



Tecnológico UNIVERSITARIO
‘RUMIÑAHUI’

CARRERA:

PETRÓLEO

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

TEMA:

**MEJORAR LA MOVILIDAD DE CRUDO EXTRA PESADO PARA
SU LEVANTAMIENTO EN EL CAMPO ISHPINGO BLOQUE 43 A
TRAVÉS DE INYECCIÓN CÍCLICA DE VAPOR Y
TRATAMIENTO QUÍMICO EN EL AÑO 2024**

AUTORES:

CASTILLO CEVILLANO SHIRLEY EUGENIA

RAMIREZ CEVALLOS JONATHAN ALBEIRO

TANDAZO CÓRDOVA CRISTIAN FABRICIO

DIRECTORES:

ALVAREZ LAZO LUIS ALFREDO

Sangolquí, agosto, 31, 2024

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 31 de Octubre 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, RAMÍREZ CEVALLOS JONATHAN ALBEIRO declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, MEJORAR LA MOVILIDAD DEL CRUDO EXTRA PESADO PARA SU LEVANTAMIENTO EN EL CAMPO ISHPINGO BLOQUE 43 ATRAVES DE INYECCIÓN CICLICA DE VAPOR Y TRATAMIENTO QUÍMICO 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,



RAMÍREZ CEVALLOS JONATHAN ALBEIRO

C.I.: 2101008544

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 31 de Octubre del 2024

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

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

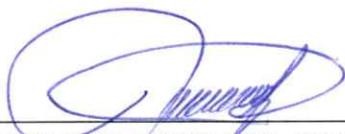
Presente

Por medio de la presente, yo, TANDAZO CORDOVA CRISTIAN FABRICIO declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, MEJORAR LA MOVILIDAD DE CRUDO EXTRA PESADO PARA SU LEVANTAMIENTO EN EL CAMPO ISHPINGO BLOQUE 43 A TRAVES DE INYECCION CÍCLICA DE VAPOR Y TRATAMIENTO QUÍMICO 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,



TANDAZO CORDOVA CRISTIAN FABRICIO
C.I.: 2100760400

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

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGIA SUPERIOR EN PETROLÉOS

AUTOR /ES:

RAMÍREZ CEVALLOS JONATHAN ALBEIRO
TANDAZO CÓRDOVA CRISTIAN FABRICIO

TUTOR:

LUIS ALFREDO ALVAREZ LAZO

CONTACTO ESTUDIANTE:

0969739242
0969450504

CORREO ELECTRÓNICO:

jonathanalberto.ramirez@ister.edu.ec
cristian.tandazo@ister.edu.ec

TEMA:

MEJORAR LA MOVILIDAD DEL CRUDO EXTRA PESADO PARA SU LEVANTAMIENTO EN EL CAMPO ISHPINGO BLOQUE 43 ATRAVÉS DE INYECCIÓN CÍCLICA DE VAPOR Y TRATAMIENTO QUÍMICO EN EL AÑO 2024.

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

RESUMEN EN ESPAÑOL:

Este proyecto se enfoca en inyección cíclica de vapor y tratamiento químico para mejorar la recuperación de crudo extra pesado en reservorios de alta viscosidad. El proceso consiste en inyectar vapor en un pozo determinado durante 1 a 3 semanas, seguido de un periodo de remojo para permitir que el vapor caliente y disminuya uniformemente en la formación productora. Luego, el pozo se abre para producción hasta que el proceso deje de ser rentable.

La inyección cíclica de vapor se realiza en tres etapas: inyección de vapor para crear una Cámara térmica, una fase de espera para diluir el crudo, y finalmente, la producción del crudo diluido.

Aunque esa técnica mejora la recuperación y ofrece flexibilidad operativa, presenta desventajas como alto consumo de energía, costos iniciales elevados y necesidades de mantenimiento especializado. Además, el tratamiento químico en la producción incluye el uso de productos como inhibidor de viscosidad, surfactantes y polímeros, cada uno con mecanismos específicos para optimizar la producción y manejo de petróleo, tales como la reducción de viscosidad y la mejora de la movilidad del crudo.

PALABRAS CLAVE:

VISCOSIDAD – CRUDO – EXTRA PESADO – PRODUCCIÓN

ABSTRACT:

This Project focuses on cyclic steam injection and chemical treatment to improve the recovery of extra-heavy crude oil in high-viscosity reservoirs. The process involves injecting steam into a given well for 1 to 3 weeks, followed by a soaking period to allow the steam to heat and distribute evenly in the producing formation. The well is then reopened for production until the process is no longer profitable. Cyclic steam injection is performed in three stages: steam injection to create a thermal chamber, a waiting phase to dilute the crude, and finally, the production of the diluted crude.

While this technique improves recovery and offers operational flexibility, it has disadvantages such as high energy consumption, high upfront costs, and specialized maintenance needs. In addition, chemical treatment in production includes the use of products such as viscosity inhibitors, surfactants and polymers, each with specific mechanisms to optimize oil production and handling, such as reducing viscosity and improving crude oil mobility.

PALABRAS CLAVE:

PRODUCTION – CRUDE – VISCOSITY – EXTRA HEAVY

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2
Sangolquí, 31 de Octubre 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" del estudiante: RAMÍREZ CEVALLOS JONATHAN ALBEIRO con C.I: 2101008544 – TANDAZO CÓRDOVA CRISTIAN FABRICIO con C.I: 2100760400 alumnos de la Carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PETRÓLEOS.

Atentamente,



Firma del Estudiante
C.I.: 2101008544



Firma del Estudiante
C.I.: 2100760400

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software "TURNITING" y cuenta con un porcentaje de; 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 ____ / ____ / ____

DEDICATORIA

El siguiente trabajo es dedicado a mi familia, a mi padre por ser mi apoyo incondicional y ejemplo a seguir.

A mi madre, por su cariño y colaboración.

A ustedes por todos mis logros.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al tiempo, sacrificio y dedicación de nuestros profesores quienes forjaron
nuestra formación académica.

Agradezco a Dios por darme salud y capacidad para realizar y cumplir todas las metas
planteadas

ÍNDICE GENERAL

MEJORAR LA MOVILIDAD DE CRUDO EXTRA PESADO PARA SU LEVNATAMIENTO EN EL CAMPO ISHPINGO BLOQUE 43 A TRAVÉS DE INYECCIÓN CÍCLICA DE VAPOR Y TRATAMIENTO QUÍMICO EN EL AÑO 2024.....	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE GENERAL.....	4
RESUMEN.....	6
ABSTRAC.....	7
CAPITULO I.....	8
INTRODUCCIÓN	8
1.1. Planteamiento del Problema.....	9
1.2 Justificación.....	10
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos.....	13
CAPITULO II	14
MARCO TEÓRICO.....	14
CAPITULO III.....	27
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	27
CAPITULO IV.....	38
PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
CAPITULO V.....	49

5.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
-----	--------------------------------------	----

LISTA DE TABLAS

TABLA 1	PARÁMETROS DE POZOS MÉTODO DE INYECCIÓN CÍCLICA DE VAPOR	32
TABLA 2	CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO QUÍMICO	34
TABLA 3	COMPARACIÓN SIMPLIFICADA DE ECT 1.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	LA ESTATAL TIENE PREVISTO INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DEL BLOQUE CON LA ENTRADA EN PRODUCCIÓN DE LAS PLATAFORMAS A Y B.....	10
FIGURA 2	REPRESENTACIÓN EN UN ESQUEMA DE UN PROCESO DE INYECCIÓN CÍCLICA DE VAPOR ...	16
FIGURA 3	MUESTRA DE CRUDO EXTRA PESADO DEL PRIMER POZO PETROLERO EN ISHPINGO A	23
FIGURA 4	TASA DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO ANTES Y DESPUÉS DE LOS TRATAMIENTOS QUÍMICOS	48

RESUMEN

Quiero este proyecto se enfoque en inyección cíclica de vapor y tratamiento químico para mejorar la recuperación de crudo extra pesado en reservorios de alta viscosidad. El proceso consiste en inyectar vapor en un pozo determinado durante 1 a 3 semanas, seguido de un periodo de remojo para permitir que el vapor caliente y disminuya uniformemente en la formación productora. Luego, el pozo se abre para para producción hasta que el proceso deje de ser rentable. La inyección cíclica de vapor se realiza en tres etapas: inyección de vapor para crear una Cámara térmica, una fase de espera para diluir el crudo, y finalmente, la producción del crudo diluido. Aunque esa técnica mejora la recuperación y ofrece flexibilidad operativa, presenta desventajas como alto consumo de energía, costos iniciales elevados y necesidades de mantenimiento especializado. Además, el tratamiento químico en la producción incluye el uso de productos como inhibidor de viscosidad, surfactantes y polímeros, cada uno con mecanismos específicos para optimizar la producción y manejo de petróleo, tales como la reducción de viscosidad y la mejora de la movilidad del crudo.

