

**ANÁLISIS DEL COSTO AMBIENTAL Y EL IMPACTO ECONÓMICO QUE
CONLLEVA LA IMPLEMENTACIÓN DEL FRACKING EN LOS PRÓXIMOS
DIEZ AÑOS EN COLOMBIA**

**ERIKA YOLIMA LARA RINCÓN
ANDREA PAOLA SÁNCHEZ MINA
ALAN EDUARDO FLÓREZ CORREDOR**



**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DIRIGIDO DE ECONOMÍA
BOGOTÁ D.C.
2019**

**ANÁLISIS DEL COSTO AMBIENTAL Y EL IMPACTO ECONÓMICO QUE
CONLLEVA LA IMPLEMENTACIÓN DEL FRACKING EN LOS PRÓXIMOS
DIEZ AÑOS EN COLOMBIA**

**ERIKA YOLIMA LARA RINCÓN
ANDREA PAOLA SÁNCHEZ MINA
ALAN EDUARDO FLÓREZ CORREDOR**

CLASIFICACIÓN JEL:

O33

**MARÍA CONSTANZA TORRES TAMAYO
ECONOMISTA**

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DIRIGIDO DE ECONOMÍA
BOGOTÁ D.C.
2019**

Contenido

INTRODUCCIÓN:	4
JUSTIFICACIÓN:.....	4
HIPÓTESIS:.....	6
OBJETIVO GENERAL:	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	6
MARCO TEÓRICO:	7
METODOLOGÍA.....	9
RESULTADOS.....	9
1. Producción histórica de hidrocarburos en Colombia.	15
2. NORMATIVIDAD EN COLOMBIA SOBRE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES	18
2.1. Aspecto contractual:.....	18
2.2. 2.2 Aspecto técnico:.....	18
2.3. 2.3 Aspecto geológico:	18
2.4. 2.4 Aspecto ambiental:	19
3. IMPACTOS AMBIENTALES.....	19
3.1. Contaminación del agua potable.....	19
3.2. Problemas de salud pública asociados con la perforación y el fracking	20
3.3. Sismicidad.....	21
3.4. Contaminación al aire y aumento del calentamiento global	21
4. ESTUDIO TÉCNICO	22
4.1. INGENIERÍA.....	23
4.2. CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	27
4.3. LOCALIZACIÓN	31
4.4. EXTERNALIDADES.....	32
4.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	1
CONCLUSIONES.....	1
REFERENCIAS	2
TABLA DE ANEXOS	4
• [Anexo 1].....	4
• [Anexo 2].....	5
• [Anexo 3].....	5
• [Anexo 4].....	6
• [Anexo 5].....	7

INTRODUCCIÓN:

El petróleo juega un papel muy importante siendo la principal fuente de energía, además de ser materia prima básica en la industria petroquímica, fue ciertamente el producto que catapultó el sector industrial, desde la primera lámpara de queroseno¹ en el siglo XIX la explotación del hidrocarburo fue tomando fuerza, pero fue en definitiva con la fabricación de los primeros coches con motores de explosión en 1886 que la gasolina se volvió el producto líder del sector, hecho que revolucionó el sector minero-energético. (La Vanguardia , 2017)

En la actualidad el petróleo es el principal motor de la economía colombiana al ser el principal generador de renta externa, siendo el producto de mayor exportación genera recursos para las regiones en forma de regalías y contribuciones fiscales favoreciendo la ejecución de proyectos de inversión social. Con la aspiración de aumentar la producción del crudo nos encontramos ahora en un gran debate, si continuar con el modelo extractivo actual o implementar nuevas técnicas que prometen una mayor explotación de éste como lo es el fracking².

JUSTIFICACIÓN:

Hasta el momento la explotación de hidrocarburos ha generado distintos beneficios para el país al ser el producto con mayor exportación que realiza Colombia, con un aporte de 1.256,6 millones de dólares anuales en el cuarto trimestre del 2018 equivalente al 36,94% de las exportaciones totales del país (DANE, Boletín técnico de exportaciones, 2018) y aportando al crecimiento del PIB que para el 2018 tuvo un aumento del 1,4% con respecto al IV trimestre del 2017 (DANE, Boletín técnico del producto interno bruto (PIB), IV Trimestre 2018).

Por otra parte, el aporte de regalías ha ayudado al desarrollo de los proyectos prioritarios del plan de desarrollo, donde parte de estos recursos son destinados a los departamentos para inversiones en salud, educación, agua potable, alcantarillado e infraestructura social (ANH, Las regalías en el sector de los hidrocarburos, 2008).

¹Queroseno: Es el derivado de la destilación del petróleo, de un color azulado o amarillento transparente, su estado intermedio de densidad va entre la gasolina y el diesel, usado como combustible en motores y turbinas, como disolvente y para calefacciones caseras, coicas y lámparas domésticas e industriales, desde tiempo pasado se usaba como iluminación nocturna en lámparas de calles, es conductor de la electricidad por descargas mecanizadas. (definición, 2019)

² Fracking: La técnica consiste en la perforación de un pozo, inicialmente vertical, que, al encontrar la formación susceptible de producir gas o petróleo, se orienta en paralelo al buzamiento o inclinación de estratificación (se curva hasta la horizontal si la capa está horizontal) y penetra en la formación durante cientos o miles de metros. Una vez perforado, el pozo queda aislado de la formación por una tubería. Entonces se baja, mediante un cable, una herramienta que consiste en un pequeño cañón para realizar una serie de perforaciones en la tubería y poner en contacto el pozo en formación. La formación que se debe estimular se sectoriza en tramos de unos 100 metros, y en cada tramo se perfora en varios puntos seleccionados previamente tras haber realizado un análisis petrofísico (logging). A continuación, se introduce por bombeo un fluido a alta presión para vencer la resistencia mecánica de la roca para que se abran fracturas perpendiculares al pozo y se propaguen dentro de la formación, creando así redes de drenaje artificiales. (Martínez, 2014)

Para el año 2017, se realizó la implementación de las Normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007 certificadas por el ICONTEC, las cuales son garantes de que las prácticas de explotación de hidrocarburos no perjudiquen en gran medida el medio ambiente (ANH, Informe de gestión 2017 , 2017).

Con lo mencionado anteriormente el gobierno quiere fomentar el desarrollo de este sector mediante la implementación de la técnica de fracking buscando mejorar su producción generando ingresos fiscales de 1,5 billones de pesos anuales en impuestos, derechos económicos contractuales, dividendos y regalías (ACP, 2018) y por lo tanto el aumento de su aporte a la economía colombiana; pero a su vez esta técnica puede ocasionar una alteración en el medio ambiente, lo que puede resultar en problemas de mayor magnitud a largo plazo teniendo en cuenta los costos para la mitigación de estos daños.

En la producción de hidrocarburos se producen entre 3 y 5 barriles de agua por cada barril de petróleo, es por esto que es de gran importancia el tratamiento de tan alta cantidad de aguas residuales. Con las técnicas convencionales de explotación del crudo el tratamiento es posible, con la remoción del aceite, desinfección, desalinización y tratamiento por membranas.

Con dicho tratamiento la misma industria puede ser beneficiada mediante la recuperación secundaria, el agua puede reinyectarse en el subsuelo para su almacenamiento y posterior uso, de igual forma puede ser reutilizada para necesidades internas y externas de la planta de producción petrolera, ahorrando así el agua extraída de las fuentes naturales. En casos donde el tratamiento de agua es óptimo esta puede ser reutilizada en ganadería y agricultura y cuando esta alcanza cumple con los estándares de calidad puede ser descargada nuevamente en fuentes naturales de agua. (SPENA group, 2016)

En el caso del fracking el agua utilizada para el proceso es 10 veces más a la utilizada con el método convencional, entre el 15% y 70% del fluido inyectado regresa a la superficie, uno de los mayores problemas es resolver la disposición y almacenamiento de las aguas residuales y de retorno, donde los químicos ocupados para la extracción no pueden ser eliminados en su totalidad tras el tratamiento de estas aguas residuales, lo que supone un alto riesgo para la contaminación de acuíferos y aire. (Ecologistas en acción, 2013)

Si bien la implementación del fracking puede suponer un impacto positivo en la economía del país, trae también como consecuencia efectos irreparable en materia ambiental que en el largo plazo pueden resultar más costos, es aquí donde nace la propuesta de investigación, que tiene como propósito analizar los impactos sobre los dos sectores, económico y ambiental, y lograr con esto concluir si se debiese ser implementada esta técnica.

PREGUNTA:

¿Cuáles son los impactos económicos y ambientales que conllevaría la implementación del fracking en Colombia?

HIPÓTESIS:

La implementación del fracking representa un efecto negativo e irreversible en las zonas en donde se realizaría la explotación, a pesar del incremento en los aportes económicos, la mitigación de los daños ambientales significaría un gasto mayor para la nación.

OBJETIVO GENERAL:

Analizar el impacto económico que tendría la implementación del fracking en el país, así como el costo ambiental en aspectos como daños a la salud, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, gases expulsados a la atmósfera y otros impactos ambientales dados principalmente en las áreas donde los hidrocarburos son explotados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Consultar y revisar la literatura correspondiente al fracking en los lugares donde esta técnica ha sido avanzada y puesta en desarrollo.
- Identificar los posibles impactos ambientales que podría llegar a ocasionar en el territorio Nacional la implementación del fracking para la exploración y explotación de YNC
- Estimar los riesgos sociales de las comunidades al enfrentarse a esta técnica de explotación, así como el costo ambiental para la mitigación del impacto ambiental.
- Identificar las externalidades generales positivas y negativas que se llevarían a cabo en las zonas donde se llevaría a cabo ésta nueva técnica de explotación.
- Generar un aproximado en costos ambientales necesarios para la implementación y el desarrollo del fracking.

MARCO TEÓRICO:

El negocio de la extracción de hidrocarburos es un ámbito de muy buen rendimiento, sin embargo, algunos recursos se encuentran en zonas o yacimientos que no son rentables económica o técnicamente, por esta razón surge la necesidad de producirlos con tecnologías no convencionales como el fracking.

En Colombia, la fractura hidráulica fue incorporada como tecnología de extracción de hidrocarburos alrededor de hace cincuenta años como un método de estimulación e incremento de producción en pozos de yacimientos convencionales ubicados particularmente en la zona del valle del Magdalena, la técnica fue crucial en el incremento de la producción de campos maduros que habían empezado su periodo de descenso productivo y resultó en muchos casos de gran éxito razón por lo cual se popularizó en el país hasta la actualidad, de tal manera que según Ley la Tovar Aguirre (funcionaria de Ecopetrol) “entre 5% y 8% de sus pozos ha ingresado a esta tecnología, principalmente en los campos de Orito –al sur del país– y Catatumbo –en el nororiente–; así como algunos pozos en el campo de Cantagallo, Neiva y De Mares (Llanito y Lisama) en los dos últimos años.)

Si bien la tecnología del fracking ha sido utilizada en estados Unidos por casi cinco décadas, el auge de la explotación de los denominados hidrocarburos no tradicionales, auspiciada y fomentada por los Estados Unidos, la reconfiguración sociopolítica resultante del posicionamiento de este país como nuevo mayor productor de crudo en el mundo y las posiciones de diversas fuentes que argumentan el alto impacto ambiental de esta técnica y la necesidad de suspender y prohibir su implementación, ha situado a esta tecnología en el núcleo de una controversia nacional que se ve articulada alrededor de las normas proferidas por el Ministerio de Minas (Decreto 3004 el 26 de Diciembre de 2013 y Resolución 90341 de Marzo 27 de 2014) que permiten y regulan la práctica de esta técnica al interior de las fronteras de Colombia (orillas).

Es por esta razón que en el país los debates sobre ésta técnica no cesan, ya que no se tienen verdaderos datos de los riesgos o daños ambientales, sino también de la cantidad de barriles que serán explotados, según ambientalistas fuertes en el tema, rechazan ésta técnica debido a que las personas que si están de acuerdo solo se están guiando de pronósticos y técnicas de protección implementadas en otros países como Estados Unidos pero no están teniendo en cuenta que el territorio nacional posee una biodiversidad, población social, y comportamiento ambiental diferente a países en comparación, por esta razón técnicas que se deseen poner como ejemplo a seguir no funcionarían.

