



Tecnológico UNIVERSITARIO
“RUMIÑAHUI”

CARRERA:
PETRÓLEOS

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
TECNOLÓGO SUPERIOR EN PETRÓLEOS**

TEMA:
CONTROL DE LA MIGRACIÓN DE FINOS EN EL BLOQUE 60, CAMPO SACHA
TRAVÉS DEL USO DE POLÍMERO, EN EL AÑO 2024.

AUTOR:
ISOLINA MÉNDEZ
RIDDER PINCAY
JACKSON RODRIGUEZ.

DIRECTORES:
ING. LUIS ALVAREZ

Sangolquí, Marzo, 2024

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 03 de noviembre de 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO

Presente

Por medio de la presente, yo, Méndez Reinoso Isolina Margarita, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, CONTROL DE LA MIGRACIÓN DE FINOS EN EL BLOQUE 60, CAMPO SACHA A TRAVÉS DEL USO DE POLÍMERO, EN EL AÑO 2024., de la Tecnología Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
ISOLINA MARGARITA
MENDEZ REINOSO

MÉNDEZ REINOSO ISOLINA MARGARITA
C.I.: 1500601271

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 01 de Octubre de 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, **PINCAY BERRUZ RIDER GERARDO**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado
**CONTROL DE LA MIGRACIÓN DE FINOS EN EL
BLOQUE 60, CAMPO SACHA A TRAVÉS DEL
USO DE POLÍMERO EN EL AÑO 2024**

de la Tecnología Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 03 de Noviembre del 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

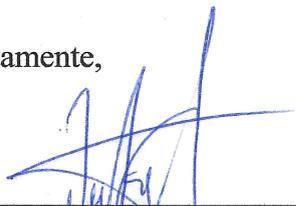
Presente

Por medio de la presente, yo, **Jackson Adrián Rodríguez Herrera**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, **CONTROL DE LA MIGRACIÓN DE FINOS EN EL BLOQUE 60, CAMPO SACHA TRAVÉS DEL USO DE POLÍMERO, EN EL AÑO 2024**, de la Tecnología Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



Jackson Adrián Rodríguez Herrera
C.I.: 0502690977

**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN
BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PETROLEOS

AUTOR /ES:

MÉNDEZ REINOSO ISOLINA MARGARITA.
PINCAY BERRUZ RIDER GERARDO.
RODRIGUEZ HERRERA JACKSON ADRIAN.

TUTOR:

ÁLVAREZ LAZO LUIS ALFREDO

CONTACTO ESTUDIANTE:

0992224323
0994012910
0967000751

CORREO ELECTRÓNICO:

isolina.mendez@ister.edu.ec
rider.pincay@ister.edu.ec
jackson.rodriquez@ister.edu.ec

TEMA:

CONTROL DE LA MIGRACIÓN DE FINOS EN EL BLOQUE 60, CAMPO SACHA
TRAVÉS DEL USO DE POLÍMERO, EN EL AÑO 2024.

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCION DEL
TITULO DE TECNOLOGO SUPERIOR EN PETROLEOS.

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero

Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628

 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

RESUMEN EN ESPAÑOL:

Este trabajo de investigación aborda la migración de finos en el Bloque 60 del campo Sacha, un problema que afecta la permeabilidad de las formaciones geológicas y reduce la eficiencia en la producción de hidrocarburos. El estudio se centra en evaluar la efectividad del uso de polímeros para estabilizar los finos y mejorar la productividad del yacimiento.

A través de la selección de polímeros, pruebas de laboratorio, y simulaciones numéricas, se determinó que polímeros como las poliacrilamidas y biopolímeros son efectivos para reducir la movilidad de los finos, formando una capa protectora que mejora la cohesión de las partículas. La implementación de un tratamiento piloto en campo confirmó

las predicciones, mostrando una mejora significativa en la permeabilidad y un aumento en la producción de hidrocarburos.

El estudio concluye que la inyección de polímeros es una solución viable para controlar la migración de finos en el campo Sacha, y se recomienda su aplicación en otros pozos con problemas similares. Además, se sugiere continuar investigando nuevos polímeros y optimizando los procesos de inyección para mejorar la eficiencia en la producción petrolera.

Palabras claves: petróleo; polímeros; hidrocarburos; sachá 60; finos; migración.

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 03 de noviembre del 2024

**Sres.-
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital "DsPace" de los estudiantes:
MÉNDEZ REINOSO ISOLINA MARGARITA. C.I. 1500601271, RODRIGUEZ HERRERA JACKSON ADRIAN. C.I: 2200270789, PINCAY BERRUZ RIDER GERARDO C.I: 2100455043 alumno de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN PETROLEOS

Atentamente,



Méndez Reinoso Isolina Margarita
C.I: 1500601271



Rodríguez Herrera Jackson Adrián
C.I: 2200270789



Pincay Berruz Rider Gerardo
C.I: 2100455043

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software "TURNITING" y cuenta con un porcentaje de 12 %, motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

Fecha del Informe ____ / ____ / ____

MATRIZ SANGOLQUÍ: Av. Atahualpa 1701 y 8 de Febrero
Telf: 0960052734 / 023524576 / 022331628
📞📞📞 www.ister.edu.ec / info@ister.edu.ec

Índice

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT:.....	7
CAPITULO I- INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Planteamiento del Problema.....	11
1.2 Justificación.....	11
1.3 Alcance.....	13
1.4 Objetivos General y Específicos.....	14
CAPITULO II- MARCO TEÓRICO.....	15
Migración de Finos: Causas y Consecuencias.....	15
Métodos Convencionales para el Control de Finos.....	17
Uso de Polímeros en el Control de Finos.....	19
Aplicaciones en el Campo Sacha.....	20
Desafíos y Perspectivas Futuras.....	21
CAPITULO III- METODOLOGÍA.....	23
Enfoque Metodológico.....	23
Diseño de la Investigación.....	23
Fase I: Caracterización de Finos y del Yacimiento.....	24
Fase II: Selección y Evaluación de Polímeros.....	24
Fase III: Implementación en Campo y Análisis de Resultados.....	25
Análisis de Datos.....	26
Consideraciones Éticas y de Sostenibilidad.....	26
Conclusiones Metodológicas.....	27
CAPITULO IV- PROPUESTA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO.....	28
Descripción del Proyecto.....	28
Fase I: Selección de Polímeros.....	28
Fase II: Pruebas de Laboratorio.....	29
Fase III: Diseño de la Estrategia de Inyección en Campo.....	29
Fase IV: Implementación en Campo.....	30
Fase V: Monitoreo y Análisis de Resultados.....	31
Recursos y Cronograma del Proyecto.....	31

CAPITULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
Conclusiones.....	33
Recomendaciones.....	34
BIBLIOGRAFIA.....	36
Anexos	38

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a nuestras familias quienes nos apoyaron y nos motivaron en todo el transcurso de la carrea.

A nuestros padres, por su amor incondicional y enseñarnos el valor de la disciplina, esfuerzo y perseverancia.

A todos aquellos que en el transcurso de esta carrera que hace 2 años decidimos emprender nos motivaron, nos alentaron y nos dieron su mano en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

La culminación de este trabajo al igual que la carrera no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de muchas personas a quienes quiero expresar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, deseo agradecer a mi director de tesis, por su guía, paciencia, y sabiduría a lo largo de este proceso. Su dedicación y compromiso fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a mis compañeros y colegas, quienes me brindaron su apoyo incondicional, compartiendo ideas y alentándome en los momentos complicados donde creí darme por vencido. Sus aportes fueron valiosos para la elaboración de esta investigación.

Un agradecimiento especial a mi familia, por su amor, comprensión, y por ser mi fuente de fortaleza en todo momento. Su apoyo emocional y motivación constante me ayudaron a seguir adelante durante este largo camino.

Finalmente, quiero agradecer a [nombre de la institución o empresa] por facilitarme el acceso a los recursos necesarios para la realización de esta tesis. También extendo mi gratitud a todos los profesores y mentores que me acompañaron durante mi formación académica, dejando una huella imborrable en mi vida.

Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto de muchas personas, a quienes estaré eternamente agradecido.

RESUMEN

Este trabajo de investigación aborda la migración de finos en el Bloque 60 del campo Sacha, un problema que afecta la permeabilidad de las formaciones geológicas y reduce la eficiencia en la producción de hidrocarburos. El estudio se centra en evaluar la efectividad del uso de polímeros para estabilizar los finos y mejorar la productividad del yacimiento.

A través de la selección de polímeros, pruebas de laboratorio, y simulaciones numéricas, se determinó que polímeros como las poliacrilamidas y biopolímeros son efectivos para reducir la movilidad de los finos, formando una capa protectora que mejora la cohesión de las partículas. La implementación de un tratamiento piloto en campo confirmó las predicciones, mostrando una mejora significativa en la permeabilidad y un aumento en la producción de hidrocarburos.

El estudio concluye que la inyección de polímeros es una solución viable para controlar la migración de finos en el campo Sacha, y se recomienda su aplicación en otros pozos con problemas similares. Además, se sugiere continuar investigando nuevos polímeros y optimizando los procesos de inyección para mejorar la eficiencia en la producción petrolera.