ABSTRAC

This Project focuses on cyclic steam injection and chemical treatment to improve the recovery of extra-heavy crude oil in high-viscosity reservoirs. The process involves injecting steam into a given well for 1 to 3 week, followed by a soaking period to allow the steam to heat and distribute evenly in the producing formation. The well is then reopened for production until the process is no longer profitable. Cyclic steam injection is performed in three stages: steam injection to create a thermal chamber, a waiting phase to dilute the crude, and finally, the production of the diluted crude.

While this technique improves recovery and offers operational flexibility, it has disadvantages such as high energy consumption, high upfront costs, and specialized maintenance needs. In addition, chemical treatment in production includes the use of products such as viscosity inhibitors, surfactants and polymers, each with specific mechanisms to optimize oil production and handling, such as reducing viscosity and improving crude oil mobility

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el bloque 43 ITT, ubicado en el Parque Nacional Yasuní, comenzó en julio de 2016. Desde entonces con la producción total de ese bloque alcanzado 125,5 millones de barriles, sumando las contribuciones de los 3 campos Ishpingo, Tambococha, y Tiputini, durante el año 2023, la producción del bloque alcanzó los 57,466 barriles diarios, considerando uno de los más productivos con el campo Ishpingo con un promedio de 22 mil barriles por día.

El campo Ishpingo, ubicado en el Bloque 43 es uno de los principales campos de petróleo en la amazonia ecuatoriana, este campo forma parte de ITT (Ishpingo - Tambococha – Tiputini) un complejo de reservas petroleras que han sido de vital importancia para la producción nacional de petróleo, la explotación de estos recursos se enfrenta a desafíos técnicos y operacionales debido a las características por la presencia de crudo extra pesado con propiedades físicas que dificultan su extracción convencional. La alta viscosidad del crudo extra pesado requiere métodos especializados para reducir su resistencia al flujo y permitir su transporte desde el reservorio hasta la superficie. Las técnicas actuales empleadas en el campo han logrado ser suficiente para optimizar la recuperación de crudo, lo que impacta directamente en la rentabilidad y la eficiencia operativa del campo. (Ecuador, 2023)

En el contexto actual de la industria petrolera como la eficiencia en la extracción de crudo extra pesado se ha convertido en un desafío crucial, especialmente en campos de alta complejidad operativa como el campo ishpingo, ubicado en el bloque 43. Este campo, conocido por sus reservas

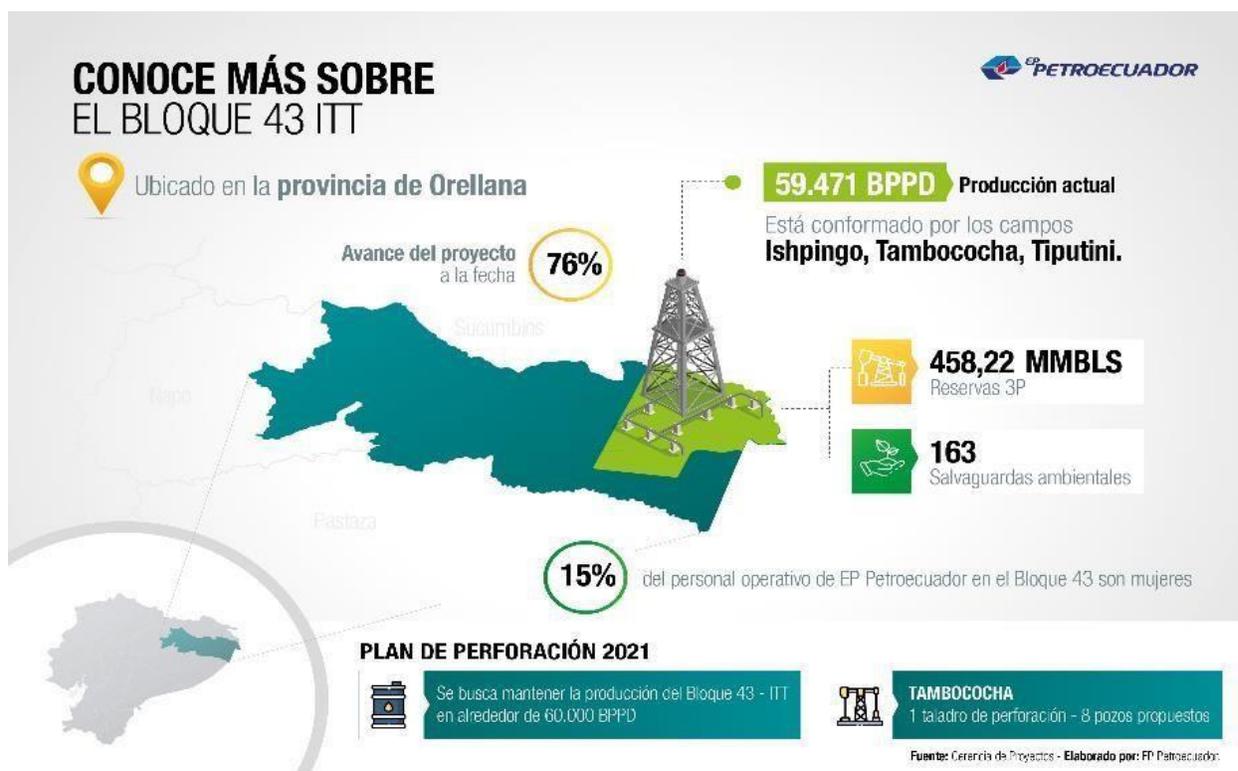
de crudo extra pesado, presenta dificultades significativas debido a la alta viscosidad del petróleo, que limita su movilidad y, por ende, su recuperación efectiva.

PETROECUADOR EP, ha estado adoptando nuevas tecnologías y estrategias operativas para mejorar la producción en el campo ishpingo, su aporte es más al campo ITT, la implementación de técnicas avanzadas como la inyección cíclica de vapor y el tratamiento químico para enfrentar los retos asociados con el crudo extra pesado. Las tecnologías se alinean con los esfuerzos de PETROECUADOR para mejorar la producción y minimizar los costos operativos, cumpliendo a cabalidad con las regulaciones ambientales y se promueve la sostenibilidad en sus operaciones

1.1. Planteamiento del Problema

Los pozos de producción de las dos plataformas Ishpingo A, Ishpingo B, bloque 43 ubicada en la región amazónica del Ecuador producen crudo extra pesado, conocido por su alta viscosidad, que dificulta su movilidad afectando la extracción desde el yacimiento arenisca U, hacia la superficie lo cual el crudo tiene las siguientes características un API 10 - 13.6, lo que afecta negativamente la producción y los costos operativos. Por lo tanto, requiere grandes cantidades de energía y recursos para ser extraído, sus costos son elevados y afectan la viabilidad económica del campo.