Históricamente Colombia ha pasado por daños ambientales graves e irreversibles; así como el desastre provocado por la empresa Ecopetrol en el corregimiento La Fortuna en Barrancabermeja, Santander, a causa del derramamiento de 550 barriles de petróleo, confirma una vez más el profundo daño social, económico y medioambiental ocasionado por la extracción de recursos del subsuelo. Según las investigaciones preliminares, 25 kilómetros del río Sogamoso están contaminados sumados a 49 cuerpos de agua. Al menos unos 2.500 animales murieron y 9 personas se encuentran con problemas de salud como consecuencia del derrame, sin contar los cientos de pescadores que se quedaron sin sustento. Lo más grave de todo es que según las proyecciones de los especialistas, el daño ambiental será reparado en 20 años (2038) pero, sin duda, quedarán secuelas permanentes. Este triste panorama muestra las catastróficas consecuencias de la sobreexplotación de minerales e hidrocarburos. Detrás de la evidente responsabilidad del Gobierno colombiano están las empresas norteamericanas y canadienses que buscan lucrarse a costa de la naturaleza y la vida misma. (Ortega, 2018)



Ilustración 1 Daño ambiental Barrancabermeja (Marzo 2018)

De igual forma, Estados Unidos que es país ejemplo para el mundo de la realización de esta técnica, también ha sufrido amplios daños ambientales a consecuencia de esta técnica, tanto así, La compañía Aruba Petroleum Inc. Fue multada por US \$2,9 millones de dólares a una familia en Decatur, Texas por daños a la salud en 2008

El fracking es una técnica que se está extendiendo, y en la cual Estados Unidos es líder mundial. Con el ánimo de dinamizar la economía y lograr la independencia energética de Medio Oriente, desde 2008 la técnica se ha extendido a distintos estados del país. De 2012 a 2013 se logró un crecimiento de la producción de crudo de 15.3 por ciento, superando las importaciones. Convertido en el primer productor, Estados Unidos busca estabilizar los precios y reactivar una economía que ha estado en crisis por varios años. El proyecto incluye disminuir la dependencia de las importaciones, fortalecer las relaciones comerciales con Canadá (como quedó demostrado con el nuevo oleoducto Keystone XL)³ y presionar por diversas vías a terceros países para que implanten el fracking como método de extracción (Ortega, 2018).

³ Es un proyecto energético propuesto por la empresa canadiense TransCanada, que pretende vincular la región de Alberta, en Canadá, con el estado estadounidense de Nebraska. (Sparrow, 2014)

Cómo ha sido mencionado anteriormente Estados Unidos es líder mundial en este tipo de explotación, sin embargo, para conocer mejor su historia, a continuación, se presenta una línea de tiempo de su desarrollo.

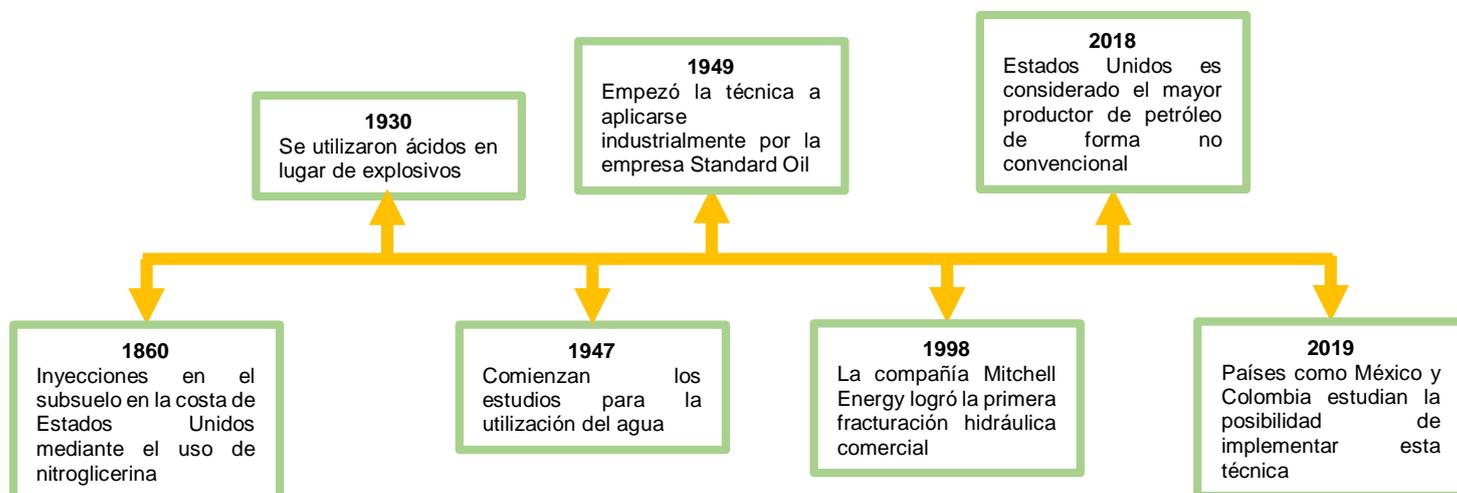


Ilustración 2 Línea de tiempo desarrollo fracking (Kiss, 2014-2019)

METODOLOGÍA

El desarrollo del presente trabajo se realizará examinando ítems como: la descripción teórica del proceso de fracking y todos los recursos usados en sus diferentes etapas, la investigación de la producción actual, histórica y proyectada de hidrocarburos, analizando su impacto en la economía actual de Colombia, a su vez, considerando si está o no disminuyendo las reservas de petróleo del país. La investigación de permisos otorgados por la Agencia Nacional de Hidrocarburos para la exploración y producción de hidrocarburos. Presentar la metodología para la medición del impacto ambiental causado por la explotación de hidrocarburos, y consultar la normatividad que se ha implementado para regular los yacimientos no convencionales en Colombia.

La investigación está dirigida a la población del país, pero especialmente se concentra analizando las consecuencias que trae esta nueva técnica de extracción en las zonas del Magdalena medio y Ranchería en el Cesar, debido a que son las poblaciones que están actualmente seleccionadas para realizar los proyectos pilotos. Además, analizar el efecto en las zonas mencionadas teniendo en cuenta diferentes externalidades que pueden influir en estas.

Finalmente, para la evaluación del costo ambiental y el impacto económico, se hará un análisis por medio del VPNs, la relación beneficio costo y la TIRs.

RESULTADOS

El petróleo es la fuente de energía más importante en la actualidad; además es materia prima en numerosos procesos de la industria química, lo cual hace que el petróleo sea un recurso esencial en la vida cotidiana de la humanidad, pero es evidente que dicho recurso se está agotando debido al incremento demográfico que demanda mayor energía no solo del sector industrial sino de la población en general. Dado lo anterior es necesario entender que han explotado

durante estos años los países productores de petróleo y lo que se va a explotar con la técnica del fracking, es necesario aclarar que, las diferencias no radican ni en su génesis ni en su composición, sino exclusivamente en las rocas en las que se encuentran y en la forma de extraerlos.

Hidrocarburo convencional: Los hidrocarburos convencionales son los que se encuentran albergados en una roca almacén o reservorio porosa y permeable, de la que son capaces de fluir hasta la superficie cuando se perfora dicho reservorio. Esta “facilidad” en su extracción es la causa por la que, hasta la fecha, la explotación de hidrocarburos ha estado focalizada casi exclusivamente en estos hidrocarburos convencionales., pero ya que este se está agotando se ha estudiado la opción de explotar hidrocarburos no convencionales (porter, 2013).

Hidrocarburo No convencional: los hidrocarburos no convencionales serán aquellos que no cumplan los requisitos con los que se han caracterizado los hidrocarburos convencionales con lo cual son petróleo y gas natural que pese a que se encuentran en grandes cantidades en la naturaleza, debido a su localización, tipo de yacimiento y características físicas, no pueden ser explotados económicamente con las tecnologías de extracción tradicionales, sino que necesitan de procedimientos especiales para su recuperación (garcia & garces, 2012).

La diferencia de estos dos radica en su permeabilidad como se ilustra en la imagen (1).

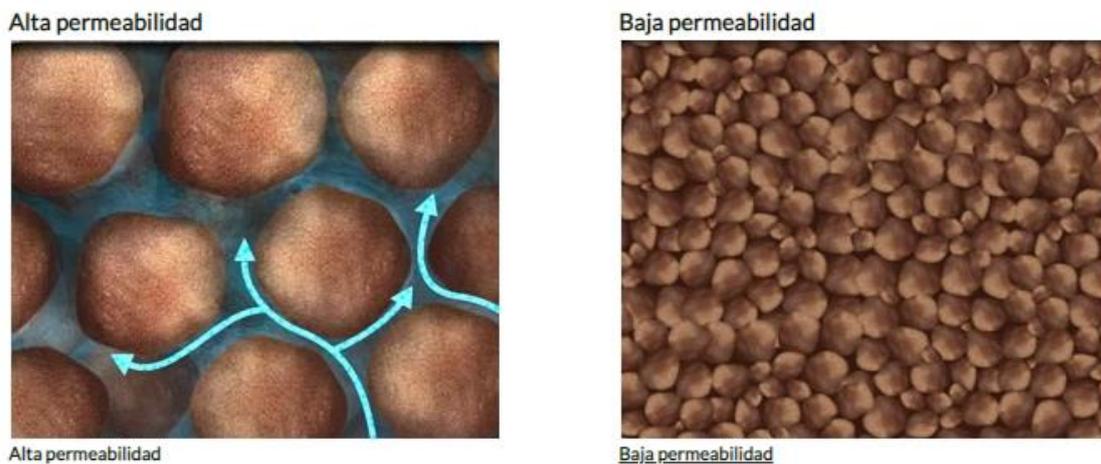


Imagen 1 Alta y baja permeabilidad (Shale en Argentina)

Dada esta diferencia es necesario hacer uso de tecnologías diferentes para su explotación, como el gas y el petróleo se encuentran distribuidos en millones de poros microscópicos que, a diferencia de los reservorios convencionales, no están interconectados entre sí y, por lo tanto, no pueden desplazarse por el interior de la formación, es necesario generar artificialmente vías para que puedan fluir hacia el pozo; para eso se utiliza una técnica denominada estimulación hidráulica, fractura hidráulica o fracking, en inglés (Instituto argentino del petróleo y del gas).

Dado lo anterior, la diferencia de permeabilidad también se da por la profundidad en la que se encuentran almacenados, ya que los yacimientos no convencionales se encuentran a profundidades mayores que los yacimientos convencionales, esto también implica que el método de perforación cambie pues como se mencionó la profundidad es mucho mayor y para generar que los hidrocarburos salgan es necesario emplear métodos de perforación diferentes como se muestran a continuación en la imagen (2).

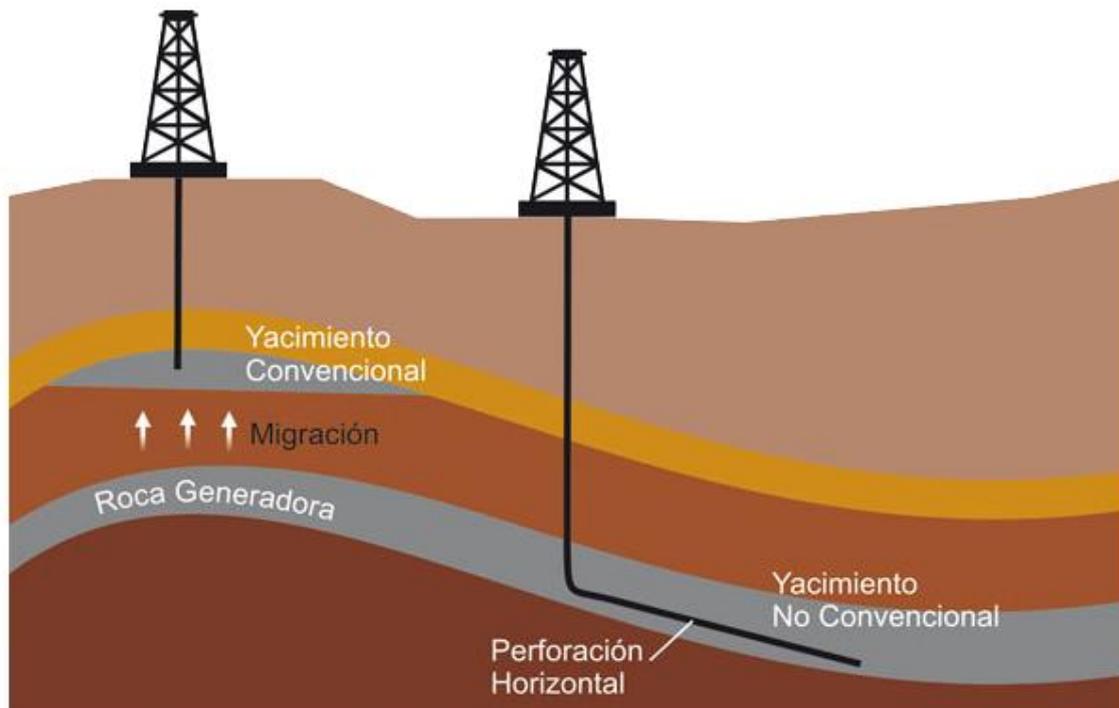


Imagen 2 Diferencia en la perforación de pozos Convencionales y No convencionales (Shale en Argentina)

La fracturación hidráulica, fractura hidráulica o estimulación hidráulica (conocida comúnmente como fracking) es una técnica de perforación horizontal para posibilitar la extracción del gas y petróleo que se encuentran atrapados en los poros de formaciones rocosas poco permeables, conocidas como lutitas, situadas en el subsuelo, en general, a profundidades de entre mil quinientos y tres mil metros.