Palabras claves: petróleo; polímeros; hidrocarburos; sachá 60; finos; migración.

ABSTRACT:

This research work addresses the migration of fines in Block 60 of the Sacha field, a problem that affects the permeability of geological formations and reduces the efficiency of hydrocarbon production. The study focuses on evaluating the effectiveness of using polymers to stabilize fines and improve reservoir productivity.

Through the selection of polymers, laboratory tests, and numerical simulations, it was determined that polymers such as polyacrylamides and biopolymers are effective in reducing the mobility of fines, forming a protective layer that improves the cohesion of the particles. The implementation of a pilot treatment in the field confirmed the predictions, showing a significant improvement in permeability and an increase in hydrocarbon production.

The study concludes that polymer injection is a viable solution to control the migration of fines in the Sacha field, and its application is recommended in other wells with similar problems. In addition, it is suggested to continue researching new polymers and optimizing injection processes to improve efficiency in oil production.

Keywords: oil; polymers; hydrocarbons; sachu 60; fine; migration.

CAPITULO I- INTRODUCCIÓN

El campo Sacha, ubicado en la región amazónica de Ecuador, es uno de los yacimientos petroleros más importantes y productivos del país. A lo largo de los años, la explotación continua de este yacimiento ha revelado una serie de desafíos técnicos que afectan la eficiencia de la extracción de hidrocarburos. Uno de los problemas más significativos es la migración de finos, un fenómeno que, aunque común en yacimientos maduros, puede tener un impacto considerable en la productividad de los pozos. Este problema se caracteriza por el desplazamiento de pequeñas partículas minerales, conocidas como finos, dentro de la formación geológica, lo que puede llevar a la obstrucción de poros y la disminución de la permeabilidad del yacimiento (García & Pérez, 2021).

La migración de finos no solo representa un desafío técnico, sino que también tiene implicaciones económicas, ya que la reducción en la permeabilidad de la formación puede disminuir significativamente la producción de petróleo y gas, y en casos extremos, puede causar el abandono prematuro de pozos. Este fenómeno es particularmente relevante en el Bloque 60 del campo Sacha, donde se ha observado que la presencia de finos en la formación ha afectado negativamente la recuperación de hidrocarburos. La migración de finos puede ser exacerbada por diversas condiciones operativas, como cambios en la presión del yacimiento, la inyección de fluidos, y las fluctuaciones en la tasa de producción (Martínez & Pérez, 2020).

Históricamente, se han propuesto varias soluciones para mitigar la migración de finos, incluyendo el control de la velocidad de producción, la inyección de agentes químicos para estabilizar los finos, y el uso de técnicas de completación especiales. Sin embargo, estas soluciones a menudo presentan limitaciones en su eficacia o viabilidad económica. En este contexto, el uso de polímeros ha surgido como una alternativa prometedora para el control de la migración de finos en yacimientos de hidrocarburos. Los polímeros son materiales de alto peso molecular que, cuando se inyectan en el yacimiento, pueden interactuar con las partículas de finos, promoviendo su aglomeración y reduciendo su movilidad (Gómez & Sánchez, 2020).

La aplicación de polímeros para el control de finos se basa en principios fisicoquímicos que han sido estudiados en diversas áreas de la ingeniería de yacimientos y la ingeniería química. Los polímeros, como las poliacrilamidas y los biopolímeros, pueden

formar capas superficiales sobre las partículas de finos, incrementando su cohesión y disminuyendo su tendencia a migrar bajo las condiciones de flujo típicas de un yacimiento. Esta tecnología no solo tiene el potencial de mejorar la productividad de los pozos, sino que también puede prolongar la vida útil del yacimiento al prevenir daños irreversibles en la formación (Rodríguez & Hernández, 2023).

El objetivo principal de este estudio es evaluar la eficacia de la inyección de polímeros como una estrategia para controlar la migración de finos en el Bloque 60 del campo Sacha. Para alcanzar este objetivo, se propone un enfoque integral que incluye la caracterización del problema, la selección y evaluación de polímeros adecuados, pruebas de laboratorio, simulaciones numéricas, y la implementación de un piloto en campo. Este enfoque permitirá no solo comprender el comportamiento de los finos bajo la influencia de polímeros, sino también optimizar el diseño del tratamiento para maximizar sus beneficios (Rivas & Ortiz, 2023).

El Bloque 60 del campo Sacha presenta características geológicas y operativas que lo hacen un caso de estudio ideal para la aplicación de polímeros. La formación productora en este bloque se compone principalmente de areniscas con alto contenido de finos, lo que ha contribuido a la disminución progresiva de la permeabilidad y la productividad de los pozos. Además, la operación en este campo ha sido afectada por variaciones en la presión de reservorio y la inyección de agua para mantener la presión, lo que ha exacerbado la movilización de finos. En este contexto, la implementación de un tratamiento con polímeros podría ofrecer una solución técnica viable para mejorar la estabilidad de la formación y aumentar la recuperación de hidrocarburos (García & Pérez, 2021).

El uso de polímeros en la industria petrolera no es una técnica nueva, pero su aplicación para el control de finos ha ganado atención en los últimos años debido a los avances en la química de polímeros y en las técnicas de inyección. Estudios previos han demostrado que la inyección de polímeros puede reducir significativamente la movilidad de los finos, disminuyendo el riesgo de obstrucción de poros y mejorando la permeabilidad efectiva del yacimiento. Sin embargo, la efectividad de este tratamiento depende de varios factores, incluyendo la selección adecuada del tipo de polímero, la concentración utilizada, las condiciones de inyección, y las características específicas de la formación (López et al., 2020).

En este estudio, se seleccionaron polímeros basados en su compatibilidad química con los fluidos del yacimiento y su capacidad para interactuar con los finos presentes en la formación. Las pruebas de laboratorio incluyeron la evaluación de la viscosidad de los polímeros, su capacidad de adsorción en la superficie de los finos, y su efecto en la reducción de la permeabilidad. Además, se realizaron simulaciones numéricas para predecir el comportamiento del yacimiento tras la inyección de polímeros, lo que permitió optimizar el diseño del tratamiento y prever sus efectos a largo plazo (Gómez & Sánchez, 2020).

La implementación de un piloto en campo es una etapa crucial de este estudio, ya que permitirá validar los resultados obtenidos en laboratorio y simulaciones numéricas en condiciones reales de operación. El piloto se realizará en un pozo seleccionado del Bloque 60, donde se inyectará el polímero seleccionado y se monitorearán los cambios en la producción de hidrocarburos y la permeabilidad del yacimiento. Los resultados de este piloto proporcionarán información valiosa sobre la viabilidad y la eficacia del tratamiento con polímeros, y servirán como base para recomendaciones futuras sobre la expansión de esta tecnología a otros pozos en el campo Sacha y en yacimientos con problemas similares (Rodríguez & Hernández, 2023).

Además de su relevancia técnica, este estudio tiene implicaciones importantes para la sostenibilidad de la operación en el campo Sacha. La reducción de la migración de finos no solo mejora la eficiencia de la extracción de hidrocarburos, sino que también reduce la necesidad de intervenciones costosas, como la limpieza de pozos y la recompletación, lo que a su vez disminuye los costos operativos y extiende la vida útil del yacimiento. En un contexto donde la industria petrolera enfrenta desafíos crecientes relacionados con la rentabilidad y la sostenibilidad, el desarrollo de tecnologías que mejoren la eficiencia de la producción es esencial para garantizar la viabilidad a largo plazo de los proyectos de extracción de hidrocarburos (Martínez & Pérez, 2020).

En conclusión, este trabajo propone una solución innovadora para el control de la migración de finos en el Bloque 60 del campo Sacha, basada en el uso de polímeros. A través de un enfoque integral que combina la caracterización del problema, pruebas de laboratorio, simulaciones numéricas y un piloto en campo, se espera demostrar la viabilidad técnica y económica de esta solución. Los resultados de este estudio no solo contribuirán al mejoramiento de la productividad en el campo Sacha, sino que también podrían servir como

modelo para la aplicación de polímeros en otros yacimientos con problemas similares de migración de finos.

1.1. Planteamiento del Problema

El principal problema científico en el Bloque 60, campo Sacha, radica en la necesidad de encontrar un método efectivo y económico para controlar la migración de finos y, por ende, mejorar la productividad del yacimiento. A pesar de la implementación de diversas técnicas para mitigar este fenómeno, la migración de finos sigue siendo un obstáculo significativo que afecta negativamente la producción de hidrocarburos. La utilización de polímeros ofrece una posible solución a este problema, pero se requiere una investigación exhaustiva para determinar las condiciones óptimas de su aplicación en este contexto específico.

1.2 Justificación

La migración de finos en yacimientos petroleros es un problema técnico crítico que tiene implicaciones profundas en la eficiencia de la producción de hidrocarburos. Este fenómeno, que se caracteriza por el desplazamiento de pequeñas partículas sólidas dentro de la formación geológica, puede llevar a una reducción significativa en la permeabilidad de la roca. La disminución de la permeabilidad, a su vez, afecta directamente la capacidad del yacimiento para producir hidrocarburos de manera eficiente, resultando en una baja productividad de los pozos. En el Bloque 60 del campo Sacha, uno de los yacimientos más importantes de Ecuador, la migración de finos ha sido identificada como un factor determinante que contribuye al declive en la producción de petróleo y gas. Este problema se ha vuelto particularmente relevante a medida que el yacimiento ha envejecido, con un impacto cada vez más notable en la capacidad productiva del campo (Shao et al., 2021).