Figura 1 La estatal tiene previsto incrementar la producción del bloque con la entrada en producción de las plataformas A y B



<https://www.eppetroecuador.ec/?p=10086>

1.2 Justificación

El crudo extra pesado en el campo ishpingo bloque 43 presenta desafíos técnicos significativos debido a su alta viscosidad lo que dificulta su movilización y extracción del crudo, los métodos tradicionales actualmente instalados, sus equipos BES (Bombas electro sumergibles) no cuentan con la capacidad para levantar un crudo con ese tipo de características, de manera efectiva la movilidad del crudo lo que limita la recuperación y afecta la eficiencia operativa. la inyección cíclica de vapor y el tratamiento químico han demostrado ser tecnologías efectivas en otros contextos para reducir la viscosidad del crudo y mejorar la movilidad, implementar esas técnicas en el campo ishpingo bloque 43 podría optimizar el proceso de extracción, aumentar la

tasa de recuperación y mejorar la eficiencia técnica general esta investigación permitirá validar la aplica estabilidad de estas tecnologías específicas en el contexto del campo proporcionando datos cruciales para su implementación a gran escala

La inyección cíclica de vapor ir (ICV) es una técnica avanzada de recuperación mejorada de petróleo (EOR) empleada para incrementar la movilidad del crudo especialmente en yacimientos con petróleo extra pesado esa metodología se fundamenta en la inyección periódica de vapor en un reservorio para reducir la viscosidad del crudo facilitando así su flujo y extracción, se enfoca en superar los desafíos inherentes a la extracción de crudo extra pesado conocidos por su alta viscosidad que dificulta su movilidad en este contexto la inyección cíclica de vapor se propone como una solución integral para mejorar la eficiencia de la producción.

La inyección cíclica de vapor implica un proceso repetitivo que se lleva a cabo en varias etapas:

Inyección de vapor: En esta etapa se inyecta vapor a alta presión, en el reservorio el vapor caliente, el crudo disminuye su viscosidad y aumenta su movilidad, además la inyección de vapor incrementa la presión del yacimiento lo que facilita el desplazamiento del crudo hacia los pozos de producción.

Periodo de recuperación: Posteriormente tendremos un periodo de recuperación durante el cual el vapor se condensa dentro del reservorio, este enfriamiento gradual permite que el crudo diluido sea más fluido y se acomode en el yacimiento facilitando su recuperación en la fase siguiente.

Producción: Durante esta fase se extrae el crudo que ha sido calentado y diluido por el vapor la reducción de viscosidad y el incremento de presión permiten un flujo más eficiente del crudo hacia los pozos de extracción.

Repetición del ciclo: El proceso de inyección y recuperación se repite en ciclos para mantener las condiciones óptimas dentro del reservorio maximizando así la cantidad de crudo que se puede recuperar.

El tratamiento químico en la recuperación de Petróleos es una técnica que emplea diversas sustancias químicas para modificar las propiedades del crudo o de reservorio con el fin de mejorar la eficiencia de la extracción en el contexto de crudo extra pesado, los tratamientos químicos están diseñados para reducir la viscosidad del petróleo, alterar la tensión superficial o facilitar su desplazamiento a través de las formaciones geológicas, los principales tipos de tratamiento químico incluyen:

Agentes diluyentes: Son los compuestos como los disolventes o mezclas de hidrocarburos ligeros, se inyectan en el reservorio para reducir la viscosidad del crudo extra pesado haciéndolo más fluido y por ende más fácil de bombear.

Surfactantes: Utilizados para reducir la tensión superficial entre el crudo y el agua o entre el crudo y las rocas del reservorio esto facilita la movilización del crudo al reducir la fricción y mejorar el desplazamiento del petróleo hacia los pozos de extracción.

Agentes de reducción de interfaz: Algunos casos se utilizan químicos para alterar la interacción entre las fases de petróleo agua y gas en el reservorio ayudando a romper emulsiones y facilitar la separación del crudo.

Agentes mejoradores de desplazamiento: Los productos químicos ayudan a mejorar la eficiencia del agua o el vapor en el desplazamiento del crudo dentro del reservorio aumentando el volumen de crudo que puede ser recuperada.

1.3 Alcance

Dentro del campo ishpingo B, bloque 43, la extracción de crudo extra pesado presenta características de alta viscosidad en el hidrocarburo, con un API 10 – 13.6, lo cual en conjunto con

otras tecnologías actuales utilizadas dentro del campo y en conjunto tener una mayor eficiencia en la extracción.

La inyección cíclica de vapor a implementarse, ayudaría a la eficacia de la producción de los pozos del campo Ishpingo B, esta se desarrollaría mediante una serie de etapas de procesos y parámetros operativos, sus costos asociados dentro del bloque 43, el tratamiento químico a su vez ayudaría a la mejora mediante su tratamiento a la movilidad del crudo, mejor balance entre su costo y beneficio incrementando a su vez producción y costos operativos.

1.4 Objetivos General y Específicos

1.4.1 Objetivo general

Mejorar la movilidad de crudo extra pesado para su levantamiento en el campo Ishpingo B, bloque 43 a través de inyección cíclica de vapor y tratamiento químico en el año 2024

1.4.2 Objetivos específicos

Evaluar la viabilidad técnica y económica de la inyección cíclica de vapor en el campo Ishpingo B, Bloque 43 para determinar su impacto de la movilidad del crudo extra pesado.

Desarrollar e implementar una estrategia de tratamiento Químico que mejore la fluidez del crudo extra pesado, evaluando su efectividad como también a la implementación de la inyección cíclica de vapor.

Monitorear y analizar los resultados de la inyección cíclica de vapor y del tratamiento químico en términos de producción de crudo y reducción de costos operativos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La inyección cíclica de vapor (CSS): cyclic steam injection.

Es una técnica utilizada en la industria petrolera Para mejorar la eficiencia y efectividad en los procesos de recuperación de petróleo EOR, hoy utilizados en el presente y producción de yacimientos de crudo extra pesado, en reservorios de yacimiento arenisca U o formaciones con alta viscosidad, es por esta es la popularidad que deriva de la fácil aplicación de este método de la baja inversión inicial y del rápido retorno de la misma. La cíclica de vapor básicamente consiste en inyectar vapor a un pozo de petróleo durante un determinado tiempo generalmente de una a tres semanas para así alterar sus propiedades de roca fluido, cerrar el pozo por un corto periodo de tiempo y luego ponerlo en producción , reduciendo la viscosidad de petróleo y facilitar su extracción para luego obtener incremento en la taza de producción de petróleo, Los resultados del tratamiento son evidentes en pocas semanas a diferencia de los otros métodos utilizados dentro de la industria petrolera, todo esto se logra en las siguientes etapas:

Etapa 1, Inyección:

Se inyecta un tapón de vapor en el yacimiento en un tiempo determinado, generando así una cámara de vapor sobre el yacimiento de producción que se produce como energía térmica. El vapor es inyectado a una tasa bastante alta, durante varias semanas hasta que se inyecta el volumen deseado de vapor al yacimiento.

Etapa 2, Remojo

En esta etapa o fase de impregnación se requiere cerrar el pozo a intervenir 2 semanas conocido como periodo de remojo para de este modo obtener una conversación parcial de todo el vapor que se inyectó y que calienta la roca y los fluidos permitiendo una distribución uniforme del vapor y estimular así una mayor área del yacimiento.

