionales debieran contar con una evaluación ambiental previa a su ejecución?

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
SI	55	55%
NO	8	8%
Por ley es de este modo	37	37%
TOTAL	100	100%

Análisis: La mayoría de las personas encuestadas respondieron que si debería tener un estudio de impacto ambiental, seguida por las que respondieron que por ley, ya es de este modo, lo cual indica

que hay un gran desconocimiento sobre las normatividades y leyes vigentes con respecto a la exploración de hidrocarburos tanto convencionales como no convencionales como es el caso del fracking.

4. ¿Ha buscado por su cuenta información técnica sobre el fracking en Colombia o a nivel global?

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
SI	72	72%
NO	28	28%
TOTAL	100	100%

Análisis: La mayoría de las personas encuestadas respondieron que si han investigado por su propia cuenta información sobre el fracking lo cual a priori es positivo, sin embargo se debe analizar las fuentes de información y su contenido para analizar si es información real o no con base en argumentos científicos.

5. Si la respuesta a la pregunta anterior es afirmativa, por cual medio encontró dicha información:

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
Periódicos nacionales	12	12%
Televisión	15	15%
Libros técnicos	2	2%
Internet	37	37%
Redes Sociales	32	32%
Seminarios	0	0%
Universidad	2	2%
TOTAL	100	100%

Análisis: Las principales fuentes de información resultaron ser Internet y las redes sociales, lo cual es una tendencia a nivel general, sin embargo deja en evidencia que dichas fuentes no pueden ser catalogadas como información verídica, ya que en Internet abundan las falsas noticias o desinformación, en especial en las redes sociales como Facebook o Twitter y que dicha información puede ser editada por cualquier persona para señalar o mostrar los puntos de vista que quiera evidenciar sin tener las bases científicas para ello o simplemente inventándolas.

6. ¿Esta de acuerdo en la implementación del proyecto piloto de fracking en el municipio de Puerto Wilches?

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
SI	42	42%
NO	58	58%
TOTAL	100	100%

Análisis: Se observa que la mayoría de las personas encuestadas no están de acuerdo con que se lleve a cabo el proyecto, por lo que se esperaría una fuerte oposición de la población local.

7. Si la respuesta a la pregunta anterior es positiva, cual es la principal razón por la que está de acuerdo:

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
Genera empleo	25	60%
Mejora la economía local	12	29%
Aumenta las reservas de crudo del país	2	5%
Diversifica la economía local	3	7%
TOTAL	42	100%

Análisis: Se observa que un 60% de los que respondieron que si están de acuerdo, piensan que esto traerá como principal un incremento en el empleo en la región, por lo que repercutirá directamente en la mejora en la calidad de vida de la población local.

8. Si la respuesta a la pregunta numero 7 fue negativa, cual es la principal razón por la que no está de acuerdo:

RESPUESTA	# PERSONAS	% RESPUESTA
El proceso del Fracking contamina el agua	8	14%
El petróleo es contaminante	2	3%
Genera sismos	9	16%
El fracking seca los cuerpos de agua como ríos o ciénagas	22	38%
No genera empleo local	8	14%
Aumenta la corrupción	4	7%
Incrementa el costo de vida	5	9%
TOTAL	58	100%

Análisis: Si se suma las respuestas de contaminación del agua o secado de cuerpo de agua se obtiene un 52% de respuesta, por lo que se observa que la principal preocupación de la población deriva de su preocupación por el agua y su dependencia a ella, sin embargo también se observa una gran desinformación con respecto a los procedimientos y técnicas realizadas por la industria petrolera para evitar dichos problemas, también es de destacar el porcentaje de las personas que considera que el fracking genera sismos lo cual es igualmente consecuencia de la desinformación, Sin embargo los puntos de generación de empleo local y corrupción son más temas derivados de la alta corrupción presente en dichos municipios por los políticos locales los cuales son factores externos al proyecto.

CONCLUSIONES

Con base en la presente investigación se ha podido realizar un análisis de las principales características que implica un proyecto pionero en el país como es el fracturamiento hidráulico en Colombia, analizando sus principales ventajas y desventajas, así como oportunidades que esta técnica generaría en la economía del país.

También se ha llevado a cabo una encuesta de favorabilidad en un proyecto piloto de fracking en un municipio petrolero como lo es Puerto Wilches en Santander y se evidencia una fuerte oposición de la comunidad por los problemas que se derivarían, sin embargo se ha podido evidenciar que existe una gran desinformación por parte de la población lo cual lleva a que se presente dicha oposición.

A pesar de que en Colombia se tiene una normatividad legal vigente organizada, falta proponer e implementar unas más específicas, donde se verifique y controle por parte de la autoridad ambiental las aplicaciones o ejecuciones especiales de estas en las operaciones de fracturamiento hidráulico y poder llevar a cabo proyectos de este tipo de forma ambientalmente sostenible.

Por lo tanto se recomienda una investigación en mayor profundidad para obtener el beneplácito de la comunidad en donde se desarrollarían dichos proyectos y realizar campañas de información a la población del área de influencia de modo que puedan decidir de forma más imparcial y objetiva evaluando los pros y contras de un proyecto de estas características.