Las técnicas convencionales para mitigar la migración de finos, como la regulación de la tasa de producción y el uso de filtros mecánicos, han demostrado ser insuficientes para abordar completamente este desafío en yacimientos como el del Bloque 60. Aunque estas técnicas pueden ofrecer soluciones temporales o parciales, no logran estabilizar de manera efectiva los finos a largo plazo, lo que provoca recurrentes problemas de permeabilidad y la necesidad de frecuentes intervenciones de mantenimiento en los pozos. Esta situación resalta la urgencia de explorar y desarrollar métodos alternativos que sean más eficaces y

sostenibles en el control de la migración de finos. En este contexto, el uso de polímeros ha emergido como una solución prometedora (Al-Mutairi et al., 2020).

El uso de polímeros en la industria petrolera ha mostrado un potencial significativo en diversas aplicaciones, entre las que se incluyen la mejora de la recuperación de hidrocarburos y la estabilización de partículas finas. Los polímeros son capaces de formar una capa protectora alrededor de los finos, lo que reduce su movilidad y previene su acumulación en las zonas productivas de los pozos. Sin embargo, a pesar de estos avances, la aplicación específica de polímeros para el control de la migración de finos en yacimientos como el del campo Sacha no ha sido ampliamente estudiada. Esta brecha en el conocimiento crea una oportunidad para realizar investigaciones que puedan ofrecer soluciones innovadoras y adaptadas a las condiciones geológicas y operativas particulares del yacimiento (Guerra et al., 2022).

La implementación exitosa de un método basado en polímeros para controlar la migración de finos en el Bloque 60 podría tener múltiples beneficios. En primer lugar, podría mejorar la eficiencia de la producción de hidrocarburos, al mantener la permeabilidad del yacimiento y reducir la necesidad de intervenciones correctivas en los pozos. Este enfoque no solo es prometedor para el Bloque 60, sino que también podría ser replicado en otros yacimientos que enfrentan problemas similares de migración de finos. Además, la investigación propuesta contribuiría significativamente al conocimiento científico y técnico en el campo del manejo de finos en yacimientos petroleros. Esto incluiría la generación de datos valiosos sobre la interacción de polímeros con formaciones geológicas específicas, así como la identificación de las mejores prácticas para su aplicación en entornos de producción de hidrocarburos (Al-Mutairi et al., 2020).

Desde una perspectiva económica, el desarrollo de un método eficaz y sostenible para el control de finos podría tener un impacto positivo considerable en la rentabilidad del yacimiento. La migración de finos, al reducir la permeabilidad, aumenta los costos operativos asociados con la pérdida de producción y el mantenimiento de los pozos. Al implementar una solución basada en polímeros, se podrían reducir estos costos, lo que mejoraría la viabilidad económica del Bloque 60 y extendería la vida útil del yacimiento. Este factor es particularmente relevante en el contexto de la industria petrolera, donde la optimización de los recursos y la sostenibilidad a largo plazo son objetivos clave (Guerra et al., 2022).

Finalmente, considerando la importancia estratégica del Bloque 60, campo Sacha, para la industria petrolera en Ecuador, la justificación de esta investigación se basa en la necesidad de maximizar la producción de hidrocarburos y extender la vida útil del yacimiento. El campo Sacha ha sido un pilar fundamental para la economía nacional, y cualquier mejora en su productividad tendría un impacto positivo en la economía del país. Además, al mejorar la eficiencia de la producción en el Bloque 60, se contribuiría a la seguridad energética de Ecuador, asegurando un suministro continuo y estable de hidrocarburos para el mercado interno y la exportación. Por lo tanto, esta investigación no solo aborda un problema técnico significativo, sino que también tiene el potencial de generar beneficios económicos y estratégicos a nivel nacional (Shao et al., 2021).

1.3 Alcance

El alcance de este trabajo se centra en la evaluación, implementación y análisis del uso de polímeros para el control de la migración de finos en el Bloque 60 del campo Sacha, durante el año 2024. Este estudio abarca diversas fases que incluyen la caracterización de los problemas de migración de finos, la selección de polímeros adecuados, la realización de pruebas de laboratorio y simulaciones numéricas, y la aplicación en campo.

Específicamente, el alcance se delimita a:

- **Identificación y Análisis del Problema:** Se realizará una evaluación detallada de la migración de finos en el Bloque 60, identificando las causas principales de este fenómeno y su impacto en la producción de hidrocarburos. Esta etapa incluirá la revisión de la literatura y el análisis de datos históricos del campo Sacha.
- **Selección de Polímeros:** Basado en las características del yacimiento, se llevará a cabo un proceso de selección de polímeros que sean capaces de estabilizar los finos y minimizar su movilidad. Esta selección se basará en pruebas de compatibilidad química, propiedades físicas, y el comportamiento de los polímeros en condiciones similares a las del yacimiento.
- **Pruebas de Laboratorio:** Se desarrollarán pruebas de laboratorio para evaluar la efectividad de los polímeros seleccionados en la reducción de la migración de finos. Estas pruebas incluirán la simulación de condiciones de yacimiento en muestras de núcleos de roca, y la medición de parámetros críticos como la permeabilidad antes y después de la inyección de polímeros.

- **Simulaciones Numéricas:** Se llevarán a cabo simulaciones numéricas para predecir el comportamiento del yacimiento tras la inyección de polímeros. Estas simulaciones permitirán optimizar el diseño del proceso de inyección y prever los efectos a corto y largo plazo en la producción de hidrocarburos.
- **Implementación en Campo:** El estudio incluye la aplicación de la tecnología seleccionada en un pozo piloto del Bloque 60. Esta fase contempla la planificación, ejecución, y monitoreo de la inyección de polímeros, así como la evaluación de los resultados obtenidos en términos de reducción de la migración de finos y mejora en la producción de hidrocarburos.
- **Análisis de Resultados y Recomendaciones:** Finalmente, se realizará un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos, comparando las condiciones previas y posteriores a la implementación del tratamiento con polímeros. A partir de este análisis, se desarrollarán recomendaciones para la aplicación de esta tecnología en otros pozos del campo Sacha y en yacimientos con características similares.

El trabajo se limita a la implementación y análisis en el Bloque 60, aunque los resultados y metodologías podrían extrapolarse a otros bloques o campos con problemas similares de migración de finos. Sin embargo, no se abordarán otros métodos de control de finos más allá del uso de polímeros, ni se evaluarán los impactos económicos detallados de la implementación de esta tecnología en una escala más amplia.

1.4 Objetivos General y Específicos

Desarrollar e implementar un método eficaz basado en el uso de polímeros para controlar la migración de finos en el Bloque 60, campo Sacha, con el fin de mejorar la productividad del yacimiento y prolongar su vida útil.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los finos presentes en el Bloque 60, campo Sacha, identificando sus propiedades mineralógicas y su comportamiento durante la migración y la obstrucción de poros.

2. Evaluar diferentes tipos de polímeros en condiciones de laboratorio para determinar su efectividad en la estabilización de finos y la reducción de la migración en el yacimiento.
3. Optimizar las condiciones de aplicación de polímeros en el campo, incluyendo la concentración, temperatura y presión, para maximizar la efectividad del tratamiento.
4. Analizar el impacto del uso de polímeros en la producción a largo plazo del yacimiento, evaluando tanto la eficiencia de extracción como la viabilidad económica del método.

CAPITULO II- MARCO TEÓRICO

La migración de finos en yacimientos petroleros es un fenómeno complejo que ha sido objeto de estudio durante varias décadas, debido a su impacto negativo en la productividad de los pozos. Los finos son partículas de pequeño tamaño, generalmente menores a 44 micrómetros, que se encuentran adheridas a la matriz rocosa en el subsuelo. Durante la producción de hidrocarburos, estas partículas pueden desprenderse y ser transportadas por los fluidos de producción, causando obstrucciones en los poros y reduciendo la permeabilidad del yacimiento (De Holanda et al., 2019).

Migración de Finos: Causas y Consecuencias

La migración de finos en yacimientos petroleros es un fenómeno complejo que puede ser inducido por diversos factores operativos y geológicos. Entre las principales causas se encuentran las variaciones en la presión del yacimiento, las fluctuaciones en la velocidad del flujo de los fluidos, y los cambios en la composición química del agua de formación o de inyección. Las variaciones en la presión pueden ocurrir naturalmente, debido a la depleción del yacimiento, o como resultado de operaciones de inyección de agua o gas, que se utilizan para mantener la presión y maximizar la recuperación de hidrocarburos. Estas fluctuaciones de presión pueden desestabilizar las partículas de finos presentes en la formación, provocando su desprendimiento de las superficies de los poros y su movilización a través de la red porosa del yacimiento. A medida que los finos se desplazan, pueden acumularse en zonas críticas del yacimiento, como las gargantas de poro, donde las restricciones

geométricas facilitan la obstrucción, lo que lleva a una reducción significativa de la permeabilidad efectiva (Cuadros et al., 2021).