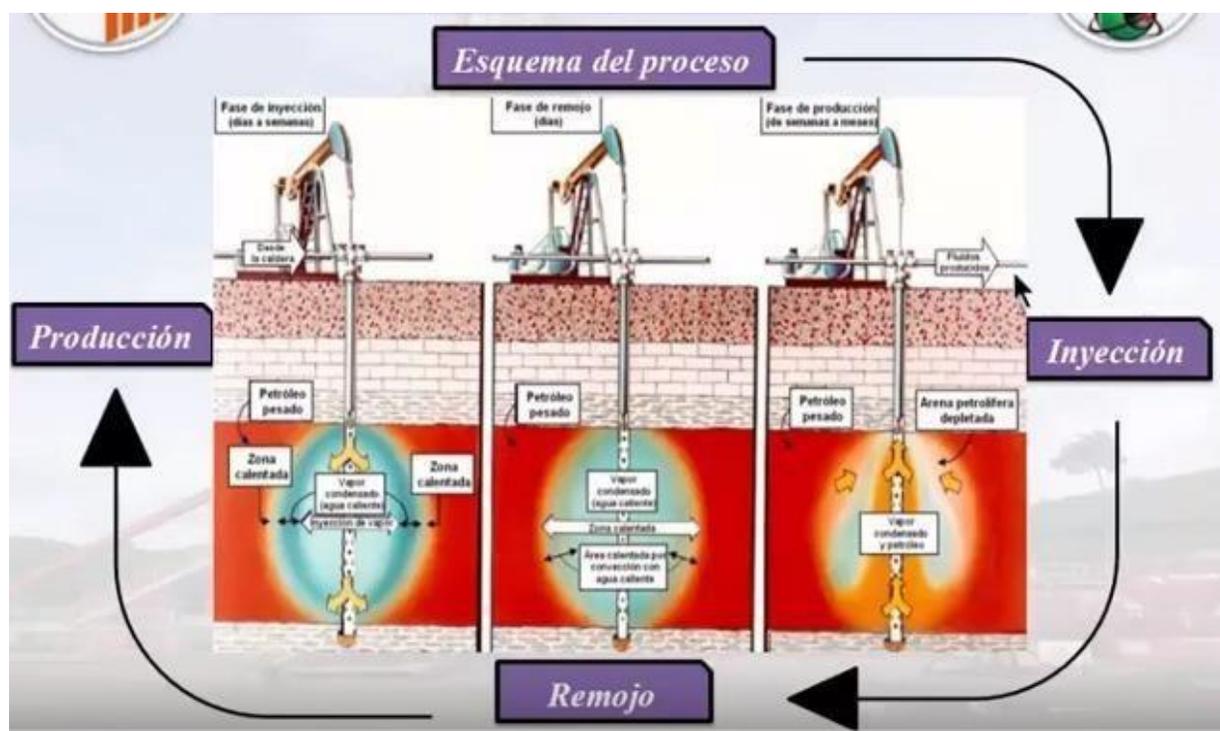
Antes de poner en producción el pozo gracias a este mecanismo obtenemos petróleo con una gran movilidad por lo que cuando comienza su producción la presión disminuye dando paso a diferentes mecanismos de producción los cuales ayudan a subir el petróleo a la superficie en una tasa a un mayor que se encontraba antes de la inyección.

Etapa 3, Producción

Durante esta etapa se abre el pozo para producir el petróleo diluido, su producción será una taza considerable a sus inicios. Durante todo este proceso se lo debe repetir tanto las veces que sean requeridas obteniendo así una producción económicamente rentable. Y como para el primer ciclo

de cuenta con una gran taza de gas el cual es forzado a una solución junto con el petróleo lo cual ayuda a la expulsión del mismo esta fuerza de expulsión deriva del gas que se contiene en solución y que es producido casi todo en el primer ciclo si te cuenta con una formación de buen espesor y pocas barreras horizontales a medida que se va produciendo el petróleo de la Zona Caliente esta es sustituido por otro más proveniente de la zona fría (Sofía G, 2022).

Figura 2 Representación en un esquema de un proceso de inyección cíclica de vapor



<https://www.emaze.com/@AOCCLWITC/-DESPLAZAMIENTOS->

Principio de funcionamiento.

La técnica se basa en la inyección de vapor en el reservorio o en el medio contaminado en ciclos alternos esto implica un proceso de inyección un periodo de reposo y una fase de producción y recuperación, y aumentar la recuperación del petróleo en campos que han pasado por la fase de producción primaria y secundaria.

Ventajas de la CSS.

Mejora la recuperación de petróleo: Aumenta la movilidad de petróleo pesado o viscoso permitiendo una extracción más eficiente, aumenta significativamente la cantidad de petróleo que se pueda extraer de un yacimiento

Flexibilidad operativa: los ciclos que pueden ajustarse según las condiciones del reservorio o las características contaminantes.

Reducción de viscosidad: calienta el petróleo disminuyendo su viscosidad y facilitando su flujo.

Desventajas de la CSS.

Alto consumo de energía la generación de vapor requiere mucha energía lo cual puede ser costoso y tener implicaciones ambientales.

Costo inicial elevado la instalación de los equipos y la infraestructura necesarios tienen un costo significativo.

Mantenimiento y operación los equipos utilizados para la generación y la inyección de vapor, requiere mantenimiento especializado añadiendo costos operativos (Nelson, 2010).

TRATAMIENTO QUIMICO.

Un tratamiento químico se refiere a la aplicación de productos químicos, es un método novedoso para calentar el yacimiento de crudo pesado mediante inyección de mezclas binarias

(nitrato de sodio NaNO_3 y nitrito de sodio NaNO_2) solucionar cosa que originan una reacción exotérmica generando el transmitiendo calor a altas temperaturas que otras en donde la concentración de los químicos es la solución, para optimizar la producción y manejo de petróleo, esos tratamientos pueden incluir e inhibidores de corrosión para proteger las infraestructuras, desmenuficantes para separar agua del crudo, surfactantes para mejorar la movilidad del petróleo en el reservorio y aditivos para mejorar la eficiencia de los procesos de recuperación estas técnicas son esenciales para manejar los desafíos específicos del yacimiento y mejorar la producción en los campos petroleros ecuatorianos, especialmente en el bloque ITT, se refiere a la aplicación de productos químicos específicos para mejorar la recuperación y manejo de este tipo de crudo que es altamente viscoso y difícil de extraer los tratamientos químicos para crudos extra pesados suelen incluir:

- Inhibidores de viscosidad: Productos que reducen la viscosidad del crudo facilitando su bombeo y transporte.
- Agentes desmenuficantes: Se aplican para separar el agua del crudo en la producción y procesamiento.

Tipos de químicos a utilizar.

- Surfactantes o (tensoactivos): Sustancias químicas clave que se utilizan para mejorar recuperación de petróleo y optimizar diversos procesos, se utiliza para reducir la tensión superficial entre el petróleo y el agua y a mejorar la movilidad del crudo en el reservorio, en la disolución de emulsiones, mejorando la eficiencia del proceso de extracción, de los cuales se encuentran los surfactantes aniónicos como el sulfato de sodio y el alquibenceno.

- Polímeros: Compuestos químicos utilizados para mejorar la recuperación al aumentar la eficiencia de la inyección del agua o vapor, con el aumento de la viscosidad del agua

mejora la capacidad para movilizar el petróleo atrapado en el yacimiento y el control de la permeabilidad evitando la canalización del flujo del agua; poliacrilamida (PAM).

- Ácidos se utilizan para disolver minerales y mejorar la permeabilidad del yacimiento facilitando la movilidad y capacidad del flujo de petróleo; ácido clorhídrico (HCl) y ácido fórmico

- Bases: Utilizando para neutralizar los ácidos en el yacimiento y regulan el pH durante el proceso de inyección de químicos; hidróxido de sodio (NaOH) y amoníaco.

- Solventes: Son compuestos químicos usados para disolver o diluir otros materiales lo que facilita su manejo y procesamiento son cruciales para tratar crudo especial pesados y bituminosos se utiliza para reducir la viscosidad del crudo disolver impurezas y mejorar la eficiencia de los procesos de extracción; solventes como el tolueno el hexano y la nafta

- Agentes de control de deposición: Compuestos químicos diseñados para prevenir controlar o eliminar depósitos de minerales sales y otros sólidos que pueden formarse en los equipos y tuberías durante el proceso de extracción estos depósitos pueden afectar negativamente a la eficiencia operativa para mantener el rendimiento y seguridad experimentados nuevos en las operaciones petroleras, inhibidores de la formación de sales y biácidas.