Su objetivo es fracturar las rocas para liberar el gas y el petróleo encerrados en su interior para aumentar la producción o, incluso, recuperar reservas de las que ya no se podía extraer hidrocarburos. Para extraer los hidrocarburos es necesario perforar cientos de pozos en amplias extensiones e inyectarles millones de litros de agua conteniendo una mezcla de sustancias, muchas de ellas tóxicas.

Las operaciones de fracking comienzan con el armado de la locación, el cuidado del medio ambiente y las diferentes regulaciones que deben cumplir estas instalaciones, luego se empieza con la perforación del pozo con ayuda de un trepano el cual actúa como una excavadora la cual se encarga de abrir el conducto donde se encontrara la tubería por donde se inyectara el agua con los

diferentes aditivos y posteriormente por esta misma saldrá el gas y el petróleo; antes de seguir con el procedimiento debemos entender la composición del líquido inyectado. [Ver \[Anexo 1\]](#)

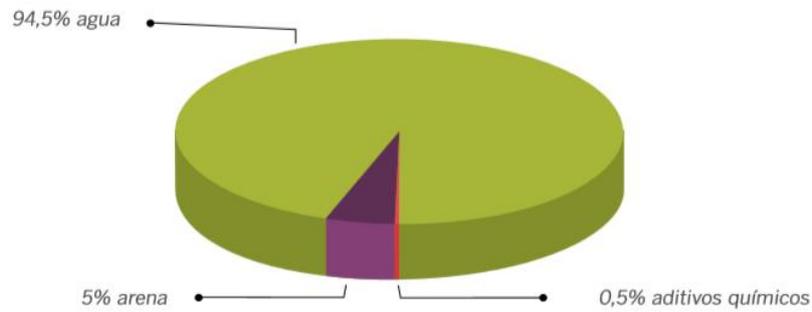


Imagen 3 Composición habitual del fluido

Una vez comprendido la composición del líquido es evidente que tiene muchos químicos que pueden afectar las fuentes hídricas subterráneas y la composición de los suelos afectando la flora adyacente a las excavaciones para lo cual se crea unas capas protectoras para que este líquido no se filtre a otros lugares no deseados, estas capas están formadas por tuberías de diferentes diámetros y capas de cemento como se muestra a continuación.

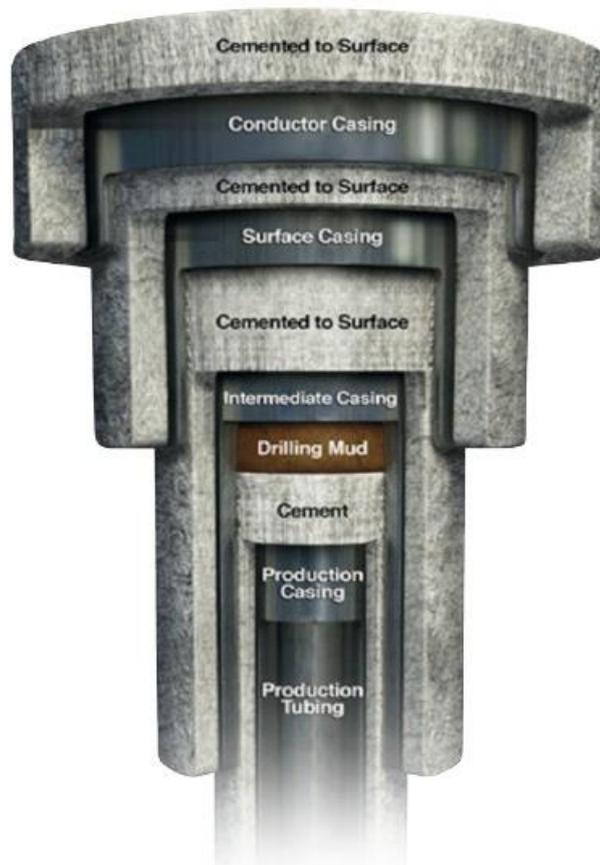


Imagen 4 Dispositivo para la protección de acuíferos y la composición natural de los suelos (Tierra y tecnología)

Este procedimiento solo se realiza en la parte vertical la profundidad es independiente en cada pozo ya que los acuíferos pueden encontrarse a diferentes profundidades, luego de esto se debe seguir hasta llegar a la capa deseada y se procede a excavar de manera horizontal terminando el proceso creando aberturas en la tubería horizontal para que el líquido inyectado se filtre en la roca generadora para permitir el paso del petróleo y el gas; llegado a este punto se debe colocar un sistema de monitoreo sísmico en tiempo real como se muestra en la imagen (5).

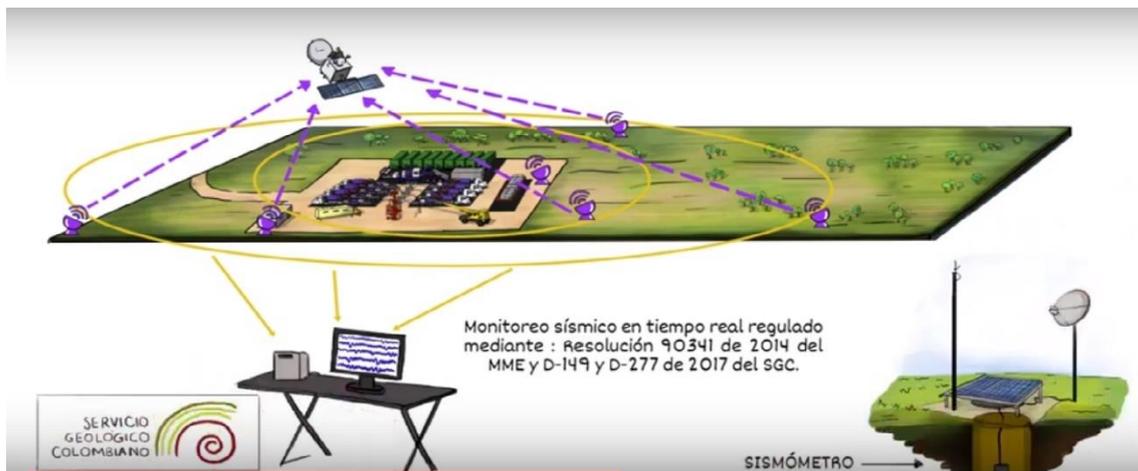


Imagen 5 Monitoreo sísmico en pozos no convencionales (servicio geológico colombiano)

Una vez creadas las fisuras en la roca generadora se retorna una parte del líquido inyectado la cual puede ser hasta el 50% del total suministrado, este líquido debe ser procesado y debidamente almacenada ya que se puede reutilizar en otros proyectos de fracking para esto se debe contar con instalaciones para eliminar o tratar los desechos líquidos tóxicos generados por el fracking; se debe aclarar que este proceso se realiza 1 sola vez por pozo en toda su vida útil ya que una vez perforado el petróleo y el gas emanan de forma natural mediante presión sin necesidad de utilizar más fluidos.

Después de garantizar la extracción de petróleo y gas no se requiere repetir ninguno de los procesos anteriores solo se debe contar con Las instalaciones adecuadas las cuales incluyen ductos, estaciones de compresión, deshidratadoras, plantas procesadoras, tanques de ferrocarril, quemadores y depósitos de almacenamiento.

Para concretar la descripción del proceso que se realiza en el método fracking se presenta un resumen en la imagen (6) de los pasos que se requieren para dar funcionamiento a un yacimiento no convencional de petróleo y gas.

‘Fracking’ paso a paso

Esta técnica se utiliza para liberar los hidrocarburos de las rocas de baja permeabilidad en los que están atrapados. Se usa especialmente en los yacimientos no convencionales. Si el país pudiera contar con este potencial, tendría reservas petroleras para 14 años. Así se hace.

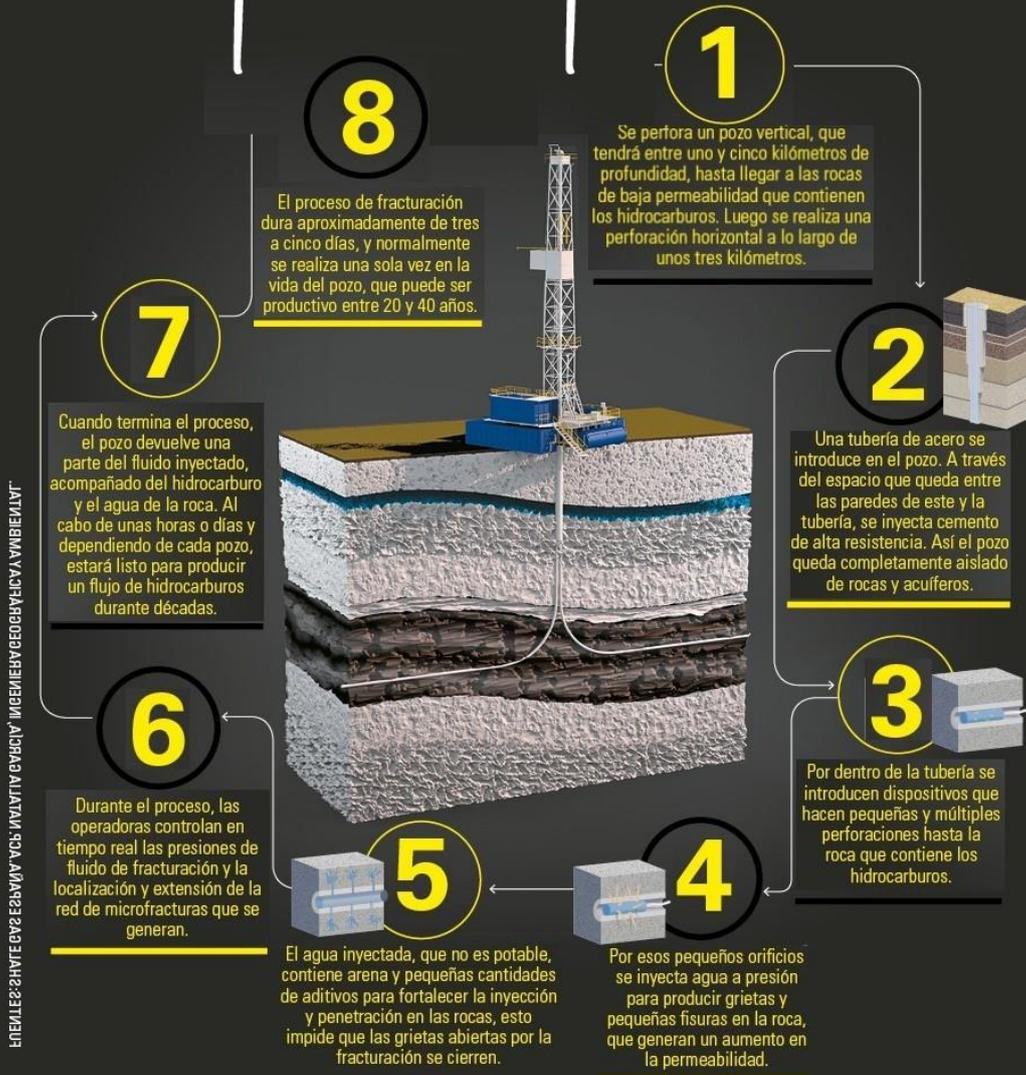


Imagen 6 Resumen paso a paso procedimiento para realizar fracking (shale gas España)

1. Producción histórica de hidrocarburos en Colombia.

La producción de petróleo de Colombia ha estado disminuyendo en los últimos 5 años como se puede ver en el siguiente grafico obtenido con datos de la Agencia nacional de hidrocarburos la cual entre sus funciones están:

- Diseñar, promover, negociar, celebrar y administrar los contratos y convenios de exploración y explotación de hidrocarburos de propiedad de la Nación, con excepción de los contratos de asociación que celebró Ecopetrol hasta el 31 de diciembre de 2003, así como hacer el seguimiento al cumplimiento de todas las obligaciones previstas en los mismos.
- Fijar los precios de los hidrocarburos para efectos de la liquidación de regalías.
- Fijar los volúmenes de producción de petróleo de concesión que los explotadores deben vender para la refinación interna.
- Fijar los precios de exportación de petróleo crudo para efectos fiscales y cambiarios.