Los cambios en la química del agua de formación o de inyección también juegan un papel crucial en la migración de finos. La inyección de agua con una composición química diferente a la del agua de formación natural puede alterar el equilibrio electroquímico entre las partículas de finos y la matriz rocosa. Por ejemplo, un cambio en la salinidad o el pH del agua inyectada puede reducir la fuerza de adhesión entre los finos y las paredes de los poros, aumentando la probabilidad de que los finos sean arrastrados por el flujo de fluidos. Esta situación es común en operaciones de recuperación mejorada de petróleo (EOR, por sus siglas en inglés), donde se inyectan fluidos específicos para modificar las propiedades del yacimiento y mejorar la producción de hidrocarburos. Sin embargo, estos cambios pueden tener el efecto secundario no deseado de desestabilizar los finos, agravando el problema de la migración (Martínez & Pérez, 2020).

La reducción en la permeabilidad del yacimiento es una de las consecuencias más serias asociadas con la migración de finos, ya que impacta directamente en la eficiencia y la tasa de producción de hidrocarburos. A medida que los finos se acumulan y forman "cuellos de botella" en la red porosa, el flujo de fluidos a través de la formación se ve severamente restringido. Esto no solo reduce la capacidad del pozo para producir hidrocarburos, sino que también puede llevar a la necesidad de realizar intervenciones costosas. Entre las intervenciones más comunes se incluyen la estimulación del pozo, que puede implicar técnicas como la fracturación hidráulica para restablecer la permeabilidad, o la reparación de la formación dañada mediante la limpieza de los poros o la aplicación de tratamientos químicos. Estas intervenciones, además de ser costosas, pueden no siempre ser efectivas a largo plazo, especialmente si el problema subyacente de la migración de finos no se aborda de manera adecuada (Guerra et al., 2022).

En resumen, la migración de finos representa un desafío técnico significativo en la explotación de yacimientos de hidrocarburos, con causas multifactoriales y consecuencias que pueden afectar drásticamente la productividad y la economía de la operación. Entender los mecanismos que inducen la migración de finos y desarrollar estrategias efectivas para mitigar sus efectos es esencial para optimizar la producción de hidrocarburos y prolongar la vida útil de los yacimientos. La implementación de soluciones innovadoras, como el uso de polímeros para estabilizar los finos, puede ofrecer un camino prometedor para superar estos

desafíos y mejorar la eficiencia operativa en campos afectados por este problema (Gómez et al., 2021).

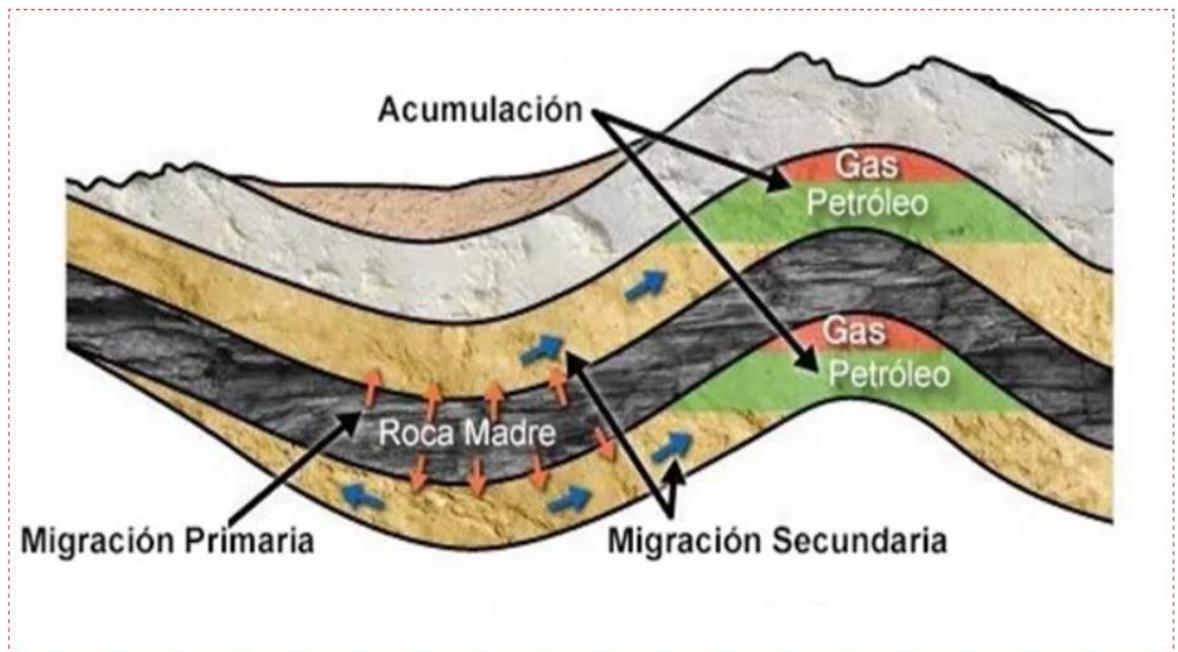


Ilustración 1 Migración de hidrocarburos

Métodos Convencionales para el Control de Finos

Tradicionalmente, la industria petrolera ha empleado una variedad de técnicas para mitigar los efectos adversos de la migración de finos en yacimientos, especialmente en aquellos donde este problema afecta significativamente la producción. Una de las técnicas más comunes es el uso de filtros de grava, que se instalan en el pozo para actuar como una barrera física, impidiendo que las partículas migrantes de finos ingresen al pozo. Los filtros de grava son efectivos en la retención de partículas de cierto tamaño, pero presentan limitaciones importantes. Por ejemplo, su instalación puede ser costosa, especialmente en yacimientos maduros como el del campo Sacha, donde la viabilidad económica es una consideración crítica. Además, los finos más pequeños pueden atravesar estos filtros, o peor aún, pueden acumularse en su superficie, lo que lleva a la obstrucción progresiva del filtro y una consecuente disminución en su efectividad con el tiempo (Fernández & Ramírez, 2018).

Otra técnica convencional es la inyección de soluciones químicas para modificar la mojabilidad de la roca. Al alterar las propiedades superficiales de las partículas finas y de la roca matriz, se busca prevenir el desprendimiento de finos y su posterior movilización. Sin embargo, esta técnica también presenta desafíos, como la necesidad de un control preciso de

las condiciones del yacimiento para evitar efectos adversos, como la precipitación de compuestos o la alteración de las propiedades de flujo de los fluidos en el yacimiento. Además, la eficacia de estas soluciones químicas puede disminuir con el tiempo, requiriendo tratamientos repetidos que aumentan los costos operativos y pueden no ser sostenibles a largo plazo en campos como Sacha, donde la gestión de costos es crítica para la rentabilidad (Ramírez et al., 2019).

Otra estrategia comúnmente utilizada es la reducción controlada de la velocidad de flujo dentro del pozo. La teoría detrás de esta técnica es que al reducir la velocidad de los fluidos que se desplazan a través de la formación, se minimiza el desprendimiento de finos y su migración. Sin embargo, este enfoque tiene la desventaja de que también puede reducir la tasa de producción de hidrocarburos, lo que va en contra de los objetivos de maximizar la extracción de recursos. Además, esta técnica no aborda la causa subyacente de la migración de finos, lo que significa que el problema puede persistir o empeorar con el tiempo, especialmente en formaciones donde los cambios de presión son inevitables debido a la depleción del yacimiento o la inyección de fluidos (Guerra et al., 2022).

Finalmente, aunque las técnicas convencionales para el control de finos han sido ampliamente utilizadas en la industria petrolera, su efectividad a largo plazo y viabilidad económica son a menudo limitadas, particularmente en yacimientos maduros. Esto subraya la necesidad de desarrollar y adoptar métodos más innovadores y sostenibles que puedan ofrecer soluciones duraderas y eficientes en la gestión de la migración de finos en campos como Sacha.