- Agentes espumantes y antiespumantes los agentes antiespumantes también conocidos como antiespumógenos son compuestos que reducen o eliminan la formación de espuma, juega un papel crucial en el manejo y procesamiento de fluidos estos químicos utilizan para controlar la formación y la estabilidad de espuma qué puede afectar negativamente a la

eficiencia y seguridad de los procesos industriales estos son los: agentes antiespumantes a base de siliconas y polidimetilsiloxanos

2.2 MECANISMOS DE ACCIÓN

Estos tratamientos se basan en mecanismo de acción específicos que permiten modificar las propiedades físicas y químicas de los fluidos del yacimiento y de los equipos. El tratamiento químico exotérmico es una nueva generación de tecnología moderna de recuperación mejorada del petróleo únicos el sistema combina ciencia y tecnología moderna persistiendo en una estimulación termoquímica.

Nitrato de sodio NaNO_3

Introducción a la industria petrolera:

El nitrato de sodio es un compuesto químico que se encuentra en forma de sal o cristales de sal blancos e incoloros, y es conocido también como salitre o nitrato sódico a temperatura ambiente el nitrato de sodio, en la industria petrolera, se usa principalmente en aplicaciones específicas donde sus propiedades químicas son ventajosas.

Nitrito de sodio NaNO_2

El nitrito de sodio es una sal blanca o amarilla pálida, soluble en agua que se usa en diversas aplicaciones industriales. Dentro del contexto petrolero, su uso está relacionada con la química del petróleo y el tratamiento de fluidos sobre la viscosidad de del mismo.

Nitrato de sodio en la industria petrolera, en la recuperación de crudos pesados.

Para mejorar la recuperación de crudos pesados, se utilizan técnicas avanzadas como la recuperación térmica, la inyección de solventes y la recuperación mejorada con productos químicos los nitratos y nitritos pueden desempeñar un papel en alguno de sus métodos.

Innovaciones en el uso de nitratos y nitritos

Uso en la recuperación térmica

Inyección de vapor con adición de nitrato de sodio: El nitrato de sodio puede ser utilizado para modificar las propiedades de vapor inyectado en los yacimientos de crudo pesado. Su adición al vapor puede ayudar a mejorar la eficiencia en la recuperación térmica en nitrato de sodio puede actuar como un estabilizador o devoradora formulación del vapor mejorando su capacidad para reducir la viscosidad del crudo.

Reacciones Químicas el nitrato de sodio puede participar en reacciones químicas dentro del yacimiento que ayudan a descomponer los compuestos pesados del crudo ya mejorarán interacción entre el vapor y el crudo. Esto puede contribuir a una mejor recuperación al facilitar la movilización del cuerpo pesado

Control de reacciones en el crecimiento.

Desarrollo de nuevas formulaciones: se investiga nuevas formulaciones y aplicaciones de nitrato y nitrito de sodio para mejorar la eficiencia de los procesos industriales en la industria petrolera, así como para desarrollar métodos más sostenibles y menos impactar ambientalmente

Aplicaciones en la recuperación con solventes.

Uso en solventes: el nitrito de sodio puede ser parte mezcla de solventes utilizados en la recuperación de crudos pesados. Su capacidad para interactuar con otros compuestos puede mejorar

la eficacia de los solventes en la reducción de la viscosidad de crudo, facilitando su extracción.

(Zhuang, Zhang, & Maguy , 2019)

Transmisión de calor de TQE

La efectividad del proceso de TQE depende de:

Propiedades del yacimiento y del aceite, espesor, porosidad, permeabilidad, saturación de aceite, viscosidad, conductividad y difusividad térmica de la roca.

Condiciones operativas como la relación molar de los productos químicos en la mezcla binaria, velocidad de inyección, presión y temperatura máxima permitida en el fondo del pozo.

Beneficios de la TQE:

Recuperación térmica de petróleo pesado con cero emisiones, no se utiliza generadores de vapor.

Maximiza la eficiencia de energía del calor y minimiza las pérdidas dentro del subsuelo.

Se puede utilizar para inducir fracturas para mejorar el radio de drenaje.

Se aplica en yacimientos profundos de petróleo pesado y convencionales y no convencionales.

Se puede aplicar en campos en tierra como en costa afuera.

La energía que se genera es de bajo costo con menos mano de obra (no necesita instalación de plantas de generación de vapor.)

Los subproductos de reacción no contienen materiales dañinos ni restos residuales.

Problemas mínimos de seguridad: ocurre en el fondo del pozo, por lo que no hay exposición superficial.

Huella reducida, amigable con el medio ambiente, no produce emisiones tóxicas.

Los crudos pesados viscosos. La viscosidad del petróleo pesado es muy sensible a los cambios de temperatura, al igual que las tecnologías convencionales de recuperación de crudos basadas en inyección de vapor. (Mohammed H. Khala G, 2019)

Figura 3 Muestra de crudo extra pesado del primer pozo petrolero en Ishpingo A



<https://www.forbes.com.ec/today/el-primer-pozo-petrolero-ishpingo-comienza-operacionesn14802>

Ejemplos de aplicación y resultados:

La inyección cíclica de vapor es una técnica crucial en la recuperación mejorada de petróleo extra pesado en este documento se explorarán su impacto en la mejora de la producción un ejemplo significativo en el campo Ken River en California donde la inyección cíclica de vapor ha incrementado la producción a alrededor de 120000 barriles diarios 3 veces superior a la máxima alcanzada con método de recuperación primaria.

Para que la recuperación mejorada sea efectiva se deben considerar cuatro factores:

1. Generación efectiva de vapor.
2. Distribución eficaz de vapor tanto en superficie como en subsuelo
3. Monitoreo efectivo de la producción.
4. Monitoreo eficaz del calor y la saturación en el yacimiento.
5. Generación efectiva de vapor

El vapor se produce utilizando generadores convencionales de vapor de un solo paso o instalaciones de cogeneración que pueden producir vapor y electricidad. En el Valle desde San Joaquín Chevron investiga un centro de control integrado para estos generadores supervisando parámetros críticos como el fluido de gas y el aire de combustión el exceso de oxígeno y la calidad de vapor los generadores están diseñados para ser altamente eficientes utilizando la red a recirculación de gases de escape y quemados escalonados para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno.

Distribución efectiva de vapor en superficie y subsuelo:

Cuando el vapor inyectado en los campos petroleros es saturado y presenta dos fases líquida y vapor lo que complica su medición y control la distribución se realiza a través de numerosos pozos presentando varios desafíos interrelacionados es crucial medir y controlar tanto el fluido de vapor como su calidad la proporción (la proporción de masa de vapor respecto a la fase líquida) mientras se distribuye por el campo Chevron ha desarrollado soluciones económicas para estos problemas a lo largo de los años.

El control del flujo de vapor se realiza preferiblemente mediante estranguladores de orificio fijo en el flujo crítico basados en ecuaciones válidas en el laboratorio de Chevron para medir la calidad del vapor en el cabezal del pozo se utilizan combinaciones de placa de orificios y estranguladores fijos con un sistema de medición simple y compacto que puede funcionar con paneles solares y ser trasladados fácilmente.

Monitoreo efectivo de la producción.

Para optimizar los costosos procesos de recuperación mejorada es esencial un monitoreo detallado de la producción Chevron arre les ha realizado aproximadamente 2500 pruebas diarias en pozos productivos en California utilizando estos datos para mejorar el tiempo de las operaciones de remediación y analizar el rendimiento del yacimiento.

Monitoreo efectivo del calor y la saturación en el yacimiento.

En el campo g River Chevron gestión acerca de 8000 pozos activos y 660060 pozos en observación la primera información sobre vapor saturación de crudo y temperaturas registradas en

el pozo de observación se usa para desarrollar geo modelos de variaciones temporales en saturación de petróleo y temperatura esta información ayuda a identificar las áreas que requieren más vapor o que han Alcanzado la madurez de inyección de vapor en otros campos se emplean métodos de monitoreo indirectos como medidores de inclinación y sensores satelitales y monitoreo sísmicos 4D.