Estos son algunos de los puntos que están dentro de las funciones de la ANH, con lo cual para el control de algunas de estas medidas esta agencia lleva un registro de la producción de petróleo y gas en todo el país teniendo en cuenta todos los proyectos que se desarrollan en Colombia sin importar la empresa desarrolladora de estos proyectos.

La medición de la producción fiscalizada de hidrocarburos es un proceso que consiste en medir y determinar los volúmenes de petróleo, gas natural y condensados en los puntos de fiscalización de las empresas contratistas que operan en los diferentes lotes petroleros en nuestro país, de acuerdo con procedimientos basados en los Estándares Internacionales del API, ASTM, AGA.

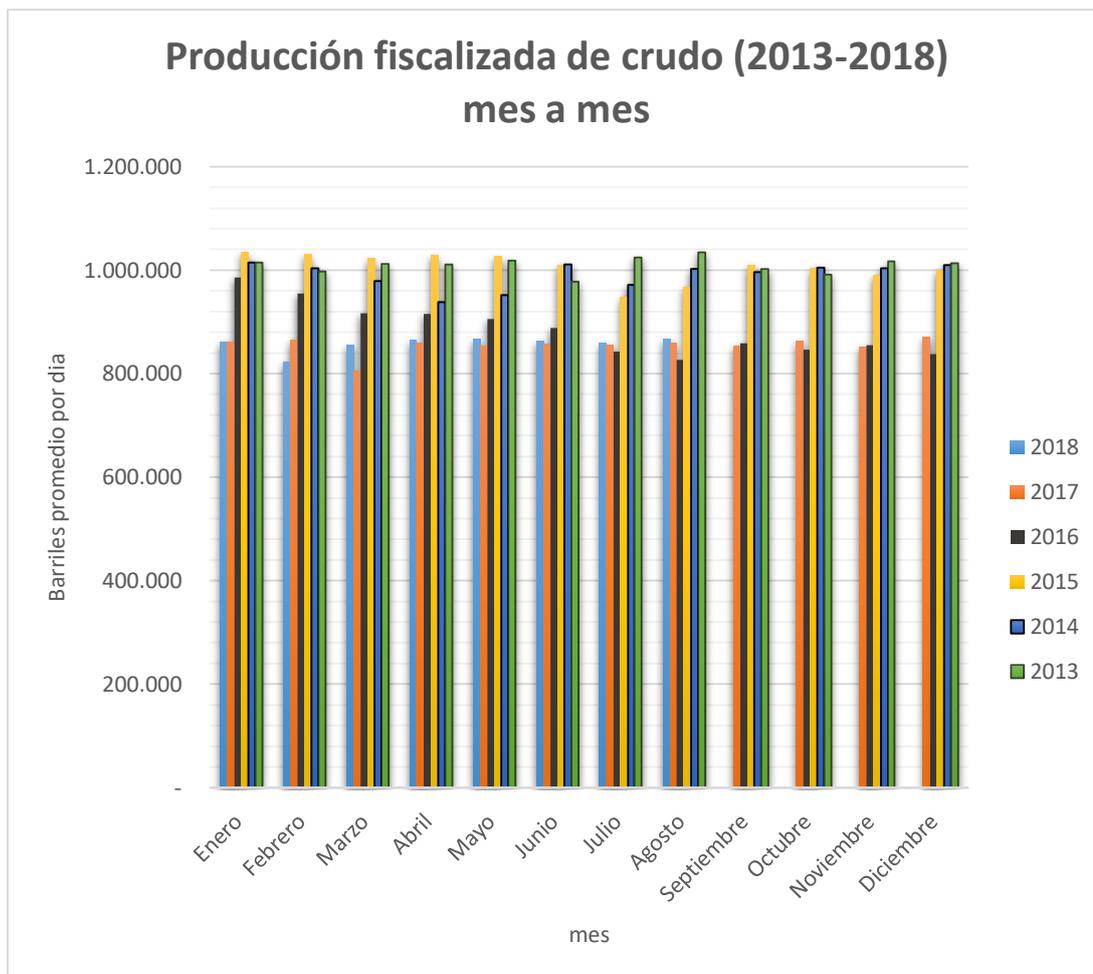


Diagrama 1 Comparación producción fiscalizada de crudo 2013-2018 (ANH)

Los datos de la producción de gas están presentados en diferentes unidades de medición y no se especifica si se puede realizar una conversión directa de unidades simple, por lo cual no es posible realizar la comparación de los históricos presentados por la ANH, las medidas de medición usadas hasta el año 2018 son:

- 2013: MILES DE PIES CÚBICOS POR DÍA – KPCD
- 2014: Millones de pies cúbicos día calendario-MPCDC
- 2015: KPC
- 2016: MILLONES DE PIES CÚBICOS POR DIA CALENDARIO – MPCPDC
- 2017: MILLONES DE PIES CÚBICOS POR DIA CALENDARIO – MPCPDC

Actualmente Colombia exporta petróleo a 4 continentes los cuales son América del norte, Europa, Asia y América del sur distribuidos de la siguiente manera:

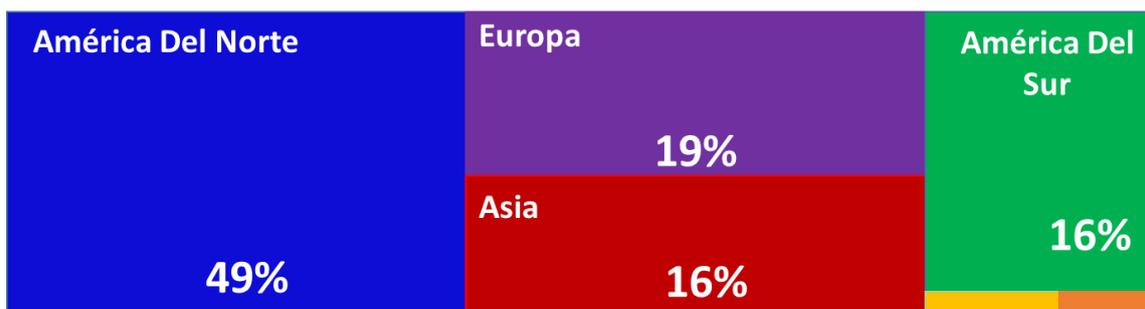


Ilustración 3 Distribución de las exportaciones de petróleo de Colombia (The observatory of economic complexity)

Dentro de estos 4 continentes hay varios países, pero los 3 más representativos son Estados Unidos, Panamá y China; la distribución se muestra a continuación:

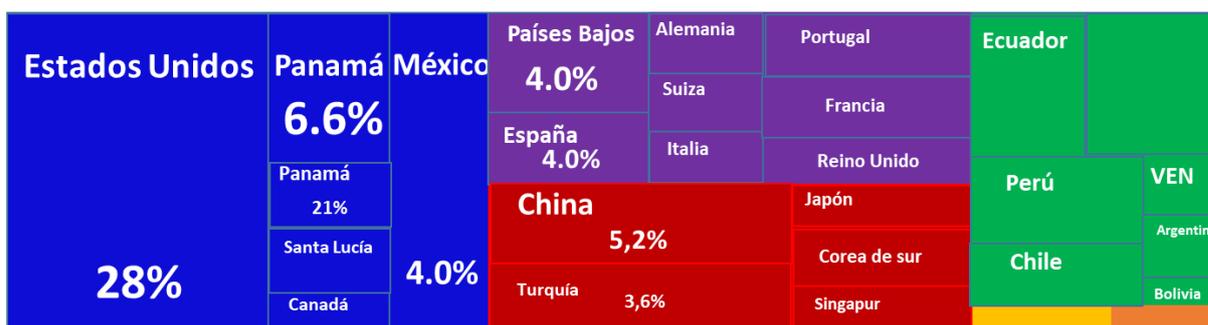


Ilustración 4 Distribución por países de la exportación petrolera de Colombia (The observatory of economic complexity)

Para el año 2018 Colombia exporto a los Estados Unidos solo en el mes de febrero 426.000 barriles diarios (Redaccion Economia, 2018) teniendo en cuenta que según los datos de la ANH para este mes se produjeron 823.330 barriles diarios, la sola exportación de petróleo a Estados Unidos representa más del 50% de la producción actual de petróleo, lo que serviría como base para afirmar que la producción actual de Colombia no es suficiente para seguir abasteciendo sus reservas; las cuales han tenido una tendencia a la baja durante los últimos años como lo muestran los datos históricos dados por la ANH como se muestra a continuación:

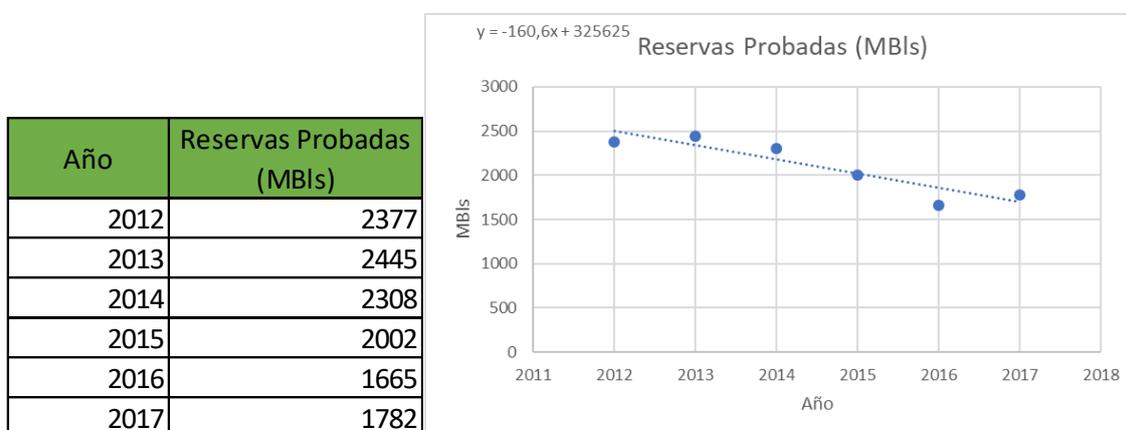


Ilustración 5 Histórico de reservas probadas de petróleo en Colombia (ANH)

Esta disminución en las reservas de petróleo ha sido una de las problemáticas que han venido señalando los ministros de Minas y energías desde hace más de

7 años atrás, pero el primero que dio una proyección de cuánto podría llegar a producir Colombia mediante esta técnica fue el exministro Tomas Gonzales Estrada; que desempeñó el cargo desde el año 2014 hasta el año 2016, el exministro Tomas Gonzales ha sido el único que ha dicho una proyección oficial de lo que se esperaba llegar a extraer con ayuda de la técnica fracking, la proyección que tenía el entonces ministro Tomas Gonzales era de 1,1 millones de bpd con yacimientos no convencionales (Portafolio.co ; Reuters).

Esta proyección se dio con base a los proyectos ya adjudicados para la exploración y producción de yacimientos no convencionales desde el 2012 y unos más dados en el 2014 de la siguiente manera: [Ver \[Anexo 2\]](#)

2. NORMATIVIDAD EN COLOMBIA SOBRE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

2.1. Aspecto contractual:

La ANH expidió el acuerdo 03 de marzo 2014 – Reglamento de Contratación para la exploración y explotación de YNC y el Anexo 4 de los Términos de Referencia de la Ronda Colombia 2012.

Este documento establece los requisitos contractuales, la experticia técnica y financiera de las empresas, y las obligaciones de inversión y las garantías correspondientes. Con estas obligaciones, el estado espera que solo empresas de alta capacidad técnica y financiera, y con una comprobada experiencia, pudieran operar este tipo de yacimientos. (Agencia nacional de hidrocarburos, 2014)

2.2. 2.2 Aspecto técnico:

El Ministerio de Minas y Energía, expidió el decreto 3004 de 2013. Se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales. Así mismo, con la Resolución 90341 de 2014, donde se expide el Reglamento técnico de requerimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en Yacimientos No Convencionales. (Ministerio de minas y energias, 2013)

2.3. 2.3 Aspecto geológico:

El Servicio Geológico Colombiano mediante la Res. D-149 de 2017- Por la cual se determinan las especificaciones del monitoreo de sismicidad cerca de los pozos de exploración y/o producción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, estableció las obligaciones de instalación de equipos y monitoreo permanente para prevenir y evitar cualquier evento de sismicidad que pudiera relacionarse con el establecimiento de las empresas y las operaciones de YNC en zonas con potencial riesgo de micro-sismicidad. (Servicio geologico colombiano, 2017)

2.4. 2.4 Aspecto ambiental:

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales mediante la Res. 421 de 2014 – Por la cual se adoptan los Términos de Referencia y Requerimientos Adicionales para el Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Actividad de Exploración de Hidrocarburos en Yacimientos no Convencionales, establecen los requisitos para los análisis ambientales, así como las obligaciones para prevenir y mitigar los impactos en la fase exploratoria, a través de los Planes de Manejo correspondientes . (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014)

En esta resolución se presenta una herramienta para el análisis de servicio eco sistémico que a su vez ayuda a identificar a que factores se les podría causar un impacto ambiental. [Ver \[Anexo 3\]](#)

Para esta misma finalidad Ecopetrol emplea otra tabla, la cual su principal funcionalidad es básicamente la misma propuesta por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible; el formato desarrollado por Ecopetrol es el siguiente: [Ver \[Anexo 4\]](#)

3. IMPACTOS AMBIENTALES

Uno de los puntos más preocupantes de la aprobación o no de la implementación de fracking para la extracción no convencional de hidrocarburos son los impactos ambientales que produce esta técnica, puesto que hay cada vez más pruebas de que las regulaciones simplemente no pueden evitar el daño. Los estudios muestran que el desarrollo de esta práctica puede generar contaminación de aire con carcinógenos u otras sustancias tóxicas y una variedad de estresores ambientales y de otro tipo sobre las comunidades. Simplemente, algunas de las muchas partes que integran el fracking, incluyendo el entorno geológico subterráneo, no pueden controlarse.