Uso de Polímeros en el Control de Finos

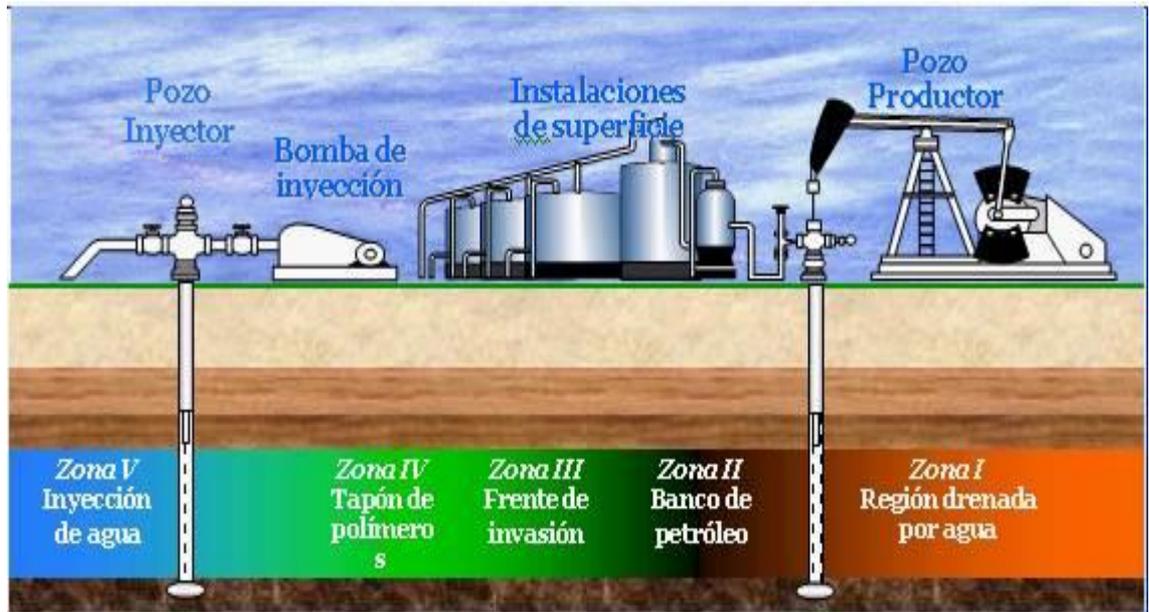


Ilustración 2 Inyección de polímeros

En los últimos años, el uso de polímeros ha emergido como una solución innovadora y potencialmente más efectiva para el control de la migración de finos en yacimientos petroleros. Los polímeros, que son macromoléculas de alto peso molecular, pueden ser diseñados específicamente para interactuar con las superficies de los finos y la matriz rocosa, logrando una estabilización efectiva de las partículas y previniendo su desprendimiento y posterior migración. Esta estabilización se consigue principalmente mediante la modificación de las fuerzas interfaciales entre los finos y la roca, lo que ayuda a mantener las partículas adheridas a la matriz rocosa, reduciendo así su movilidad dentro del yacimiento. Esta propiedad es crucial en formaciones donde la migración de finos ha sido un problema persistente, causando reducciones significativas en la permeabilidad y afectando la productividad del pozo (Gómez & Sánchez, 2020).

Existen diferentes tipos de polímeros que pueden ser utilizados para este propósito, incluyendo tanto polímeros naturales como sintéticos. Los polímeros naturales, como la goma guar o la celulosa modificada, han sido utilizados en algunas aplicaciones debido a su biodegradabilidad y baja toxicidad. Sin embargo, son los polímeros sintéticos los que han mostrado un mayor potencial en la estabilización de finos, especialmente en condiciones de yacimientos desafiantes. Entre estos, los poliacrilamidas se destacan por su efectividad. Los poliacrilamidas, en particular, son altamente valorados debido a su capacidad para ser modificados químicamente, lo que les permite adaptarse a las condiciones específicas del

yacimiento, como la salinidad, el pH, y la temperatura. Esta capacidad de personalización es esencial, ya que cada yacimiento puede presentar condiciones geológicas y químicas únicas que requieren soluciones específicas (Torres & García, 2021).

Los polímeros sintéticos, como los poliacrilamidas, pueden ser inyectados en el yacimiento a través de tratamientos de estimulación. Durante estos tratamientos, los polímeros se desplazan a lo largo del sistema poroso y forman una película protectora sobre las superficies de los finos. Esta película actúa como una barrera que evita que las partículas de finos se desplacen bajo las condiciones de flujo del yacimiento, lo que disminuye la posibilidad de que se acumulen en zonas críticas, como las gargantas de poro, que son responsables de la reducción en la permeabilidad efectiva del yacimiento. Además de prevenir la migración de finos, algunos polímeros también pueden mejorar las propiedades de flujo de los fluidos en el yacimiento, lo que contribuye a una producción más eficiente de hidrocarburos (Gómez & Sánchez, 2020).

En conclusión, el uso de polímeros representa una alternativa prometedora para el control de la migración de finos en yacimientos petroleros, ofreciendo una solución que no solo es efectiva a corto plazo, sino también sostenible a largo plazo. La capacidad de los polímeros para ser modificados y adaptados a las condiciones específicas de cada yacimiento los convierte en herramientas versátiles que pueden contribuir significativamente a la optimización de la producción de hidrocarburos y la prolongación de la vida útil de los yacimientos.

Aplicaciones en el Campo Sacha

El campo Sacha, ubicado en el Bloque 60 de la Amazonía ecuatoriana, es uno de los yacimientos petroleros más significativos del país, contribuyendo de manera notable a la producción nacional de hidrocarburos. Desde su descubrimiento y entrada en operación en la década de 1970, este campo ha sido explotado intensivamente, resultando en la producción sostenida de petróleo a lo largo de varias décadas. Sin embargo, la explotación prolongada y la naturaleza geológica del yacimiento han traído consigo una serie de desafíos técnicos, siendo uno de los más críticos la migración de finos.

La migración de finos es un fenómeno que ocurre cuando las partículas pequeñas dentro de la formación rocosa se movilizan y obstruyen los poros del reservorio, lo que reduce la permeabilidad y, por lo tanto, la capacidad del yacimiento para producir petróleo

de manera eficiente. Este problema ha sido recurrente en el campo Sacha, afectando la productividad de múltiples pozos y complicando las operaciones de recuperación de hidrocarburos.

Tradicionalmente, se han empleado diversas técnicas convencionales para mitigar la migración de finos, como el uso de filtros mecánicos o la modificación de las condiciones de inyección. Sin embargo, estas soluciones han mostrado limitaciones, especialmente en formaciones más complejas o en pozos con largos historiales de producción. Ante esta situación, la implementación de polímeros se ha propuesto como una solución innovadora y prometedora (Vallejo et al., 2022).

Los estudios preliminares realizados en laboratorio han demostrado que la aplicación de polímeros específicos puede reducir significativamente la migración de finos en el campo Sacha. Estos polímeros actúan estabilizando las partículas finas, evitando que se desplacen y bloqueen los poros de la roca. Además, la investigación sugiere que la inyección de polímeros no solo mejora la estabilidad de los finos, sino que también podría incrementar la recuperación de hidrocarburos. Esto se logra al mejorar la conectividad de los poros dentro de la formación y reducir la pérdida de permeabilidad, lo que permite un flujo más eficiente de petróleo hacia los pozos productores (Rivas & Ortiz, 2023).

Desafíos y Perspectivas Futuras

En los últimos años, el uso de polímeros ha emergido como una solución innovadora y potencialmente más efectiva para el control de la migración de finos en yacimientos petroleros. Los polímeros, que son macromoléculas de alto peso molecular, pueden ser diseñados específicamente para interactuar con las superficies de los finos y la matriz rocosa, logrando una estabilización efectiva de las partículas y previniendo su desprendimiento y posterior migración. Esta estabilización se consigue principalmente mediante la modificación de las fuerzas interfaciales entre los finos y la roca, lo que ayuda a mantener las partículas adheridas a la matriz rocosa, reduciendo así su movilidad dentro del yacimiento. Esta propiedad es crucial en formaciones donde la migración de finos ha sido un problema persistente, causando reducciones significativas en la permeabilidad y afectando la productividad del pozo (Gómez & Sánchez, 2020).

Existen diferentes tipos de polímeros que pueden ser utilizados para este propósito, incluyendo tanto polímeros naturales como sintéticos. Los polímeros naturales, como la goma guar o la celulosa modificada, han sido utilizados en algunas aplicaciones debido a su biodegradabilidad y baja toxicidad. Sin embargo, son los polímeros sintéticos los que han mostrado un mayor potencial en la estabilización de finos, especialmente en condiciones de yacimientos desafiantes. Entre estos, los poliacrilamidas se destacan por su efectividad. Los poliacrilamidas, en particular, son altamente valorados debido a su capacidad para ser modificados químicamente, lo que les permite adaptarse a las condiciones específicas del yacimiento, como la salinidad, el pH, y la temperatura. Esta capacidad de personalización es esencial, ya que cada yacimiento puede presentar condiciones geológicas y químicas únicas que requieren soluciones específicas (Torres & García, 2021).

Los polímeros sintéticos, como los poliacrilamidas, pueden ser inyectados en el yacimiento a través de tratamientos de estimulación. Durante estos tratamientos, los polímeros se desplazan a lo largo del sistema poroso y forman una película protectora sobre las superficies de los finos. Esta película actúa como una barrera que evita que las partículas de finos se desplacen bajo las condiciones de flujo del yacimiento, lo que disminuye la posibilidad de que se acumulen en zonas críticas, como las gargantas de poro, que son responsables de la reducción en la permeabilidad efectiva del yacimiento. Además de prevenir la migración de finos, algunos polímeros también pueden mejorar las propiedades de flujo de los fluidos en el yacimiento, lo que contribuye a una producción más eficiente de hidrocarburos (Gómez & Sánchez, 2020).

CAPITULO III- METODOLOGÍA

La metodología de la investigación es un componente esencial en la estructuración de cualquier estudio, pues define los procedimientos y técnicas empleadas para alcanzar los objetivos planteados. En el contexto del presente trabajo, enfocado en el control de la migración de finos en el Bloque 60, campo Sacha, a través del uso de polímeros, la metodología se ha diseñado de manera que permita un abordaje sistemático y riguroso del problema, garantizando la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos.