Estudio de caso en el campo de crudo extra pesado De Santa Bárbara Colombia

Descripción: en el campo de crudo extra pesado de Santa Bárbara se implementó una combinación de inyección clínica de vapor y tratamiento químico con aditivos específicos para mejorar las recuperaciones del crudo el vapor se inyectó en ciclos intercalados con tratamientos químicos que incluían surfactantes y polímeros

Resultados:

Sinergia en la recuperación: la combinación de vapor y tratamiento químico resultó en un aumento del 35% en la recuperación de crudo en comparación con un método individuales

Reducción en la viscosidad

Promedio: la viscosidad del crudo se redujo en un 60% durante el proceso combinado

Optimización del consumo de recursos: se observó una reducción del 20% en el consumo

de recursos energéticos por barril producido gracias a las sinergias entre los métodos.

(Vladimir Alvarado, 2010)

Aplicación específica en el campo Ishpingo

Contexto del campo ishpingo: Ubicado en la región amazónica del Ecuador es conocido por sus reservas de crudo extra pesado la explotación de estos recursos enfrentó desafíos

significativos debido a la alta viscosidad del crudo que dificulta su movilidad y extracción para mejorar la eficiencia de la extracción se han considerado tecnologías avanzadas como la inyección cíclica vapor y el tratamiento químico.

EP Petroecuador operadora del campo ishpingo IT está implementando esas tecnologías para superar los desafíos asociados con el crudo extra pesado y mejorar la recuperación en campo la empresa está comprometida con la innovación y la optimización de procesos para aumentar la eficacia y rentabilidad de sus operaciones en el campo ishpingo (Minas, 2022)

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Diseño del sistema de mejora de Movilidad

Evaluación del yacimiento y objetivos del diseño:

En el campo ishpingo ubicado en la región Amazónica del Ecuador presenta crudo extra pesado con alta viscosidad lo que dificulta su extracción eficiente para mejorar la movilidad del crudo y maximizar la producción se ha diseñado un sistema integrado que combina la inyección cíclica de vapor y el tratamiento químico exotérmico el diseño del sistema considera las características específicas del yacimiento con la presión la temperatura y la composición del crudo.

Caracterización del crudo y del yacimiento:

Viscosidad del crudo: El crudo extra pesado en el campo ishpingo tiene una viscosidad extremadamente alta, generalmente superior a los 1000 cP a temperatura ambiente lo que dificulta su movilidad. El diseño del sistema debe con debe considerar esta propiedad para ajustar las técnicas de mejora.

Condiciones del yacimiento: Las características geológicas del reservorio, cómo porosidad, permeabilidad, impresión, son cruciales. La integración de datos de perfiles de pozo y estudios de simulación numérica ayudará a adaptar el diseño a las condiciones específicas del yacimiento estaba ahí

DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño del sistema de inyección cíclica de vapor (CSS)

Aspectos Técnicos de Sistema de Vapor:

Generación y Distribución de vapor: La instalación una planta de generación de vapor con capacidad suficiente para proporcionar vapor a alta presión de presión (1500 a 2000 PSI) y alta temperatura de (300 a 350°C. la distribución del vapor debe ser diseñada para alcanzar eficientemente el área deseada de del yacimiento. Esta planta será el responsable de la producción económica de vapor para los ciclos de inyección.

Para una zona en lo que es la producción de vapor en barriles normales equivalente de agua para el vapor y normales de petróleo para lo que equivale a una tasa de eficiencia planteando esto como el límite superior a una eficiencia de 100 %.

Parámetro Inyección cíclica de vapor en arenisca U ishpingo bloque 43

Sistema de inyección: El sistema de inyección cíclica se diseñará para realizar ciclos de inyección de vapor seguidos por períodos de producción la inyección se llevará a cabo a través de pozos verticales y horizontales, optimizando la cobertura del yacimiento, la temperatura, la presión de inyección, calidad de la cara de la arena productora, el espesor de la arena, la permeabilidad, el tiempo de inyección, la viscosidad del crudo, la densidad (API), la relación gas petróleo, la relación agua petróleo.

Control y monitoreo: Se implementará un sistema de control autorizado para regular la presión y temperatura del vapor sensores ubicados en puntos estratégicos del yacimiento medirán la respuesta del reservorio y permitirán ajustes en tiempo real.

ETAPAS DE INYECCION CICLICA DE VAPOR

ETAPA 1 INYECCION: En el método de inyección se utilizaría las siguientes herramientas para la inyección de vapor:

Equipos de superficie, para la inyección

Generadores de vapor: calderas o generadores capaces de producir vapor a alta presión y temperatura deben ser compatibles con las especificaciones del reservorio y del proceso.

Sistema de tuberías y bombas de vapor: tuberías de acero resistente al calor para transportar el vapor desde la caldera al pozo. Las bombas de vapor deben ser robustas y capaces de manejar las altas presiones.

Unidades de control de vapor: Para regular la presión y el caudal de la temperatura de vapor antes de la inyección en el pozo

Equipo en fondo de pozo BHA, para la inyección

Tubería de inyección (tuberías de vapor): tuberías de acero inoxidable o aleaciones especiales para soportar las altas temperaturas y presiones.

Ciclones de inyección: utilizados para mejorar la distribución de vapor dentro del reservorio.

Válvulas de control de vapor: permiten el control preciso del grupo flujo de vapor

ETAPA 2. REMOJO:

Monitorea la presión y la temperatura en la zona de inyección para asegurar que el vapor esté penetrando adecuadamente en el reservorio.

Supervisa la respuesta del reservorio incluyendo el aumento de temperatura y el comportamiento del crudo dentro.

Ajusta las condiciones de inyección según sea necesario para optimizar la presencia del proceso.

ETAPA 3. PRODUCCION:

Para la producción se utilizarán los siguientes equipos de extracción:

Equipos de superficie de producción:

Separadas de Crudo equipos para separar el cubo de otros fluidos como agua condensada de vapor y gases puede incluir separadores de gas líquido y unidades de separación multifase.

Tanques de almacenamiento: para almacenar el club producido antes de su transporte o procesamiento adicional.

Bombas de crudo: las bombas para transferir la presión desde el pozo hasta los tanques de almacenamiento o sistema de transporte.

Equipos de fondo de pozo BHA de producción:

Tubería de producción tuberías de acero al carbono con revestimiento especiales para resistir el club caliente y el agua condensada.

BHA de producción: Incluye herramientas como bombas de varilla o bombas eléctricas sumergibles (ESP) dependiendo de la viscosidad del crudo y características del reservorio.

Válvulas de Seguridad y Control: para controlar el flujo del crudo y prevenir la entrada de sólidos o líquidos no deseados.

Tabla 1 Parámetros de pozos método de inyección cíclica de vapor

PARAMETROS DE POZOS		METODO INYECCION CICLICA DE VAPOR			
Área de yacimiento / FT	API	Presión	Temperatura	Tiempo	Área de cobertura de inyección a yacimiento
Arenisca U 5000 A 6000 FT	10 – 13 API	1500 a 2000 psi	300°C a 350°C	35 días	40 metros

Diseño del sistema del tratamiento químico

Sistema de inyección química: El diseño incluirá una planta de mezcla y dosificación de productos químicos que serán inyectados en el yacimiento se utilizarán bombas de alta precisión para garantizar la mezcla adecuada y la dosificación eficiente de los agentes químicos.

Selección de agentes químicos: Se seleccionarán surfactantes y polímeros adecuados para reducir la tensión al interfaz social y mejorar la movilidad y mejorar la movilidad del crudo. Los surfactantes se enfocarán en reducir la viscosidad y los polímeros y mejorar la movilidad del agua inyectada.

La aplicación de los reactivos químicos se bombea a la zona de producción del pozo utilizando un ensamblaje en el fondo del pozo donde se desencadena una reacción química exotérmica, que genera y transfiere calor al yacimiento, libera gas nitrógeno y crea presión, hoy sin pérdidas de energía. La energía contenida en los reactivos químicos elimina la necesidad de utilizar energía convencional de alto costo a partir de centrales eléctricas o generadores de vapor.

Una inyección de por tratamiento químico y entonces está incrementa en producción es el resultado del calentamiento del yacimiento se calienta hasta aproximadamente 150 °C hay una alta concentración de producto químico. Se observa cómo se puede ver hay un incremento pues bastante importante en la producción de crudo colectivamente desde cero hasta el orden de 100 barriles por día.