Para dar una idea de los impactos que puede llegar a causar la fracturación hidráulica nos basaremos en el Compendio de Hallazgos Científicos, Médicos y de Medios de Comunicación que Demuestran los Riesgos y Daños del Fracking (Compendium of Scientific, Medical, and Media Findings Demonstrating Risks and Harms of Fracking) (6 edición, 2019).

3.1. Contaminación del agua potable.

La evaluación de los impactos de fracking en los recursos hídricos realizado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) confirmó algunos casos específicos de contaminación del agua causada por el fracking e identificó varias rutas a través de las cuales ocurre esta contaminación. Algunos de los casos de contaminación del agua se deben a:

- Derrames de fluido y aguas residuales del fracking
- Descargas de agua de desecho del fracking en ríos y corrientes de agua
- Migración subterránea de sustancias asociadas con el fracking, incluyendo el gas, hacia pozos de agua de consumo

En el caso de contaminación de acuíferos de agua potable ya se tienen casos demostrados de contaminación como lo son:

- Texas-Barnett Shale; 19 contaminantes relacionados con el fracking, incluyendo el cancerígeno benceno, lo que comprobó la contaminación generalizada del agua
- Pensilvania, en los pozos de agua de consumo cercanos a operaciones de perforación y fracking se encontró un disolvente presente en el fluido del fracking.
- California, los funcionarios estatales responsables de la regulación aceptaron que habían permitido erróneamente que las compañías petroleras inyectaran aguas residuales de la perforación en acuíferos de agua potable limpia.

Esto demuestra que para aceptar la implementación del fracking en Colombia se deben realizar todos los estudios necesarios para evitar que esta práctica contamine los acuíferos. Según el último ejemplo de contaminación mencionado anteriormente, es uno de los más preocupantes para el caso colombiano ya que nuestro país no cuenta con la debida reglamentación para poder controlar esta práctica y el control gubernamental en el sector petrolero es muy bajo, pues con las practicas convencionales ya se ha visto que los entes de regulación no actúan de manera eficiente.

3.2. Problemas de salud pública asociados con la perforación y el fracking

Diferentes estudios han demostrado que los residentes de zonas cercanas a operaciones de perforación y fracking tienen un aumento en problemas de salud como lo son:

- Altas tasas de hospitalización
- Problemas respiratorios
- Erupciones cutáneas
- Abuso de drogas
- Recién nacidos con bajo peso

Pero estos riesgos no son solo para los residentes de zonas cercanas también existe un riesgo de seguridad laboral que tiene que ser bien regulada puesto que las personas directamente involucradas en el proceso son las más propensas a desarrollar enfermedades o son las que tienen mayor riesgo de contraer problemas en su salud.

El National Institute for Occupational Safety and Health/NIOSH afirmó que los trabajadores de la industria de extracción de petróleo y gas se encuentran entre los que están en riesgo de desarrollar silicosis, una enfermedad pulmonar incurable causada por la exposición al polvo de sílice procedente de la arena de sílice que se usa ampliamente en las operaciones de fracking (PSR; Concerned health professionals of NY, 2019).

También está demostrado que la tasa de mortalidad de los trabajadores que están directamente implicados en el desarrollo de la técnica es hasta 7 veces mayor a los trabajadores de esta misma industria en pozos convencionales.

3.3. Sismicidad

Como se sabe la técnica del fracking rompe algunas de las capas subterráneas de roca lo cual debilita el subsuelo y crea en algunas ocasiones movimientos ligeros de las demás capas de suelo, pero hay evidencias que esta práctica genera sismos de hasta 3 grados de magnitud sísmica, como se demostró en Oklahoma donde la Supreme Court dictaminó por unanimidad, en junio del 2016, que los propietarios de viviendas pueden demandar a la industria de petróleo y gas por lesiones o daños en sus propiedades derivados de los temblores.

3.4. Contaminación al aire y aumento del calentamiento global

Las actividades de perforación y fracking son operaciones temporales, pero las estaciones de compresión son instalaciones semipermanentes que contaminan el aire 24 horas al día mientras haya gas fluyendo por el ducto.

Las emisiones diarias a partir de las estaciones de compresión son altamente contaminantes pues en estas no se tiene ningún control, por otra parte hay gases emergiendo del pozo de los cuales pueden ser incoloros e inodoro con lo cual se tiende a creer que estos pozos no están generando desechos al aire pero es todo lo contrario, pues se ha demostrado que la calidad del aire cerca de las estaciones de compresión es muy mala y llega a generar problemas graves en las personas cercanas a las zonas como cáncer de pulmón.

Se ha demostrado que las emisiones de metano el cual es un gas de efecto invernadero no se deben a fugas accidentales, sino que son pérdidas inherentes al diseño de la maquinaria o al uso operativo normal y, por lo tanto, que no es posible mitigar su emisión. También se ha demostrado que las emisiones generadas por esta práctica son hasta 50 veces mayores a las presupuestadas en la etapa de evaluación de los proyectos, posicionando a los pozos como los contribuyentes de hasta un 80% en el total de emisiones de gases de efecto invernadero en las zonas donde se encuentran ubicados.

4. ESTUDIO TÉCNICO

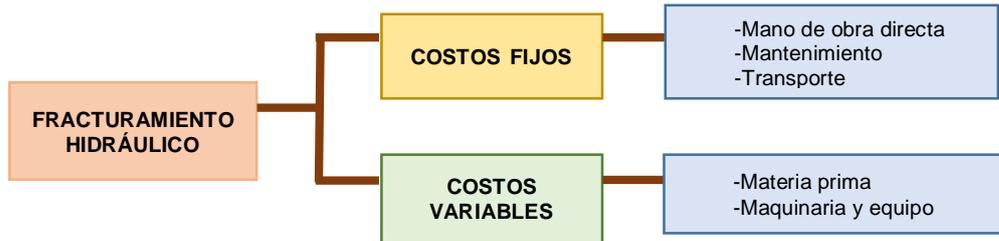


Ilustración 6 Costos asociados a la fracturamiento hidráulico, elaboración propia

Los costos variables presentes en la producción de hidrocarburos están relacionados directamente con la cantidad de unidades producidas, dentro de estos se encuentra el consumo de energía en cuanto más fluido se produzca se requiere de mayor consumo de energía en los procesos de operación de las bombas de los pozos para llevar el fluido hasta el centro de procesamiento, donde se hace la separación del crudo, gas, agua y sólidos.

Los costos relacionados con agua varían de igual forma, su transporte desde el centro de procesamiento de fluidos hasta el punto de inyección y la inyección de agua, relacionado también con la cantidad de barriles producidos. Dentro de la producción del crudo también es necesario la adición de químicos para la separación del agua y además a este se le deben agregar ciertos químicos para llevarlo a especificaciones de venta, estos químicos se consumen a una tasa determinada por cada galón del fluido.

A su vez el transporte del hidrocarburo bien sea por carro-tanques, oleoductos o gasoductos, según sea el caso, depende la tarifa unitaria por cada barril transportado.

Por otra parte, los costos fijos dependen de variables como la cantidad de pozos, el área del campo, instalaciones de superficie, entre otros.

Dentro de los costos fijos más relevantes se encuentra:

- ✓ Costos de personal: Personal de campo, alquiler de equipos, servicios industriales, materiales generales y de procesos, campamentos, etc.
- ✓ Costos de mantenimiento: Depende de la cantidad de los equipos y la dimensión de los campos.
- ✓ Costos de gestión social: Las contribuciones a las comunidades de la región donde se está ejecutando la explotación.
- ✓ Costos de gestión ambiental: Remediaciones, reforestaciones y la restauración de las áreas afectadas.

4.1. INGENIERÍA

Maquinaria y procesos

- Maquinaria y herramientas
 - ❖ Equipo de perforación, consiste en un sistema mecánico o electromecánico, compuesto por una torre, de veinte o treinta metros de altura, que soporta un aparejo diferencial los cuales conforman un instrumento que permite el movimiento de tuberías con sus respectivas herramientas, que es accionado por una transmisión energizada por motores a explosión o eléctricos. Este mismo conjunto impulsa simultánea o alternativamente una mesa de rotación que contiene al vástago (kelly), tope de la columna perforadora y transmisor del giro a la tubería.
 - ❖ Bombas
 - ❖ Tanques
 - ❖ Tuberías
 - ❖ Un sistema de seguridad que consiste en válvulas de cierre del pozo para su control u operaciones de rutina.
 - ❖ Generadores eléctricos de distinta capacidad según el tipo de equipo.
 - ❖ Trépano
 - ❖ Sarta de perforación
 - ❖ Portamechas (drill collars)
 - ❖ Tubos de acero de diámetro exterior casi similar al del trépano usado
 - ❖ Sistema de circulación
 - ❖ Planta de tratamiento de inyección
 - ❖ Zaranda
 - ❖ Desgasificador
 - ❖ Desarenador
 - ❖ Desarcillador
 - ❖ Centrifuga
 - ❖ Ciclones
 - ❖ Conos de limpieza
 - ❖ Removedores de fluido hidráulico / mecánico
 - ❖ Embudo de mezcla
 - ❖ Bombas centrifugas
 - ❖ Bombas de pistón
 - ❖ Sello hidráulico
 - ❖ Cuñas desviadoras
 - ❖ Packers inflables
 - ❖ Pistón con copas
 - ❖ Coiled tubing
 - ❖ Snubbing unit
 - ❖ Cabezales de tubería de revestimiento
 - ❖ Colgadores de tubería de revestimiento

- ❖ Cabezales de tubería de producción
- ❖ Colgadores de tubería de producción
- ❖ Válvula de contrapresión
- ❖ Adaptador
- ❖ Árbol de válvulas
- ❖ Brida de adaptadora del cabezal
- ❖ Válvulas de seguridad y de tormenta
- ❖ Conexión del árbol de válvulas
- ❖ Estranguladores.

- Instalaciones de preparación de petróleo para los yacimientos convencionales y no convencionales

Permite garantizar la capacidad de producción del petróleo crudo según el pedido, además la instalación garantiza la ejecución de las siguientes operaciones:

- ✓ Cálculo técnico de las mezclas de petróleo y gas que llegan a la instalación
 - ✓ Separación de la mezcla de petróleo y gas en sus fases: petróleo, gas, agua
 - ✓ Separación secundaria de la emulsión hidro-petrolífera en sus fases: petróleo, agua
 - ✓ Depurado y secado parcial del gas liberado durante la separación primaria
 - ✓ Depurado y nuevo bombeo al estrato del agua liberado
 - ✓ Deshidratación y desalinización del petróleo
 - ✓ Calculo comercial del petróleo deshidratado y desalinizado
- Instalaciones de tipo modular para el mantenimiento de la presión del estrato

Los sistemas de mantenimiento de la presión garantizan el aumento del líquido del estrato y el transporte del líquido por los conductos, la actuación sobre el estrato con el método de aumento de la presión, el bombeo puntual de líquido al estrato y la reutilización de las aguas servidas, permitiendo, mantener el funcionamiento de la bomba en un modo óptimo y efectuar una desconexión de emergencia al alcanzar niveles críticos en los parámetros

- Instalaciones de desalinización del petróleo

Al extraer petróleo es inevitable la presencia de un acompañante, el agua del estrato (desde 1 hasta el 80–90% de la masa) la cual dispersa en el petróleo crea junto a este una emulsión del tipo «agua en el petróleo» (fase de dispersión: petróleo, dispersor: agua). Su formación y estabilización es favorecida por los emulsionantes naturales presentes en el petróleo (asfaltenos, naftenos, resinas)

e impurezas mecánicas dispersas (partículas de arcillas, arenas, cales, metales) (GmbH, 2019)

La existencia en el petróleo de los elementos indicados y de las impurezas mecánicas ejerce una influencia negativa en el funcionamiento del equipamiento de las fábricas de refinado del petróleo:

- ✓ Cuando el contenido de agua es elevado aumenta la presión en los aparatos de la instalación de destilado del petróleo, se reduce su productividad y se eleva el consumo de energía
- ✓ La acumulación de sales en las tuberías de los hornos y de los intercambiadores térmicos requiere de una limpieza frecuente, reduce el coeficiente de transmisión térmica, provoca una fuerte corrosión (los cloruros de Ca y Mg se hidrolizan creando HCl); además, las sales y las impurezas mecánicas se acumulan en los productos petrolíferos residuales, como el fuelóleo y el alquitrán, empeorando su calidad

- Instalaciones compactas para la separación del petróleo

Durante la perforación de pozos, la reparación capital, el lavado y extracción del petróleo, en los extraídos puede contenerse petróleo y agua. Los componentes extraídos pueden encontrarse en estado puro o emulgente y estar presente en el producto en diversas proporciones, lo que dificulta en adelante la transformación del petróleo. La solución a este problema está en la continua separación del líquido bifásico con la ayuda de fuerzas centrífugas en dos flujos independientes uno del otro. La separación se efectuará con una centrífuga especial

- Perforadora industrial

Objetivo, subir y bajar el equipo de perforación

- Broca o trepano
- Polea móvil
- Rampa de tuberías
- Bomba de todos

QUÍMICOS USADOS PARA EL FRACKING:

El fluido empleado en la técnica de Fracturación hidráulica o Fracking es aproximadamente 99,55 agua y arena, mientras que el 0,5% restante se compone de aditivos. De acuerdo con un reciente informe de la EPA⁴ la concentración máxima de todos los aditivos era menos del uno por ciento y la concentración máxima de aditivos en el fluido en Fracking fue del 0,43% en masa.