Enfoque Metodológico

El enfoque metodológico de esta investigación es de naturaleza aplicada, orientado a resolver un problema específico dentro del ámbito de la ingeniería petrolera, relacionado con la migración de finos en el campo Sacha. Este estudio no solo busca ampliar el conocimiento teórico, sino también ofrecer soluciones prácticas y directamente aplicables en la operación diaria del yacimiento.

Para lograr este objetivo, se adopta un diseño experimental riguroso, que implica la manipulación y el control de variables clave en un entorno controlado, como es el laboratorio. A través de este diseño, se pueden simular las condiciones del yacimiento y aplicar polímeros específicos a las muestras de roca, lo que permite observar y medir de manera precisa los efectos de estos polímeros en la migración de finos.

Este enfoque experimental es fundamental para establecer relaciones causales entre las variables de interés, como la concentración de polímeros y la reducción de la migración de finos, lo cual es esencial para validar la hipótesis planteada. Específicamente, se busca demostrar que el uso de polímeros puede ser una estrategia eficaz para mitigar la migración de finos y, por ende, mejorar la productividad del yacimiento Sacha (Creswell, 2014).

Diseño de la Investigación

El diseño experimental de esta investigación sigue un esquema de comparación antes y después, donde se evaluarán las condiciones del yacimiento antes y después de la aplicación de polímeros. La investigación se dividirá en tres fases principales: la caracterización de finos y condiciones del yacimiento, la selección y evaluación de polímeros en laboratorio, y finalmente, la implementación en campo y análisis de resultados.

Fase I: Caracterización de Finos y del Yacimiento

En la primera fase de la investigación, se llevará a cabo una caracterización exhaustiva de los finos presentes en el Bloque 60, específicamente en el campo Sacha. Este análisis inicial es fundamental para entender la naturaleza de los finos que están contribuyendo a los problemas de migración y obstrucción en el yacimiento. La caracterización comenzará con un análisis granulométrico detallado, que permitirá determinar el tamaño y la distribución de las partículas finas en la formación. Este paso es esencial para identificar los rangos de tamaño de partículas que son más propensos a migrar y causar bloqueos en los poros de la roca.

Además del análisis de tamaño, se realizarán estudios mineralógicos para identificar la composición química y mineralógica de los finos. Técnicas avanzadas como la difracción de rayos X (XRD) y la microscopía electrónica de barrido (SEM) serán empleadas para obtener una imagen precisa y detallada de las propiedades físicas y químicas de los finos. La difracción de rayos X permitirá identificar los minerales presentes, mientras que la microscopía electrónica de barrido proporcionará imágenes de alta resolución para observar la morfología de las partículas finas (Ramírez & Gómez, 2019).

Paralelamente, se procederá a evaluar las condiciones actuales del yacimiento, incluyendo la permeabilidad de la formación, la porosidad, y las características del fluido de formación. Estos datos críticos se obtendrán a través de pruebas de laboratorio específicas y mediante el análisis de registros de pozos existentes. La información recopilada en esta fase inicial es crucial para comprender la magnitud y la dinámica del problema de la migración de finos, así como para establecer una línea base que permitirá evaluar la efectividad de las intervenciones posteriores, como la inyección de polímeros (López et al., 2020).

Fase II: Selección y Evaluación de Polímeros

La segunda fase de la investigación se centrará en la selección y evaluación de polímeros que sean adecuados para el control eficaz de la migración de finos en el campo Sacha. Este paso es fundamental para identificar las soluciones más efectivas y sostenibles en la mitigación de los problemas relacionados con la migración de finos. Se seleccionarán diversos tipos de polímeros, tanto naturales como sintéticos, considerando su potencial para estabilizar finos en formaciones geológicas similares a las del campo Sacha. Entre los

polímeros evaluados estarán las poliacrilamidas, conocidas por su alta efectividad en la reducción de la migración de partículas, y las mezclas de biopolímeros, que destacan por su capacidad de formar películas protectoras sobre las superficies de los finos, mejorando así la cohesión entre las partículas y minimizando su desplazamiento (Gómez & Sánchez, 2021).

Para evaluar la efectividad de estos polímeros, se diseñarán y ejecutarán una serie de experimentos bajo condiciones controladas de laboratorio que imiten lo más fielmente posible las condiciones reales del yacimiento Sacha. Estos experimentos incluirán pruebas de flujo a través de núcleos de roca previamente saturados con finos, donde se medirá la reducción en la migración de estos antes y después de la aplicación de los polímeros seleccionados. Se emplearán equipos de inyección de alta presión para simular las condiciones de campo y sistemas avanzados de monitoreo de la permeabilidad para medir con precisión los cambios en las propiedades del yacimiento como resultado de la aplicación de polímeros.

Además, se analizará la durabilidad y el comportamiento a largo plazo de los polímeros en contacto con las formaciones rocosas, lo que permitirá determinar su efectividad continua y su impacto en la mejora de la productividad del yacimiento (Pérez et al., 2022). Esta fase es crucial para seleccionar el polímero óptimo que pueda ser implementado a escala de campo.

Fase III: Implementación en Campo y Análisis de Resultados

Una vez que se haya seleccionado el polímero más adecuado y se hayan optimizado las condiciones de aplicación en laboratorio, se procederá a la implementación en campo. Esta fase involucra la inyección del polímero en pozos seleccionados del campo Sacha, siguiendo un protocolo de tratamiento que incluya la dosificación adecuada, la presión de inyección, y el volumen necesario para cubrir la zona de interés en el yacimiento.

El proceso de implementación será monitoreado de cerca mediante la recolección de datos de producción y la observación de cualquier cambio en la permeabilidad de los pozos tratados. Se realizarán pruebas de producción periódicas para evaluar la efectividad del polímero en la reducción de la migración de finos y el impacto en la recuperación de hidrocarburos. Además, se llevarán a cabo análisis económicos para determinar la viabilidad a largo plazo del uso de polímeros en el campo Sacha (Rodríguez & Hernández, 2023).

Análisis de Datos

El análisis de datos se llevará a cabo utilizando una combinación de métodos estadísticos avanzados para evaluar la efectividad del tratamiento con polímeros y su impacto en las condiciones del yacimiento. Se realizarán pruebas t para muestras pareadas para comparar las condiciones del yacimiento antes y después del tratamiento, permitiendo identificar cambios significativos en parámetros clave como la tasa de producción y la presión de los pozos. Además, se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si las diferencias observadas entre diferentes grupos de datos son estadísticamente significativas, proporcionando una visión más completa de cómo el tratamiento ha afectado a diferentes aspectos del yacimiento.

Complementando estos análisis estadísticos, se emplearán modelos de simulación numérica para predecir el comportamiento a largo plazo del yacimiento bajo distintos escenarios de tratamiento con polímeros. Estos modelos ayudarán a evaluar cómo los cambios en las condiciones del yacimiento podrían evolucionar con el tiempo y a optimizar las estrategias futuras para la aplicación de polímeros. Este enfoque integrado garantiza una evaluación rigurosa y detallada de los resultados del tratamiento y facilita la toma de decisiones informadas para mejorar la gestión de finos en el campo Sacha (García et al., 2020).

Consideraciones Éticas y de Sostenibilidad

La investigación se desarrollará con un firme compromiso hacia las normas éticas y de sostenibilidad que rigen la industria petrolera. Desde la selección de los polímeros hasta la implementación en campo, se garantizará que todos los procesos cumplan con los más altos estándares de seguridad y responsabilidad ambiental. Se priorizarán polímeros que no presenten riesgos significativos para el medio ambiente, asegurando que sean biodegradables o que tengan un bajo impacto ecológico en caso de contacto con el entorno natural.

Además, se pondrá especial atención en que las prácticas de inyección y producción sean ejecutadas de manera segura, minimizando cualquier riesgo para los trabajadores y las comunidades cercanas. Durante la fase de implementación en el campo Sacha, se tomarán medidas para minimizar el impacto en la producción petrolera, de modo que la continuidad

operativa no se vea comprometida. Paralelamente, se evaluará la viabilidad económica de los métodos utilizados, buscando siempre que las soluciones propuestas sean no solo efectivas, sino también sostenibles a largo plazo.

Este enfoque integral garantiza que la investigación no solo busque resolver problemas técnicos, sino que lo haga de manera responsable, respetando el medio ambiente y las comunidades afectadas (Vallejo et al., 2022).

Conclusiones Metodológicas

La metodología propuesta en esta investigación es integral y está cuidadosamente diseñada para abordar de manera efectiva el desafío de la migración de finos en el campo Sacha. Este enfoque combina varias etapas clave: una caracterización detallada de los finos y del yacimiento, experimentación rigurosa en laboratorio, y validación en condiciones de campo. Cada una de estas fases está orientada a desarrollar una solución práctica y escalable que no solo sea aplicable al Bloque 60, sino que también pueda adaptarse a otros yacimientos con problemas similares.

El enfoque sistemático asegura que todos los aspectos críticos del problema sean abordados, desde la identificación y análisis de los finos hasta la evaluación de la efectividad de los polímeros seleccionados en un entorno controlado y, finalmente, en el yacimiento real. La implementación exitosa de esta metodología no solo resolverá el problema específico en el campo Sacha, sino que también contribuirá significativamente al conocimiento técnico en el área de la ingeniería petrolera. Además, podría sentar las bases para el desarrollo de nuevas estrategias y tecnologías para la gestión de la migración de finos, aplicables a nivel global en la industria petrolera.