BIBLIOGRAFÍA

- RODRIGUEZ, L. E. (2016). *ANALISIS DE LOS FLUIDOS DE FRACTURAMIENTO Y PROPANTES USADOS EN YACIMIENTO NO CONVENCIONALES*. FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA.
- SANCHEZ, D. A. (2017). *CONSIDERACION DEL FRANKING EN TERRITORIO COLOMBIANO APARTIR DE MODELOS ANALOGOS*. TRABAJO DE GRADO, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER, BUCARAMANGA.
- SANCHEZ, K. M. (2019). *MOVIMIENTOS SOCIALES CONTRA EL FRANKING EN COLOMBIA, UNA LUCHA POR LA REIVINDICACION DE LOS DERECHOS HUMANOS FRENTE AL PODER ECONOMICO*. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL SANTANDER. BUCARAMANGA: FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS.
- BARRIOS, R. A. (2015). *TECNOLOGIAS APLICADAS AL MANEJO DE AGUAS EN OPERACIONES DE FRACKING*. FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA.
- OSORIO, K. J Y MEJIA, J. Y. (2020). *ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA FRENTE A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO EN YACIMIENTOS EN ROCA GENERADORA (FRACKING)*. FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA.
- CASTELLANOS, D. E Y VALENZUELA, J. L. (2016). *MANUAL DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA INDUSTRIA PETROLERA EN EL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO PARA EL ÁREA UPSTREAM*. FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS, UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA.
- CORTIZ G. Y GUAVITA F. (2014) *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES Y SOCIALES DE LA INDUSTRIA PETROLERA ÁREA UPSTREAM*. TRABAJO DE GRADO INGENIERO DE PETRÓLEOS. BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
- ROZO J. Y MENESES J. (2005) *MANEJO AMBIENTAL PARA CAMPOS PETROLEROS EN LOS PROCESOS DE EXPLORACIÓN, PERFORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS*. TRABAJO DE GRADO INGENIERO DE PETRÓLEOS. BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. FACULTAD DE FISICOQUÍMICA.
- VESGA J.(2013) *EFFECTOS AMBIENTALES DEL SHALE GAS*, BUCARAMANGA. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. FACULTAD FÍSICO QUÍMICAS. ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS.

Ricoy Lorenzo, Carmen (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação*, 31(1), undefined-undefined. [fecha de Consulta 21 de Octubre de 2019]. ISSN: 0101-9031.

Rojas, V. M. N. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U, 2011.

Londoño B., J. B. (2012). Que es la investigación científica. *Revista Universidad EAFIT*, 1(1), 78-84. Recuperado a partir de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1636>

Lorenzo, C. R. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação*, 31(1), 11-22.

RAMÍREZ Edward y CASADIEGO Jorge. Evaluación de modelos IPR para el análisis en la productividad en pozos horizontales de aceite con múltiples fracturas hidráulicas. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Facultad de fisicoquímica, 2013, 23 P.

ROZO CORREA Javier y MENESES ROMERO John. Manejo ambiental para campos petroleros en los procesos de exploración, perforación y producción de hidrocarburos. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander. Facultad de fisicoquímica, 2005, P. 55,56, 57.

US Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Study of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resource, Washington DC, December 2012 EPA/601/R-12/011

VESGA DUARTE Jennifer Sofía, Efectos Ambientales Del Shale Gas, Bucaramanga, 2013, trabajo de grado (Ingeniero de Petróleos) Universidad Industrial de Santander. Facultad Físico químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos.

CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL PETRÓLEO. Churruca No 481, Cerro, La Habana, Cuba, CP 12000

D.V.S Gupta, SPE, BJ Services Company. Unconventional Fracturing Fluids for Tight Gas Reservoirs. SPE International. 2009 January; 119424- 9.

FRANK R. SPELLMAN, Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing, Reference - 477 Pages - 27 B/W Illustrations, September 17, 2012 by CRC Press.

Guía De Manejo Ambiental Para Proyectos De Perforación De Pozos De Petróleo y Gas. Versión Numero 1

HARMAN Juan Felipe, la sísmica impacto ambiental de la industria petrolera, Bogotá 2013

LIZCANO GUTIÉRREZ Silvia Ximena, Estudio de factibilidad técnico y económica para la estimulación de pozos con fracturamiento hidráulico utilizando fluidos

Statistical Review of World Energy. BP Statistics: Oil. Disponible en: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/oil.html#oil-production>

Articulo SEMANA Sostenible: El fracking llegó a Colombia, 2014. Disponible en: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/que-es-el-fracking-o-fracturacion-hidraulica/31672>

US Energy Information Administration, EIA. Oil Shale Production Statistics 2020. Disponible en: <https://www.eia.gov/petroleum/drilling/>

Por intermedio del presente documento en mi calidad de autor o titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra que adjunto, titulada **Título:** ESTUDIO DE LAS CARACTERISTICAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y AMBIENTALES PARA LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL FRACKING EN COLOMBIA, autorizo a la Corporación universitaria Unitec para que utilice en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador o titular de la obra objeto del presente documento.

La presente autorización se da sin restricción de tiempo, ni territorio y de manera gratuita. Entiendo que puedo solicitar a la Corporación universitaria Unitec retirar mi obra en cualquier momento tanto de los repositorios como del catálogo si así lo decido.

La presente autorización se otorga de manera no exclusiva, y la misma no implica transferencia de mis derechos patrimoniales en favor de la Corporación universitaria Unitec, por lo que podré utilizar y explotar la obra de la manera que mejor considere. La presente autorización no implica la cesión de los derechos morales y la Corporación universitaria Unitec los reconocerá y velará por el respeto a los mismos.

La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato electrónico, y en general para cualquier formato conocido o por conocer. Manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y la realicé sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de mi exclusiva autoría o tengo la titularidad sobre la misma. En caso de presentarse cualquier reclamación o por acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión asumiré toda la responsabilidad, y saldré en defensa de los derechos aquí autorizados para todos los efectos la Corporación universitaria Unitec actúa como un tercero de buena fe. La sesión otorgada se ajusta a lo que establece la ley 23 de 1982.

Para constancia de lo expresado anteriormente firmo, como aparece a continuación.

Firma

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Daniel E." with a stylized flourish at the end.

Daniel Yoobany Estevez Guevara
CC. 1.095.915.890