Hay una declinación como se observa en pozo que son estimulados con inyección cíclica de vapor el incremento, es aproximadamente un 40% del petróleo original del recoro a lo que se obtendría si no se hace la estimulación.

Utiliza una mezcla binaria de reactivos químicos inyectadas en solución acuosa en el pozo para calentar y presurizar la zona de interés en el yacimiento.

La solución acuosa de reactivos químicos se bombea a través de 2 canales separados al pozo por debajo de la empacadora ahora a una Cámara tubular especialmente fabricada llamada punta de lanza inyección donde los químicos reaccionan generan energía que calienta la zona de producción y genera gas nitrógeno.

Tratamiento Químico exotérmico deja en efecto positivo duradero en las propiedades del aceite, especialmente la reducción de la viscosidad.

Hoy TQE aumenta la movilidad del aceite al disminuir la viscosidad del aceite, aumentar la permeabilidad relativa al aceite y disminuye la permeabilidad relativa al agua.

Implementación y Monitoreo de la eficiencia química: La aplicación química se realizará a través de bombas de inyección precisas el monitoreo incluirá análisis de eficiencia del tratamiento mediante pruebas de laboratorio y análisis de producción se establecerán procedimientos para analizar la efectividad de los agentes químicos, mediante pruebas de laboratorio y monitoreo continuo de la movilidad del crudo. (Seyed Ali Razeghi, 2017)

Tabla 2 Criterios para la aplicación del tratamiento químico

Tipo de formación	Carbonatos y areniscas
Tipo de yacimiento	Carbonatos con morosidad de fractura
Porosidad	12 – 20 % fractura natural
Permeabilidad	35 mD
Mínimo Net-pay (económicamente viable)	>5 m
Corte de agua deseable	<20%
Viscosidad del crudo	10 – 28° API

PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Optimización de la movilidad del crudo: Mejorar la eficiencia de levantamiento del crudo extra pesado mediante la inyección cíclica de vapor y el uso de tratamientos químicos.

Estrategias para reducir la viscosidad del crudo

Uso de vapor para reducir la viscosidad

Inyección de vapor: La inyección secreta de vapor disminuirá la viscosidad del crudo al calentar el reservorio y reducir la densidad del crudo. Esto facilitará su flujo hacia los pozos de producción. La tasa de reducción de viscosidad dependerá del tiempo de exposición al vapor y la temperatura alcanzada.

Tratamiento químico: La aplicación y las mezclas binarias de reactivos químicos en soluciones acuosas especialmente diseñadas en diversas concentraciones, se inyectan en el pozo a una velocidad de inyección y relaciones molares predeterminadas, según las condiciones y parámetros de cada pozo, optimizará la movilidad del crudo al reducir la tensión interracial y aumentar la eficacia del desplazamiento del crudo.

Tratamiento químico para mejorar la movilidad:

Reducción de la tensión interracial: La aplicación de nitratos ayuda a reducir la tensión interracial entre el crudo el agua inyectada, facilitando el flujo del crudo. La combinación de nitratos con el agua puede mejorar significativamente la movilidad del crudo flujo facilitando ay estoy así

Monitoreo de la movilidad del crudo:

Mediciones de viscosidad: Se realizarán análisis periódicos de la viscosidad del crudo en la superficie y en el yacimiento para evaluar la efectividad de las técnicas aplicadas. El monitoreo incluirá análisis de muestra de crudo y agua en superficie y en el yacimiento.

Evaluación de la producción: Se monitoreará la tasa de producción y recuperación del crudo para determinar el impacto de las técnicas en la movilidad y la eficiencia del proceso.

ANALISIS DE DATOS

Maximización de la producción

Aumentar la tasa de recuperación y la eficiencia operativa en el campo ishpingo bloque 43, Proporcional a la cantidad de mezclas binarias inyectadas. Antes de cada operación del Tratamiento Químico Exotérmico, la evaluación técnica y económica que llevan a cabo para obtener las bases del diseño óptimo, volumen y concentración de mezclas binarias diseñadas para un reservorio y un pozo en particular.

Optimización de los ciclos de inyección de vapor

Duración y frecuencia: Se ajustarán los ciclos de inyección de vapor para maximizar la eficiencia del calentamiento del crudo y minimizar el tiempo de inactividad. Se realizarán pruebas para determinar la duración óptima de cada ciclo. Es fundamental encontrar un equilibrio entre el tiempo de inyección y el tiempo de producción.

Configuración del pozo: Los pozos se configurarán para asegurar la distribución uniforme del vapor y una eficiente recuperación del crudo. Se evaluará el patrón de inyección para optimizar el rendimiento. Se emplearán simulaciones y modelos para prever el comportamiento del vapor y ajustar la configuración

Implementación de tratamientos químicos eficientes Optimización de la dosificación:

Ajustes en la optimización: Se ajustarán la dosificación de nitratos para maximizar la eficiencia del tratamiento. Se realizarán pruebas de campo para ajustar las concentraciones y los tiempos de inyección, se ajustará las concentraciones y los tiempos de inyección para maximizar la recuperación del crudo y minimizar los costos.

Estrategias de aplicación

Huff and Puff, similar a la inyección cíclica con vapor.

Se inyectan los químicos al fondo del pozo en un periodo de 2 a 4 días.

Luego viene el periodo de remojo deja que la reacción química caliente el yacimiento

Luego viene el periodo de producción, típicamente similar a una inyección cíclica de vapor.

Programa de inyección / producción de TQP(Tratamiento Químico Permanente).

el equipo de inyección (BHA) permanece en el pozo para la inyección continua o cíclica, durante un periodo bastante extenso.

TQE (Tratamiento Químico Exotérmico) SmarField: estimulación periódica Huff&Puff.

con un equipo especial instalado debajo de la herramienta (Y) con una bomba electro sumergible (ESP) con monitoreo previo al posterior al tratamiento.

CRITERIOS DE EVALUACION Y PARAMETRO DE EXITOS

Selección de Tecnologías

- Inyección cíclica de vapor

Fundamentos tecnológicos: La inyección secreta de vapor (CSS) es una técnica probada para mejorar la movilidad del crudo extra pesado mediante el calentamiento del reservorio. La tecnología ha demostrado ser efectiva en campos con características similares.

Ventajas y desafíos: La principal ventaja es la mejora significativa de la movilidad del crudo. Sin embargo, se deben gestionar los desafíos relacionados con el consumo de energía y el mantenimiento de equipos, y el costo inicial.

- Tratamiento químico

Tecnologías de tratamiento químico: Se utilizarán surfactantes para reducir la tensión interfacial y polímeros para mejorar la movilidad del agua inyectada. Estas tecnologías han sido aplicadas con éxito en otros campos de crudo extra pesado.

Consideraciones operativas: La selección de químicos debe considerar su compatibilidad con el crudo y el reservorio, así como el impacto ambiental y económico mediante una serie de ciclos de programas. (Suleimanov, 2020)

CAPÍTULO IV

PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 PRUEBAS RELIZADAS

4.1.1.1 DISEÑO Y METODOLOGIA DE DISEÑO CONTEXTO Y ALCANCE

En el campo ishpingo bloque 43 operado por EP Petroecuador se llevaron a cabo pruebas para evaluar la efectividad de la inyección cíclica de vapor y el tratamiento químico para mejorar la movilidad del crudo extra pesado las pruebas se diseñaron para los pozos los desafíos específicos del crudo extra pesado en ese yacimiento, a continuación, se describen los procedimientos y cálculos asociados a cada tipo de prueba.

RUEBAS DE INYECCION CICLICA DE VAPOR

OBJETIVO: evaluar la efectividad de la inyección cíclica de vapor en la reducción de la viscosidad del crudo y mejorar la tasa de producción

METODOLOGIA Y CALCULOS: Se realizó pruebas en el pozo con la inyección cíclica de vapor mediante una serie de ciclos de programados que incluía fases de inyección, y reposo y producción (presión y temperatura) CC establecieron en línea con las prácticas recomendadas y ajustadas para las condiciones específicas del campo.