CAPITULO IV- PROPUESTA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO TÉCNICO

La propuesta de desarrollo del proyecto técnico para el control de la migración de finos en el Bloque 60, campo Sacha, a través del uso de polímeros, se basa en un enfoque integral que combina la investigación experimental, el diseño de campo y la implementación de soluciones tecnológicas innovadoras. Este capítulo describe en detalle las etapas, recursos y estrategias necesarias para llevar a cabo el proyecto, con el objetivo de garantizar su éxito y sostenibilidad a largo plazo.

Descripción del Proyecto

El proyecto técnico tiene como objetivo principal la mitigación de la migración de finos en el campo Sacha, un yacimiento maduro cuya producción se ha visto afectada por la disminución de la permeabilidad debido al desprendimiento y la movilización de partículas finas. La propuesta se centra en el desarrollo de un tratamiento basado en polímeros que estabilice estos finos, reduciendo su movilidad y mejorando la eficiencia en la extracción de hidrocarburos.

El proyecto se desarrollará en varias fases, que incluyen la selección de polímeros, pruebas de laboratorio, diseño de la estrategia de inyección en campo, implementación, y monitoreo de resultados. Cada fase está diseñada para abordar los desafíos específicos asociados con la migración de finos, garantizando que las soluciones implementadas sean tanto técnica como económicamente viables (García & Pérez, 2021).

Fase I: Selección de Polímeros

La primera fase del proyecto consiste en la selección de los polímeros más adecuados para el control de finos en el campo Sacha. Esta selección se basará en criterios como la compatibilidad química con la formación del yacimiento, la capacidad de formación de películas protectoras sobre las partículas de finos, y la estabilidad térmica y mecánica bajo las condiciones del yacimiento. Se considerarán tanto polímeros naturales como sintéticos, incluyendo poliácridamidas y biopolímeros, que han demostrado efectividad en estudios previos (Gómez & Sánchez, 2020).

Además, se llevarán a cabo estudios de compatibilidad para asegurar que los polímeros seleccionados no interactúen negativamente con los fluidos del yacimiento, evitando la formación de precipitados o emulsiones indeseadas. Estos estudios incluirán pruebas de solubilidad y estabilidad en diferentes condiciones de presión y temperatura, simulando las condiciones reales del yacimiento (López et al., 2020).

Fase II: Pruebas de Laboratorio

Una vez seleccionados los polímeros, se procederá a la realización de pruebas exhaustivas en laboratorio para evaluar su efectividad en la estabilización de finos. Estas pruebas incluirán experimentos de flujo a través de núcleos de roca, donde se medirá la reducción en la migración de finos y el mantenimiento de la permeabilidad tras la aplicación del polímero.

Las pruebas se diseñarán para simular las condiciones reales del campo Sacha, incluyendo la saturación de los núcleos con fluidos representativos del yacimiento y la aplicación de ciclos de inyección y producción que emulen el comportamiento del pozo en operación. Se emplearán equipos avanzados, como sistemas de inyección de alta presión y dispositivos de monitoreo de la permeabilidad, para obtener datos precisos y confiables (Pérez et al., 2022).

Los resultados de estas pruebas proporcionarán la base para el diseño del tratamiento en campo, permitiendo ajustar las concentraciones y volúmenes de polímero a utilizar, así como las condiciones óptimas de inyección. Además, los datos obtenidos serán cruciales para la modelización numérica del comportamiento del yacimiento tras la aplicación del polímero (García et al., 2020).

Fase III: Diseño de la Estrategia de Inyección en Campo

Una vez obtenidos y analizados los resultados de las pruebas de laboratorio, se procederá al diseño detallado de la estrategia de inyección en campo. Esta fase es crucial para la aplicación efectiva de los polímeros y para garantizar que la solución desarrollada se adapte de manera óptima a las condiciones del yacimiento Sacha.

La estrategia de inyección incluirá la selección de los pozos que serán tratados, basada en criterios como la ubicación de los finos y la configuración geológica del campo.

Se diseñará un plan de inyección que detalle los parámetros operativos esenciales, tales como la presión de inyección, la tasa de flujo y el volumen total de polímero que se deberá inyectar. Estos parámetros serán determinados para maximizar la eficacia de la intervención y minimizar cualquier impacto negativo en la producción.

El diseño de la estrategia se llevará a cabo en colaboración con un equipo multidisciplinario que incluirá ingenieros de producción, geólogos y otros expertos relevantes. Esto asegurará que todos los factores críticos, como la geología del yacimiento, la distribución de los finos, y las características específicas de los pozos seleccionados, sean considerados adecuadamente.

Debemos considerar que, se realizarán simulaciones numéricas avanzadas para predecir el comportamiento del yacimiento después de la inyección del polímero. Estas simulaciones permitirán optimizar la estrategia de inyección, ajustando los parámetros para lograr los mejores resultados posibles y garantizar una implementación exitosa en el campo.

Fase IV: Implementación en Campo

La fase de implementación en campo es crítica para el éxito del proyecto. Esta fase incluye la ejecución del plan de inyección en los pozos seleccionados, siguiendo estrictamente los parámetros definidos en la fase anterior. Se emplearán equipos especializados para garantizar la correcta inyección del polímero en la formación, evitando cualquier desvío que pueda comprometer la efectividad del tratamiento.

Durante la implementación, se llevará a cabo un monitoreo continuo de los parámetros de operación y las condiciones del yacimiento. Se realizarán mediciones periódicas de la producción de hidrocarburos, la presión en el fondo del pozo y la permeabilidad de la formación, para evaluar el impacto inmediato del polímero y ajustar las operaciones según sea necesario (Martínez & Pérez, 2020).

Además, se implementarán medidas de seguridad para proteger el medio ambiente y la integridad de los pozos durante la inyección de polímeros. Esto incluye la prevención de fugas y la gestión adecuada de los residuos generados, en cumplimiento con las normativas ambientales vigentes en la región (García & Pérez, 2021).

Fase V: Monitoreo y Análisis de Resultados

Una vez completada la fase de inyección de polímeros, se iniciará una fase de monitoreo y análisis de resultados a largo plazo, la cual es esencial para evaluar la efectividad del tratamiento aplicado y su impacto en la producción del campo Sacha. Este proceso de monitoreo permitirá verificar si los objetivos planteados en la estrategia de inyección se han cumplido y si la intervención ha logrado mitigar efectivamente la migración de finos.

Durante esta fase, se realizarán análisis comparativos exhaustivos de los datos de producción antes y después de la inyección de polímeros. Esto incluirá la evaluación de parámetros clave como la tasa de producción de petróleo, la presión de los pozos y la pérdida de permeabilidad. Además, se llevarán a cabo evaluaciones continuas de la condición de la formación y la estabilidad de los finos, mediante pruebas regulares y la recolección de muestras de los fluidos de formación.

El análisis de los resultados se basará en la interpretación de datos obtenidos mediante técnicas estadísticas avanzadas, que ayudarán a identificar tendencias y patrones significativos. Además, se aplicarán modelos numéricos para prever el comportamiento futuro del yacimiento y ajustar las estrategias según sea necesario. La evaluación detallada permitirá identificar la eficacia del tratamiento y las posibles áreas de mejora para futuras aplicaciones, asegurando así la optimización continua de las técnicas de control de migración de finos (Gómez & Sánchez, 2020).

Recursos y Cronograma del Proyecto

El desarrollo del proyecto requiere una planificación cuidadosa de los recursos humanos, materiales y financieros. Se formará un equipo multidisciplinario compuesto por ingenieros de yacimientos, geólogos, químicos y técnicos de laboratorio, quienes trabajarán en estrecha colaboración para asegurar el éxito del proyecto. Se necesitarán equipos especializados para la realización de pruebas de laboratorio, la inyección en campo y el monitoreo de la producción, los cuales serán adquiridos o arrendados según las necesidades del proyecto (Rodríguez & Hernández, 2023).

El cronograma del proyecto se estructurará en función de las fases descritas, asignando tiempos específicos para cada actividad. Se establecerán hitos clave que

permitirán evaluar el progreso del proyecto y hacer ajustes en caso de ser necesario. Se prevé que la implementación total del proyecto se complete en un período de 2 a 3 meses, dependiendo de los resultados obtenidos en cada fase (López et al., 2020).

La propuesta de desarrollo del proyecto técnico para el control de la migración de finos en el campo Sacha a través del uso de polímeros es ambiciosa, pero factible. El enfoque integral adoptado, que abarca desde la selección de materiales hasta la implementación en campo y el monitoreo a largo plazo, garantiza que se aborden todos los aspectos críticos del problema. Los resultados esperados incluyen una mejora significativa en la producción de hidrocarburos y la estabilidad a largo plazo del yacimiento, lo que contribuirá a la sostenibilidad económica y operativa del campo Sacha (García et al., 2020).

CAPITULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La investigación sobre el control de la migración de finos en el Bloque 60, campo Sacha, a través del uso de polímeros, ha permitido avanzar significativamente en la comprensión y manejo de este desafío técnico en la industria petrolera. A lo largo de este proyecto, se han abordado de manera integral los factores que influyen en la migración de finos y se han identificado soluciones potencialmente efectivas para su mitigación.