4

EPA: Environmental Protection Agency, United States

Según un estudio de Michael Turman, co-fundador del laboratorio de Espectrometría de Masas del medio ambiente, en la Facultad de ingeniería de la Universidad de Colorado y Ciencias Aplicadas, dijo acerca del estudio:

“Hemos encontrado productos químicos en las muestras que la mayoría estamos poniendo en los desagües de nuestras casas” (Thurman, 2016)

Dado lo anteriormente mencionado, se hace un resumen de los productos químicos que se son considerados los más peligrosos para el medio ambiente y la vida animal y humana:

- **Metanol:**

Su función es proteger contra la congelación y corrosión en el pozo, según el estudio de la EPA, se utilizó metanol en 342 productos presentados a la Comisión de Energía y Comercio de Estados Unidos por su informe de 2011, por lo que es el producto químico más utilizado dentro de los que informan como “peligrosos”. Pero es esencial entender que el metanol se utiliza en cantidades muy pequeñas en el líquido usado en fracking, a menudo menos de 0,001% del volumen total, según el Instituto de metanol de Estado Unidos. Un estudio de este instituto en 2011 exploró varios escenarios hipotéticos en los que el metanol se utiliza en operaciones de fracking y que potencialmente podrían afectar el medio ambiente. En cada escenario examinado, las concentraciones de metanol fueron de órdenes de magnitud inferiores a los niveles de detección a base de metanol. Lo más revelador fue el resultado de un escenario hipotético de potencial liberación en el agua potable fue:



Ilustración 7. Galón de metanol utilizado en la industria

“Incluso en este escenario, utilizando las estimaciones más conservadoras, el informe concluye que la ingesta de metanol estimado sigue siendo 40 veces menos que la ingesta diaria de metanol a partir de fuentes comunes, como frutas y jugos”.

Los productos de uso diario como jabón, anticongelante, cera para muebles, líquido limpiaparabrisas, desodorante, plásticos, pinturas y adhesivos contienen metanol.

- **Los compuestos BTEX:**

Están conformados benceno, tolueno, xileno, y etilbenceno, se pueden encontrar en el champú, productos de plástico, tubos de PVC, WD-40, pinturas, gomas, resinas y limpiador automático. A pesar de que es un foco de muchos activistas, en el fluido usando



Ilustración 8 Elementos BTEX en la industria

en fracking no es una fuente común de compuestos. Según FracFocus⁵ 3.0, minúsculas cantidades de compuestos BTEX se encuentran en sólo el 1% de los más de 50.000 sitios de pozos en Estados Unidos, cuyos datos químicos se registran. Trazas de benceno y otros compuestos BTEX también se pueden encontrar en casi todos los productos imaginables modernos. La forma más común de exposición al benceno en los Estados Unidos proviene de fuentes móviles, como coches y camiones, sin embargo, en Colombia, Las personas se exponen al benceno principalmente por respirar aire que contiene la sustancia química. Los trabajadores en las industrias que producen o usan benceno podrían estar expuestos a los niveles más altos de la sustancia química, De manera similar, los límites en las cantidades permitidas de benceno en la gasolina han influido en la reducción de las exposiciones. El humo de cigarrillo de los fumadores habituales es otra fuente de exposición al benceno, y representa cerca de la mitad del total de la exposición de la población. (Prevencionar.com)

4.2. CONSUMO DE RECURSOS HÍDRICOS

Como se ha expuesto anteriormente uno de los elementos que inciden en el costo ambiental es el alto consumo de agua utilizado para la fracturación hidráulica, para el análisis de esto se toman en cuenta la cantidad total de litros consumidos de agua por barril de petróleo producido tanto con el método convencional como con el de fracking.

Para el caso del método convencional se tomaron los valores de barriles producidos en el 2018(ANH) (*Ilustración 5*) y sabiendo que en promedio se dispone de 3 barriles de agua (476,97 L) por cada barril de petróleo se tiene que en 2018 se emplearon 31.146.870 barriles de agua, equivalentes a 4.952.040.861 litros (*Ilustración 4*).

Con las proyecciones expuestas en el 2014 por el ex ministro Tomás González con una producción de 1,1 millones de barriles y asumiendo que esta sea la cantidad extraída mensualmente durante un periodo de un año, se obtiene que el agua utilizada para la extracción es de aproximadamente 396.000.000 barriles de agua, equivalentes a 62.960.040.000 litros (*Ilustración 4*).

⁵ Frac Focus, Chemical Disclosure Registry

De esta manera el incremento de la cantidad de agua utilizada para extracción con fracking sería del 92,134%.

PRODUCCIÓN PROMEDIO DE PETRÓLEO 2018	
MES	KBPD
ENERO	860.877
FEBRERO	823.330
MARZO	856.495
ABRIL	864.751
MAYO	865.994
JUNIO	863.746
JULIO	860.402
AGOSTO	866.480
SEPTIEMBRE	868.709
OCTUBRE	878.855
NOVIEMBRE	883.263
DICIEMBRE	889.388
PROM.2018	865.191
TOTAL 2018	10.382.290

CONSUMO DE AGUA	LITROS	BARRILES
Consumo convencional	4.952.040.861	31.146.870
Consumo YNC	62.960.040.000	396.000.000

Ilustración 9: Litros de agua consumida en YC y YNC

Ilustración 5: Barriles producidos en el año 2018 Colombia ANH

Ahora bien, según la OMS una persona en promedio consume 100 Litros de agua al día (, lo que en un año equivaldría a 36.500 litros. Es decir que con la cantidad de agua empleada en el fracking se podría abastecer a una población de 1.724.933 habitantes.

Una de las principales preocupaciones relacionadas con la implementación del fracking, es el consumo de agua requerido para la perforación de pozos, pues para realizarlo se necesita una cantidad mucho mayor a la utilizada con métodos convencionales, esta cantidad varía según las características propias de cada pozo, es decir, la profundidad y la distancia horizontal por recorrer. Sin embargo, se estima que el consumo de agua es alrededor de diez veces al consumo con perforación convencional.

Costos de los aditivos para la perforación

Componente	Precio	Unidad	Empresa
Hipoclorito de sodio	\$ 2,850.00	Litro	Colagraco SAS
Glutaraldehido	\$ 31,000.00	Litro	Garhox
Hidróxido de sodio	\$ 13,000.00	oz	Belle chemical
Ácido clorhídrico	\$ 24,622.77	Litro	Zeus
Carbonato de sodio	\$ 28,584.09	Kg	Zeus

Bicarbonato de sodio	\$ 8,395.86	Kg	Vadequimica
Ácido acético	\$ 7,174.64	Litro	Vadequimica
Cloruro de potasio	\$ 9,311.77	Kg	Vadequimica
Goma guar	\$ 30,300.00	kg	El molino verde
Sales de borato	\$ 7,785.25	Kg	Vadequimica
Enzima hemicelulosica			
Enzimas			
surfactantes	\$ 18,676.98	Kg	Lutensol

Tabla 1 Costos de aditivos elaboración propia

Costos de explotación

Para la evaluación de costos relacionados con la explotación de petróleo se tomaron estudios de Pacific Rubiales hechos en el 2015 en los que se realiza una proyección a 8 años de proyectos petroleros tomando como punto de partida el año 2015.

A partir de este se toman los costos evaluados para cada una de las etapas que componen el proyecto. [Ver \[Anexo 5\]](#)

Para la ejecución del proyecto se listan los costos de cada una de las etapas en la siguiente tabla:

ETAPA	ACTIVIDAD	COSTO
Pre operativa	Compra terrenos	\$ 859.250.000
Adecuación y construcción de la plataforma y vías de acceso	Carreteras	\$ 20.622.000.000
	Facilidades de campo	\$ 66.334.100.000
	Estación de bombeo y recibo	\$ 32.651.500.000
	Sistema de crudo	\$ 137.136.300.000
	Sistema de agua	\$ 126.825.300.000
	Sistemas auxiliares	\$ 158.789.400.000
	Pozo exploratorio	\$ 4.124.400.000
Perforación	Pozo desarrollo vertical	\$ 5.499.200.000
	Pozo desarrollo horizontal	\$ 6.186.600.000
	Pozo inyector	\$ 6.874.000.000
	Inyección	\$ 148.478.400.000
	Producción	\$ 66.334.100.000
	Energía eléctrica	\$ 19.590.900.000
Líneas de flujo	Óleoducto	\$ 149.853.200.000
	Tubería	\$ 116.858.000.000

Ilustración 10: Costos explotación de hidrocarburos tomado de Pacific Rubiales.

Costos ambientales

I. Estudio de impacto ambiental

A la hora de empezar un proyecto de explotación de hidrocarburos la empresa que lo ejecuta debe hacer un estudio de impacto ambiental y un plan de manejo ambiental.

En el estudio de impacto ambiental se presentan los siguientes costos tomados estudios de costos ambientales de la actividad petrolera de la ANH (Ziff energy group).

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	Valor
Coordinador de estudio	\$ 6.000.000
Coordinador ambiental	\$ 4.500.000
Ingeniero civil	\$ 4.500.000
Ingeniero forestal	\$ 4.500.000
Biólogo	\$ 4.500.000
Trabajador social	\$ 4.500.000
Auxiliares de campo	\$ 4.500.000
Materiales y equipos	\$ 4.300.000
Viáticos	\$ 10.200.000
Total antes de A.I.U e impuestos	\$ 47.500.000
20%	\$ 6.600.000
Total con A.I.U	\$ 54.100.000
Impuestos	\$ 5.896.900
Retención en la fuente	\$ 5.410.000
ICA	\$ 486.900
TOTAL	\$ 59.996.900

Ilustración 11: Costo estudio impacto ambiental. Tomado de ANH/ziff energy group.

II. Reforestación

Con el fin de reducir las emisiones de CO₂ se realizan proyectos de reforestación dentro del plan de desarrollo para la reducción de los impactos del cambio climático, empresas como Ecopetrol, Pacific Rubiales y diversas compañías del sector petrolero trabajan con fundaciones que forman parte de la Asociación de Fundaciones Petroleras preocupadas por la gestión ambiental.

Los costos de reforestación asociados a un área de 30 hectáreas, área aproximada utilizada en las zonas de estudio se presentan a continuación basandose en trabajo de estudio de la Universidad de La Salle (Miranda Reyes & Torres Rodríguez, 2010).

COSTOS DE REFORESTACIÓN		
	Costo por hectárea	Valor
Resiembra	\$ 175.200	\$ 175.200
Mantenimiento de la plantación	\$ 680.900	\$ 4.085.400
Hectáreas		30
TOTAL		\$ 127.818.000

4.3. LOCALIZACIÓN

Para el año 2019 se tienen nuevos contratos adjudicados a diferentes compañías para la exploración y explotación con esta práctica como se muestra en la imagen (7).