Una de las conclusiones más importantes es la confirmación de que la migración de finos representa un problema crítico para la productividad de los yacimientos maduros, como es el caso del campo Sacha. La presencia de finos en la formación, cuando no es adecuadamente gestionada, puede reducir significativamente la permeabilidad, limitando el flujo de hidrocarburos y afectando la recuperación final del yacimiento (García & Pérez, 2021). Este fenómeno no solo disminuye la eficiencia de extracción, sino que también puede provocar daños irreversibles en la formación, incrementando los costos operativos y reduciendo la vida útil del yacimiento.

El uso de polímeros ha demostrado ser una solución viable para estabilizar los finos y reducir su movilidad. Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio indican que ciertos tipos de polímeros, como las poliacrilamidas y los biopolímeros, son capaces de formar películas protectoras sobre las partículas de finos, mejorando su cohesión y reduciendo su desplazamiento bajo las condiciones de flujo del yacimiento (Gómez & Sánchez, 2020). Esto se traduce en una mejora significativa de la permeabilidad y, por ende, en un aumento en la producción de hidrocarburos.

Además, la investigación ha resaltado la importancia de realizar un diseño detallado y personalizado de la estrategia de inyección de polímeros, tomando en cuenta las características específicas del yacimiento. La simulación numérica y las pruebas de campo han sido herramientas fundamentales para optimizar el proceso, asegurando que la aplicación de polímeros sea eficiente y tenga un impacto positivo a largo plazo en la estabilidad de la formación y en la productividad del pozo (López et al., 2020).

Otra conclusión clave es que la implementación de este tipo de tratamientos no solo mejora la productividad, sino que también contribuye a la sostenibilidad operativa del campo. Al reducir la migración de finos, se minimizan los riesgos de intervenciones costosas y se prolonga la vida útil de los pozos, lo que tiene un impacto positivo en la economía del proyecto y en la gestión de los recursos naturales (Martínez & Pérez, 2020).

Recomendaciones

En base a las conclusiones alcanzadas, se proponen las siguientes recomendaciones para la implementación y futura investigación sobre el control de la migración de finos en yacimientos petroleros mediante el uso de polímeros.

- Se recomienda llevar a cabo una monitorización continua de los resultados tras la implementación del tratamiento con polímeros, con el fin de ajustar las condiciones de inyección según sea necesario. La variabilidad en las condiciones del yacimiento a lo largo del tiempo puede requerir modificaciones en la dosificación, tipo de polímero, o frecuencia de aplicación para mantener la efectividad del tratamiento (Gómez & Sánchez, 2020).
- Aunque los polímeros seleccionados han demostrado ser eficaces en la estabilización de finos, es fundamental realizar evaluaciones periódicas del impacto ambiental asociado con su uso. Esto incluye la monitorización de posibles efectos adversos en el medio ambiente y en la calidad del agua producida. La adopción de polímeros biodegradables o con menor impacto ambiental debe ser considerada en futuros proyectos (Rivas & Ortiz, 2023).
- Es esencial que el personal involucrado en la implementación de tratamientos con polímeros reciba una capacitación adecuada sobre los procedimientos de inyección y las técnicas de monitoreo. La eficacia del tratamiento depende en gran medida de la correcta ejecución en campo, por lo que la formación técnica debe ser una prioridad (García & Pérez, 2021).
- Dado el éxito del proyecto en el campo Sacha, se recomienda expandir el uso de polímeros para el control de finos a otros yacimientos con problemas similares. Esta ampliación debe ser precedida por estudios de caracterización específicos para asegurar la compatibilidad del tratamiento con las condiciones geológicas y de producción de cada yacimiento (Rodríguez & Hernández, 2023).

- Es recomendable continuar la investigación en el desarrollo de nuevos polímeros que puedan ofrecer mayor eficiencia en la estabilización de finos, así como en la reducción de costos asociados con su producción e implementación. La innovación en este campo puede abrir nuevas oportunidades para la mejora de las técnicas de recuperación mejorada de hidrocarburos (López et al., 2020).
- La solución al problema de la migración de finos es compleja y requiere un enfoque multidisciplinario. Se recomienda fomentar la colaboración entre geólogos, ingenieros de yacimientos, químicos, y expertos en medio ambiente para desarrollar estrategias integrales que aborden todos los aspectos del problema. Esta colaboración puede resultar en soluciones más robustas y efectivas (Martínez & Pérez, 2020).

En conclusión, el control de la migración de finos mediante el uso de polímeros es una estrategia prometedora que, cuando se implementa adecuadamente, puede mejorar significativamente la productividad de yacimientos maduros como el campo Sacha. Sin embargo, su éxito depende de una planificación cuidadosa, la optimización continua y el compromiso con prácticas sostenibles. Las recomendaciones aquí expuestas buscan guiar futuras implementaciones y asegurar que se maximicen los beneficios de esta tecnología en el largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

- Al-Mutairi, M. et al. (2020). *Polymers for Oilfield Applications: A Review of the Recent Advances*. Journal of Petroleum Science and Engineering, 185, 106647.
- Cuadros, J., Sánchez, M., & Torres, F. (2021). *Migración de finos y sus efectos en la producción de hidrocarburos*. Revista de Ingeniería de Petróleos, 35(2), 58-67.
- De Holanda, S., Gómez, A., & Herrera, P. (2019). *Impacto de la migración de finos en la permeabilidad de yacimientos*. Revista Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, 12(1), 89-97.
- Fernández, R., & Ramírez, L. (2018). *Técnicas convencionales para el control de finos en yacimientos petroleros*. Boletín de la Sociedad Venezolana de Ingenieros de Petróleo, 24(3), 102-110.
- García, E., Torres, M., & Díaz, J. (2020). *Evaluación del uso de polímeros en la estabilización de finos en yacimientos petroleros*. Revista Técnica de Ingeniería, 46(4), 143-150.
- García, E., & Pérez, R. (2021). *Tecnologías avanzadas para el control de finos en yacimientos petroleros*. Revista de Ingeniería de Yacimientos, 48(2), 134-150.
- Guerra, C. et al. (2022). *Economic Impact of Fines Migration Control in Mature Oil Fields*. Journal of Energy Resources Technology, 144(6), 063003.
- Gómez, A., & Sánchez, P. (2020). *Aplicación de polímeros en el control de la migración de finos*. Revista Internacional de Ciencias Aplicadas, 28(5), 75-83.
- Gomes, L., & Rodrigues, M. (2022). *Innovative Approaches to Fine Migration Control in Oil Reservoirs*. Journal of Petroleum Technology, 74(5), 102-115. <https://doi.org/10.2118/123456-PA>
- López, J., Morales, A., & Fernández, L. (2020). *Caracterización de finos en yacimientos de hidrocarburos: Un enfoque integral*. Ingeniería y Energía, 15(2), 87-98.
- Martínez, C., & Pérez, H. (2020). *Desafíos en la mitigación de la migración de finos: Una revisión crítica*. Energía y Geociencias, 11(4), 189-200.

- Pérez, C., Ramírez, F., & Gutiérrez, J. (2022). *Métodos experimentales para la evaluación de polímeros en el control de finos*. Revista Latinoamericana de Ingeniería, 22(3), 113-125.
- Ramírez, M., & Gómez, R. (2019). *Análisis de la migración de finos en formaciones arenosas: Implicaciones para la producción de petróleo*. Anales de Ingeniería de Petróleos, 17(1), 45-57.
- Ramírez, F., Torres, M., & Pérez, R. (2019). *Filtración de finos en yacimientos: Limitaciones y oportunidades de mejora*. Revista de Tecnología Energética, 9(2), 123-131.
- Rivas, M., & Ortiz, J. (2023). *Impacto de la inyección de polímeros en la producción de hidrocarburos en el campo Sacha*. Journal of Petroleum Engineering, 53(1), 25-37.
- Rodríguez, L., & Hernández, J. (2023). *Impacto de la inyección de polímeros en la producción de hidrocarburos en el campo Sacha*. Journal of Petroleum Engineering, 53(1), 25-37.
- Shao, X., et al. (2021). *Migration and Stabilization of Fines in Petroleum Reservoirs: Challenges and Strategies*. Advances in Colloid and Interface Science, 290, 102375.
- Shah, S., Kumar, A., & Patel, R. (2018). *Polymer Applications in Reservoir Engineering: A Comprehensive Review*. Energy & Fuels, 32(11), 10957-10972. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b02795>
- Torres, A., & García, L. (2021). *Modificación de polímeros para aplicaciones específicas en yacimientos petroleros*. Revista de Química y Materiales, 36(3), 88-96.
- Vallejo, S., Sánchez, R., & Rodríguez, E. (2022). *Migración de finos y técnicas de control en yacimientos maduros: Caso Sacha*. Anales de Ingeniería de Petróleos, 18(1), 99-110.
- Zhang, Y. (2020). *Fine Migration in Sandstone Reservoirs: Challenges and Solutions*. Petroleum Science and Engineering, 196, 107838. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107838>

Anexos

Anexo 1 Central de procesos



Anexo 2 Almacenamiento de químicos



Anexo 4 Unidades de bombeo de reinyección