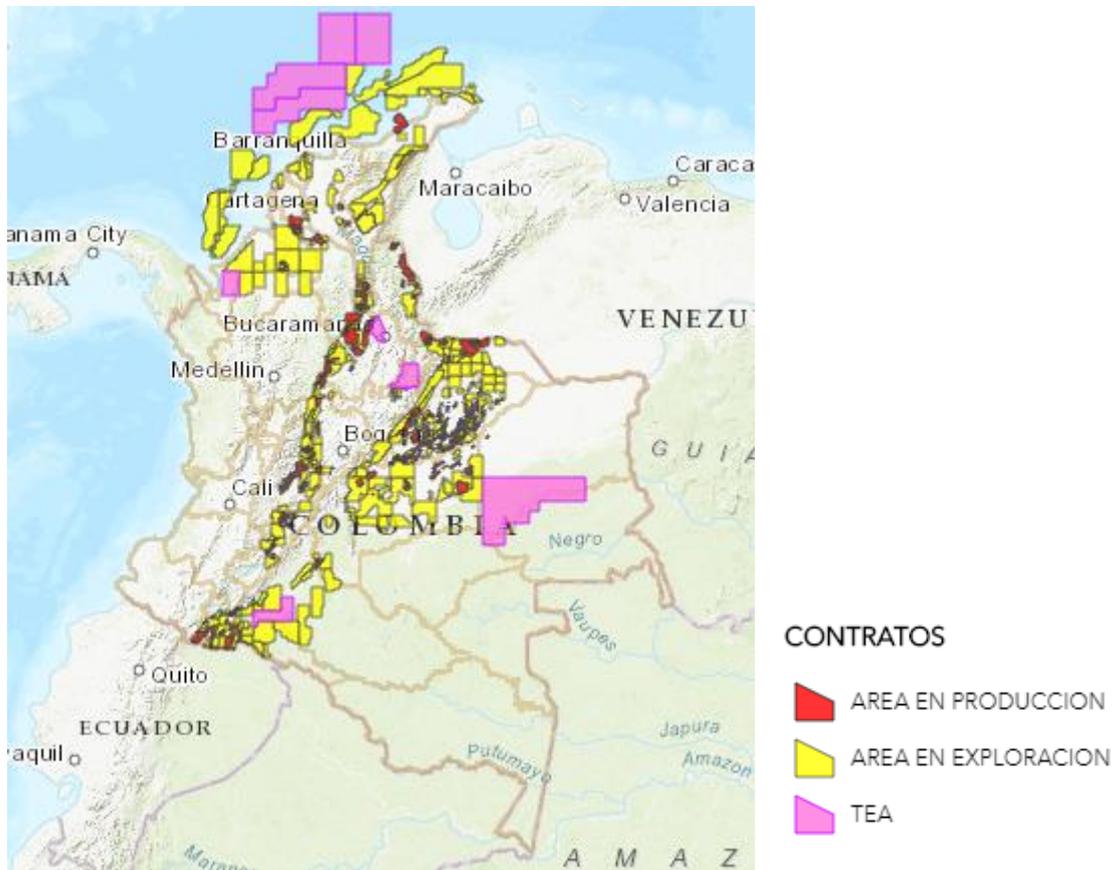


Imagen 7 Mapa de Colombia con los contratos de exploración y explotación para el año 2019 (ANH)

La distribución completa junto al listado de cada contrato, con su respectivo municipio, empresa adjudicada y tipo de contrato (Exploración y/o producción). Se encuentra en la herramienta [Hidrocarburos-PDET](#) realizada por la ANH, para el conocimiento público.

4.4. EXTERNALIDADES

Externalidades positivas	Externalidades negativas
Beneficios	Costos
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en el flujo de divisas • Creación de empleo directo e indirecto • Crecimiento económico de la región directa y aledañas • Aumento, mejoramiento y reparación de la malla vial • Educación • Mejoramiento de los servicios de salud • Vacunación • Bienes públicos • Incremento en la demanda de bienes de consumo • Aumento en el pie de fuerza pública 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto consumo de agua. • Contaminación al aire y aumento del calentamiento global. • Sismicidad. • Problemas de salud pública. • Contaminación del agua potable. • Desplazamiento de la población nativa. • Irrespeto de los derechos étnicos, culturales y ambientales. • Aumento de la tasa de prostitución en la zona. • Fuerte erosión y permeación cultural por presencia de población inmigrante. • Introducción de prácticas violentas en la resolución de conflictos (desapariciones, amenazas a líderes, asesinatos, cobros de impuestos ilegales por grupos al margen de la ley).

4.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

FLUJO DE CAJA NETO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingreso Operacional		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 350.476.068.927	\$ 385.523.675.819	\$ 424.076.043.401	\$ 466.483.647.741	\$ 513.132.012.515	\$ 564.445.213.767
Costos de Producción		\$ 832.613.250.000	\$ 666.090.600.000	\$ 532.872.480.000	\$ 426.297.984.000	\$ 234.403.400.000	\$ 234.403.400.000	\$ 234.403.400.000	\$ 234.403.400.000	\$ 234.403.400.000	\$ 234.403.400.000
Utilidad Bruta	\$ -	-\$ 832.613.250.000	-\$ 666.090.600.000	-\$ 532.872.480.000	-\$ 426.297.984.000	\$ 116.072.668.927	\$ 151.120.275.819	\$ 189.672.643.401	\$ 232.080.247.741	\$ 278.728.612.515	\$ 330.041.813.767
Gastos ambientales		\$ 187.814.900	\$ 189.693.049	\$ 191.589.979	\$ 193.505.879	\$ 195.440.938	\$ 197.395.347	\$ 199.369.301	\$ 201.362.994	\$ 203.376.624	\$ 205.410.390
Gastos de ventas		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortizaciones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad operacional UAI	\$ -	-\$ 832.801.064.900	-\$ 666.280.293.049	-\$ 533.064.069.979	-\$ 426.491.489.879	\$ 115.877.227.989	\$ 150.922.880.472	\$ 189.473.274.100	\$ 231.878.884.747	\$ 278.525.235.892	\$ 329.836.403.377
Ingresos No Operacionales	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gastos No Operacionales		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuestos UAI	\$ -	-\$ 832.801.064.900	-\$ 666.280.293.049	-\$ 533.064.069.979	-\$ 426.491.489.879	\$ 115.877.227.989	\$ 150.922.880.472	\$ 189.473.274.100	\$ 231.878.884.747	\$ 278.525.235.892	\$ 329.836.403.377
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 38.239.485.236	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad del ejercicio	\$ -	-\$ 832.801.064.900	-\$ 666.280.293.049	-\$ 533.064.069.979	-\$ 426.491.489.879	\$ 77.637.742.752	\$ 150.922.880.472	\$ 189.473.274.100	\$ 231.878.884.747	\$ 278.525.235.892	\$ 329.836.403.377
Depreciación		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortizaciones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ingresos por prestamos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión	\$ 1.067.016.650.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Servicios Deuda (Abono a capital)											
Flujo de caja neto	-\$ 1.067.016.650.000	-\$ 832.801.064.900	-\$ 666.280.293.049	-\$ 533.064.069.979	-\$ 426.491.489.879	\$ 77.637.742.752	\$ 150.922.880.472	\$ 189.473.274.100	\$ 231.878.884.747	\$ 278.525.235.892	\$ 329.836.403.377

TSD	12%
VPN	-\$ 2.485.697.593.309,22
TIRs	33%
RELACION BENEFICIO/COSTO	- 1,33

Ilustración 12 Flujo de caja neto e indicadores de evaluación. Elaboración propia

Para realizar la evaluación económica del proyecto de implementación del fracking en Colombia, se tuvieron en cuenta, los ingresos a partir del año 5 debido a que, durante el año 1 y el año 4 el proyecto se encuentra en período de exploración y no se obtiene algún ingreso, además cabe mencionar que se utilizó el coeficiente de factor de divisas de 1.18 para el incremento de cada ingreso año a año.

Finalmente la evaluación arrojó un valor presente neto negativo, lo que indica que la implementación del proyecto, desde el punto de vista ambiental, teniendo en cuenta sus costos para las regiones de explotación del crudo, no es viable, además, el indicador de relación beneficio costo también señala un valor negativo, queriendo decir, que por cada peso que se invierta en proyecto, se presentarán pérdidas por 33 centavos.

CONCLUSIONES

- Es evidente que las reservas de petróleo colombianas durante los últimos años han estado disminuyendo y que es necesario para Colombia no permitir que estas se agoten, ya que este producto es el principal de las exportaciones totales del país, lo cual demuestra que es necesario aumentar la producción diaria de barriles de petróleo.
- Se puede ver como uno de los puntos frágiles en el desarrollo de la técnica fracking en el país su regulación, ya que son muy incompletas o poco estrictas lo cual puede significar en que el medio ambiente esta desprotegido y esto puede ser un riesgo muy alto
- La técnica del fracking actual se ha desarrollado en pro de mitigar su impacto ambiental, considerando todas las medidas que se toman durante su proceso para mitigar el impacto que pueda causar el desarrollo de sus actividades.
- El fracking es una práctica que trae consigo riesgos ambientales inminentes, ya que se ha podido comprobar una afectación grave en la calidad y la disponibilidad del agua potable en países donde se desarrolla la técnica.
- Estados Unidos ha hecho sus leyes a la medida para las multinacionales con el fin de explotar los recursos de países pobres que, como el nuestro, no tienen políticos competentes para defender la soberanía, entendida como la protección y cuidado del territorio.
- Algunas de las externalidades positivas relacionadas con esta práctica son el desarrollo en infraestructura, debido a la gran inversión en bienes públicos y malla vial para facilidad de acceso a la zona de explotación, aumento en el flujo de divisas al ser un producto de exportación, el flujo en moneda extranjera tiene un incremento, crecimiento económico de la región y aledañas al generar empleos directos e indirectos y el aumento de comercio de bienes y servicios, educación, siendo parte de los planes de las compañías petroleras para el desarrollo de la región, así como el mejoramiento de los servicios de salud.
- Como parte de las externalidades negativas, el alto consumo de agua necesario para la inyección y perforación del pozo, contaminación del aire y del calentamiento global debido a los gases y sustancias tóxicas de fuga al ambiente, la sismicidad debido a la alta presión de agua ejercida sobre las rocas, los problemas de salud pública por enfermedades por la contaminación de fuentes hídricas y gases de escape, el desplazamiento de la población nativa por la presencia en terreno en zonas donde se realizará la explotación del crudo viéndose obligados a ser reubicados en nuevas zonas de reasentamiento, fuerte
- Finalmente teniendo en cuenta los indicadores de evaluación de proyectos, se obtiene un valor presente neto de cada flujo y una relación beneficio costo negativo, lo que indica que el proyecto no es viable, y si se llevara a cabo, en lugar de obtener alguna ganancia por cada peso invertido, se obtendrán pérdidas económicas.

REFERENCIAS

- ACP. (2018). *Yacimientos no convencionales: una oportunidad para Colombia*.
- Agencia nacional de hidrocarburos. (2014). Obtenido de <http://www.anh.gov.co/Paginas/inicio/defaultANH.aspx>
- ANH. (2008). *Las regalías en el sector de los hidrocarburos*. Bogotá.
- ANH. (2017). *Informe de gestión 2017*. Bogotá.
- Cons. (s.f.).
- DANE. (2018). *Boletín técnico de exportaciones*.
- DANE. (IV Trimestre 2018). *Boletín técnico del producto interno bruto (PIB)*.
- definición, C. (23 de Julio de 2019). *Concepto definición*. Obtenido de Kerosene: <https://conceptodefinicion.de/kerosene/>
- Ecologistas en acción. (21 de 3 de 2013). *Fracking: Un problema también para las aguas residuales*. Obtenido de ecologistas en acción: <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=25390>
- garcia, F., & garces, p. (2012). *Panorama General de los Hidrocarburos No convencionales*. organizacion latinoamericana de energia, Quito.
- GmbH, E. (2019). *Equipamiento para la extracción del petróleo*. Obtenido de <https://ence.ch/es/equipment/equipment-for-oil-and-gas-production/>
- Instituto argentino del petróleo y del gas. (s.f.). *Shale en Argentina*. Obtenido de <http://www.shaleenargentina.com.ar/hidrocarburos-no-convencionales>
- Kiss, S. A. (2014-2019). *sgk planet*. Obtenido de <https://sgerendask.com/es/cuando-se-utilizo-por-primera-vez-el-fracking/>
- La Vanguardia . (12 de 12 de 2017). *Historia y vida*. Obtenido de ¿Cómo se convirtió el petróleo en el combustible de la modernidad?: https://www.lavanguardia.com/historiayvida/la-historia-del-petroleo_11912_102.html
- Martínez, I. S. (2014). *Fracking*. Madrid: Catarata.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (4 de marzo de 2014). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>
- Ministerio de minas y energías. (2013). *Ministerio de minas y energías*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/normatividad?idNorma=47939>
- Miranda Reyes, A., & Torres Rodríguez, D. M. (2010). *Plan de reforestación de predios pertenecientes al municipio de Tenjo (Cundinamarca)*. Obtenido de Lasalle.edu.co: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/5219/T12.10%20M672p.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Muntó, R. M. (21 de Junio de 2015). *issu.com*. Obtenido de Evaluación económica de proyectos petroleros : https://issuu.com/cronprios/docs/af_completo_libro_de_proyectos_petr

orillas, L. 2. (s.f.). Esta es la historia detrás del fracking.

Ortega, R. B. (3 de 5 de 2018). *teleSUR*. Obtenido de <https://www.telesurtv.net/opinion/El-gran-dano-del-fracking-a-Colombia-20180503-0040.html>

Portafolio.co ; Reuters. (s.f.). *Pais minero*. Obtenido de <https://www.paisminero.co/component/tags/tag/barriles-de-petroleo>

porter, J. g. (11 de 2 de 2013). *Tierra y Tecnologia*. Obtenido de <https://www.icog.es/TyT/index.php/2013/02/hidrocarburos-no-convencionales-i/>

Prevencionar.com. (s.f.). Obtenido de <http://prevencionar.com.co/2017/07/18/el-cigarrillo-y-el-benceno/>

PSR; Concerned health professionals of NY. (19 de febrero de 2019). *Compendium of Scientific, Medical, and Media Findings*.

Redaccion Economia. (2018). Colombia ya exporta más petróleo a Estados Unidos que Venezuela. *El Espectador*.

Servicio geologico colombiano. (2017). *Servicio geologico colombiano*. Obtenido de <https://www2.sgc.gov.co/Nosotros/Normatividad/Paginas/Manualfunciones.aspx>

Sparrow, T. (23 de 4 de 2014). Por qué es tan polémico el oleoducto Keystone XL que unirá a EE.UU. y Canadá. *News Mundo*.

SPENA group. (4 de 12 de 2016). *Tratamiento de aguas residuales en la industria del petróleo*. Obtenido de SPENA group: <http://spenagroup.com/tag/petroleo/>

Thurman, M. (16 de 20 de 2016). *La verdad del Fracking*. Obtenido de <https://laverdaddelfrackingblog.wordpress.com/2016/09/20/los-quimicos-mas-temidos-del-fracking-se-encuentran-en-productos-para-el-hogar-parte-1/>

Ziff energy group. (Mayo de 2007). *Costos ambientales de la actividad petrolera* . Obtenido de <http://www.anh.gov.co/la-anh/Estudios%20ANH/2.%20Costos%20Ambientales%20de%20la%20Actividad%20Petrolera%20en%20Colombia%206-Jun-07.pdf>

TABLA DE ANEXOS

- [Anexo 1]

Tipo de sustancia	Función en la industria	Función en el hogar	Concentración en el hogar	Concentración en el fluido de fractura
Hipoclorito de sodio (lavandina)	Acondicionamiento del agua, control microbiano	Desinfectante, agente blanqueador, tratamiento del agua. Uso médico	0,1% a 20%	0,01% a 0,02%
Glutaraldehído	Control microbiano	Desinfectante. Producto utilizado para esterilizar equipamiento médico y odontológico		0,01%
Hidróxido de sodio (soda cáustica)	Ajuste de pH para el fluido de fractura	Preparación de alimentos, jabones, detergentes, blanqueadores dentales	0,1% a 5%	0,04% a 0,08%
Ácido clorhídrico (ácido muriático) (33%)	Disolver carbonatos, bajar el pH	Para destapar cañerías. Presente en el estómago		0,33%
Carbonato de sodio (natrón)	Ajuste de pH para el fluido de fractura	Limpiadores, lavavajillas, pasta de dientes, acuarios, cuidado del cabello	0,5% a 85%	0,0% a 0,025% (Muy raramente utilizado)
Bicarbonato de sodio	Ajuste de pH para el fluido de fractura	Polvo leudante, limpiadores, pasta de dientes, polvo de bebés, acuarios	1% a 100%	0,0% a 0,006% (Muy raramente utilizado)
Ácido acético (vinagre)	Estabilizador de hierro para la mezcla de ácido clorhídrico	Preparación de comidas, productos de limpieza	1% a 5%	0,003%
Cloruro de potasio	Control de la expansión de arcillas	Sal de mesa dietética, uso médico, suplemento para mascotas	0,5% a 40%	0,0% a 0,91%
Goma guar	Gelificante (polímero)	Cosméticos, productos horneados, helado, dulces, sustituto de trigo	0,5% a 20%	0,0% a 0,25%
Sales de Borato / ácido bórico	Para reticular el fluido de fractura	Cosméticos, spray para cabello, antiséptico, detergentes	0,1% a 5%	0,0% a 0,001%
Enzima hemi celulósica	Ruptor de gel. Rompe las cadenas poliméricas.	Aditivo de vinos, pasta de soja, procesos industriales de alimentos, aditivo de alimentos de granja	0,1% a 25%	0,0% a 0,0005%
Enzimas	Ruptor de gel. Rompe las cadenas poliméricas.	Detergentes, jabones para ropa, removedores de manchas, limpiadores, café instantáneo	Aprox. 0,1%	0,0% a 0,0005%
Surfactantes	Tensioactivos: Para reducir las tensiones superficiales y interfaciales	Detergentes, lavavajillas, champoo, gel de duchas	0,5% a 2,0%	0,02%
Sílica (arena)	Agente de sostén	Vidrio, limpiadores en polvo, artículos de artística	1% a 100%	4,0% a 6,0%
Resina acrílica	Agente de sostén (recubrimiento de granos de agente de sostén)	Desinfectante, colorante, empaque de alimentos	<0,01% a 2%	0,0% a 0,002% (no se usa siempre)

Tabla 2 composición detallada de químicos en la sustancia de penetración (El abecé de los hidrocarburos en reservorios no convencionales)

- **[Anexo 2]**

Ronda	Bloque	Contratista
Ronda Colombia 2012	COR 62	UNIÓN TEMPORAL ECOPEPETROL - EXXON MOBIL
	CAT 3	ECOPEPETROL
	VMM 5	ECOPEPETROL
	VMM 16	ECOPEPETROL
	VMM 29	UNION TEMPORAL ECOPEPETROL - EXXON MOBIL
Ronda Colombia 2014	VMM 09	PAREX RESOURCES
N/A	VMM 37	UNION TEMPORAL EXXONMOBIL – PATRIOT ENERGY

Tabla 3 Bloques adjudicados para la exploración y producción de yacimientos no convencionales (ANH)

- **[Anexo 3]**

Categoría de servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico	Impacto del proyecto (alto, medio o bajo)	Dependencia de las comunidades (alta, media baja)	Dependencia del proyecto (alta, media, baja)
Aprovisionamiento	Agua			
	Arena y roca			
	Madera			
	Fibras y resinas			
	Biomasa			
	Pesca y acuicultura			NA
	Ganadería			NA
	Agricultura			NA
	Otro servicio identificado (especificar)			
Regulación	Regulación de la erosión			
	Regulación del clima local/regional			
	Ecosistemas de purificación de agua (e.g. humedales)			
	Otro servicio identificado (especificar)			
Culturales	Recreación y turismo			NA
	Espirituales y religiosos			NA
	Otro servicio identificado (especificar)			

Tabla 4 Impactos y dependencia a servicios ecosistémicos (Res. No 0421 del 20149).

• [Anexo 4]

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA PERFORACIÓN DE UN POZO EXPLORATORIO															
ETAPA	ASPECTO	IMPACTO AMBIENTAL	M	E	T	Ex	Rs	R'	A	IAI	NIV. IMPORTAN	PROBABILI DAD	SIGNIFICANCIA (SAI)		
CONSTRUCCIÓN Y ADECUACIÓN DE LA VÍA DE ACCESO	Descapote y desmonte	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	2	1	3	2	2	16	Localizado	A	Baja		
		Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja		
		Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja		
	Cortes y excavaciones	Generación de procesos erosivos	3	3	2	2	3	2	2	17	Localizado	A	Baja		
		Modificación en la estabilidad del terreno	2	3	2	2	3	2	2	16	Localizado	A	Baja		
		Modificación de geoformas del terreno	2	3	2	2	3	2	2	16	Localizado	A	Baja		
	Construcción de obras necesarias (drenajes, alcantarillas, cunetas, etc)	Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	4	3	2	17	Localizado	A	Baja		
		Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	4	3	2	17	Localizado	A	Baja		
		Alteración de las aguas superficiales	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja		
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres	2	3	2	1	4	3	2	17	Localizado	A	Baja		
	Construcción de botaderos	Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
		Alteración de las aguas superficiales	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
		Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
	Movilización de maquinarias y equipos	Incrementos de niveles de ruido	1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja		
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna	1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja		
Pérdida de la capa orgánica del suelo		1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja			
Remoción de la cobertura vegetal natural		1	3	1	3	2	3	2	15	Menor	A	Baja			
CONSTRUCCIÓN DE LA LOCALACIÓN	Remoción de suelo y cobertura vegetal	Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja		
		Generación de procesos erosivos	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja		
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	2	3	2	1	3	2	2	15	Menor	A	Baja		
	Explanación, rellenos y terraplenes	Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja		
		Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja		
		Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja		
		Afectación a comunidades faunísticas terrestres	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja		
		Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	2	3	2	1	4	4	2	18	Localizado	A	Baja		
		CONSTRUCCIÓN DE LA LOCALACIÓN	Disposición de sobrantes	Alteración de las aguas superficiales	3	3	2	3	4	4	4	23	Mayor	B	Media
				Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media
Afectación a comunidades faunísticas terrestres	3			3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
Alteración de las propiedades del agua subterránea	3			3	3	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
Construcción del campamento, piscinas, campo de infiltración y pozo séptico	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo		4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
	Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna		4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
	Alteración de las propiedades del agua subterránea		4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
	Alteración de las propiedades del agua superficial		4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
	Presión sobre infraestructura bienes, insumos y servicios		4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
	Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos		4	3	2	3	4	4	4	24	Mayor	B	Media		
Movilización y montaje de maquinarias y equipos	Remoción de la cobertura vegetal natural	4	3	2	1	4	4	4	22	Mayor	B	Media			
	Perdidas de Habitats	4	3	2	1	4	4	4	22	Mayor	B	Media			
	Incrementos de niveles de ruido	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja			
	Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja			
	Pérdida de la capa orgánica del suelo	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja			
	Remoción de la cobertura vegetal natural	2	3	2	1	3	3	2	16	Localizado	A	Baja			

DESARROLLO DE LA OPERACIÓN DE PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL								LOCALIZACIÓN	CATEGORÍA DE IMPACTO	NIVEL DE IMPACTO
			1	2	3	4	5	6	7	8			
Perforación	Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja	
	Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja	
	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja	
	Alteración de la dinámica socioambiental	3	3	2	1	3	4	2	18	Localizado	A	Baja	
Disposición de corte de perforación	Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media	
	Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media	
	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media	
	Pérdida de la capa orgánica del suelo	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media	
	Remoción de la cobertura vegetal natural	3	3	3	2	4	4	2	21	Localizado	B	Media	
Residuos sólidos (empaques, bolsas, maderas)	Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
	Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
	Cambios en la percepción de los componentes paisajísticos	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
Residuos líquidos (agua, aceite, productos químicos)	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
	Alteración de las propiedades del agua subterránea	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
	Alteración de las propiedades del agua superficial	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
	Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	3	3	3	3	4	4	2	22	Mayor	B	Media	
demanda de agua para el campamento (uso doméstico) y la perforación (generación de	Cambio en la dinámica hídrica	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta	
	Cambio en la disponibilidad del recurso hídrico superficial	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta	
	Cambio en la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta	
	Cambio en el nivel freático	4	6	4	4	4	4	4	30	Masivo	D	Alta	

Tabla 5 Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental para la perforación de un pozo exploratorio tomado de Ecopetrol.

- [\[Anexo 5\]](#)

ETAPA	ACTIVIDADES
Pre operativa	Información a la comunidad
	Negociación de predios
Adecuación y construcción de la plataforma y vías de acceso	Movilización de maquinaria pesada
	Instalación y operación de campamentos
	Desmonte y descapote
	Corte y relleno
	Obras y excavación de zanjas
	Transporte y uso de material de construcción
	Estabilización de taludes
	Montaje de equipos
Perforación	Perforación
	Captación de agua
	Prueba de producción
	Manejo de residuos líquidos y sólidos
Líneas de flujo	Movilización de equipos y tubería
	Tendido, doblado y alineado
	Instalación
	Prueba hidrostática
Desmantelamiento, restauración y	Desmantelamiento de equipos
	Restauración de áreas afectadas

Ilustración 13: Etapas de explotación de hidrocarburos tomado de Pacific Rubia