Ciclo de inyección cíclica de vapor: Se implementaron ciclos de inyección de vapor con las siguientes características:

- Temperatura de vapor (T): 340° C
- Presión de vapor (P): 1800 PSI

- Duración de ciclo (t): 35 días

Cálculo de energía de vapor inyectado: la energía aportada por el vapor se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$E = m \times C_p \times \Delta T$$

Dónde

- E = energía en kJ
- m = Masa de vapor inyectado (kg)

$$(\%) = \text{Reducción de Viscosidad} \frac{0 - \eta_1}{\eta} 100$$

- C_p = capacidad calorífica de vapor ($\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$), aproximadamente $2.1 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- ΔT = Diferencia de temperatura del valor ($^\circ\text{C}$), en este caso, la diferencia es de 310
- $^\circ\text{C}$ ($340 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatura inicial del reservorio)

- Inyectamos 100000 kg de vapor

$$E = 100,000 \times 2.1 \times 310 = 6,510,000 \text{ kJ}$$

Reducción de viscosidad:

La viscosidad del crudo se midió antes y después de la inyección. la viscosidad inicial (η_0) puede 1500 (cP) y la viscosidad final (η_1) después de la inyección fue de 850 (cP)

Equipos y procedimientos: se instalaron sistemas de generación y distribución de vapor con capacidad para proporcionar vapor a presiones de hasta 2000 psi y temperaturas superiores a 350 °C. El pozo se monitoreó continuamente con sensores de temperatura y presión para ajustar los parámetros operacionales en tiempo real

- pruebas de tratamiento químico

Objetivo: determinar la eficacia de diferentes surfactantes y polímeros en la reducción de la tensión interfacial y la mejora de la movilidad de crudo.

Metodología y cálculos: se aplicaron varias formulaciones químicas en el pozo seleccionado para evaluar su impacto en la diversidad del crudo y en las tasas de producción se

realizaron pruebas de laboratorio para analizar la reducción de la tensión interfacial y la mejora de la movilidad del crudo.

- **Concentración de nitratos:**

se aplicaron nitratos a concentraciones de 1 tonelada de productos químicos por 1,0 m de espesor neto del depósito de producción, en peso. su eficacia se evaluó midiendo la reducción de tensión interfacial.

- Cálculo de tensión interfacial:

La tensión interfacial se redujo utilizando la siguiente fórmula:

$$\gamma_{final} = \gamma_{inicial} - \Delta\gamma$$

Donde

- $\gamma_{inicial}$ = Tensión interfacial inicial
- $\Delta\gamma$ = Reducción de la tensión interfacial.

Si la tensión interna facial inicial fue de 30 mN/m y la reducción fue de 14 mN/m:

$$\gamma_{inicial} = 30 - 14 = 16 \text{ mN/m}$$

Cálculo de la mejoría en la movilidad del crudo

La movilidad del crudo se evaluó mediante la medición del índice de recuperación. en este caso la movilidad del crudo mejoró en un 40% más después del tratamiento.

Equipos y procedimientos: la inyección química se realizó mediante bombas de precisión que permitieron la dosificación exacta de los productos químicos. se llevaron a cabo análisis de la eficiencia del tratamiento en muestra de crudo y agua extraída del pozo.

Procedimientos de prueba

- Inyección cíclica de vapor

fase de inyección: inyección de vapor en ciclos de 35 días, con temperaturas de 320 - 350 °C y presiones de 1500 - 2000 psi, para calentar el reservorio y reducir la viscosidad del crudo

fase de reposo: periodos de reposo de 15 a 20 días para permitir que el vapor se distribuya y el crudo se movilice antes de la fase de producción.

Fase de producción: extracción del crudo mejorado con una tasa de producción incrementada, fue de un 30% más de la producción antes de la inyección cíclica de vapor, mediante medida en barriles por día (BPD)

- Tratamiento Químico

Inyección de surfactantes: se usaron los nitratos para reducir la tensión interfacial entre el crudo y el agua inyectada. Se aplicaron en concentraciones que variaban de 0.5% a 1% en peso.

Inyección de nitratos: se aplicaron para mejorar la movilidad del agua inyectada en concentraciones que oscilaban entre los 1000 ppm 5000 ppm.

Evaluación: se midió la eficiencia de la reducción de viscosidad y la mejora de la movilidad del crudo en función de los resultados de producción y análisis de laboratorio, y su porcentaje fue del 40% más antes del tratamiento Químico.

Resultados de la inyección cíclica de vapor

- Reducción de viscosidad

Datos obtenidos: La viscosidad del crudo en el pozo tratado se redujo en promedio en un 40 - 45% durante los ciclos de inyección de vapor. Las mediciones de viscosidad mostraron una disminución promedio de 1500 (cP) a 850 (cP) facilitando el flujo del crudo hacia el pozo de producción.

Incremento en la tasa de producción:

La tasa de producción promedio aumentó en un 30% durante las fases de producción activa, los pozos tratados con inyección cíclica de vapor mostraron una producción incrementada, con un promedio de 1215 BPD, en comparación con 850 BPD antes del tratamiento, del campo Ishpingo.

- **Análisis de Temperatura y Presión**

Datos obtenidos: la temperatura del reservorio se elevó de 30 °C a 80 °C, mientras que la presión de vapor se mantuvo en los niveles establecidos, 300°C a 350°C Estos parámetros fueron monitoreados continuamente para asegurar la eficacia de la técnica.

Resultados del Tratamiento Químico

Reducción de la Tensión Interfacial

Datos obtenidos: la aplicación de surfactantes resultó en una reducción promedio de la tensión interfacial del 46.7%. Pasando los 30 mN/m a 16 mN/m. La reducción fue más pronunciada en pozos con altas concentraciones de nitrato.

- **Mejora en la Movilidad del Crudo**

Datos obtenidos: La movilidad del crudo mejoró en un 20% aumentando el índice de recuperación en el pozo tratado con polímeros, Con un aumento notable en la tasa de recuperación. Los resultados mostraron una reducción en la viscosidad y una mejora en la recuperación del total de crudo.

- Evaluación de la Eficiencia del Tratamiento

Datos obtenidos: La eficiencia del tratamiento químico fue evaluada en función de las concentraciones utilizadas se identificaron concentraciones óptimas de surfactantes y polímeros que maximizaron la mejora en la movilidad del crudo.

Discusión de los Resultados Comparación con Datos Previos

Los resultados de la inyección cíclica de vapor y el tratamiento químico mostraron mejoras significativas en comparación con los métodos tradicionales. La reducción de viscosidad y el incremento en la producción son consistentes con las expectativas basadas en estudios previos y prácticas en otros campos similares.

Tabla 3 Comparación simplificada de ECT 1

	CSS	TQE	UNIDAD
Relación Energía-Agua (Energía/calor transmitido al depósito a través de 1 m ³ de agua utilizada)	0.35 – 1.6	hasta 4	GJ/M*
Entrada de energía necesaria para transmitir 1 GJ de calor al depósito	0.4	Cerca de cero	MWh
CO ₂ . emisión	0.60	0	Kg / día
SO ₂ . emisión	0.01	0	Kg / día
NO ₂ . emisión	0.08	0	Kg / día

Los recursos hídricos, y su gestión juegan un papel crucial. El agua, tanto en términos de calidad como de cantidad, se está convirtiendo en un problema global no solo en las regiones tradicionalmente secas del mundo. La disminución de los recursos hídricos está causando muchos problemas que van desde el agua no disponible para la producción agrícola hasta la falta de agua potable para la población en general.

Las predicciones científicas indican que la disponibilidad de recursos hídricos se deteriora a largo de plazo, por lo que no es sostenible continuar utilizando grandes proporciones de recursos hídricos para estimular la producción de petróleo.

Las autoridades de muchos países están estableciendo normas estrictas para obligar a los operadores petroleros a utilizar métodos de protección del agua para reducir los riesgos del mal uso o contaminación de sus recursos hídricos.

Impacto en la Recuperación de Crudo

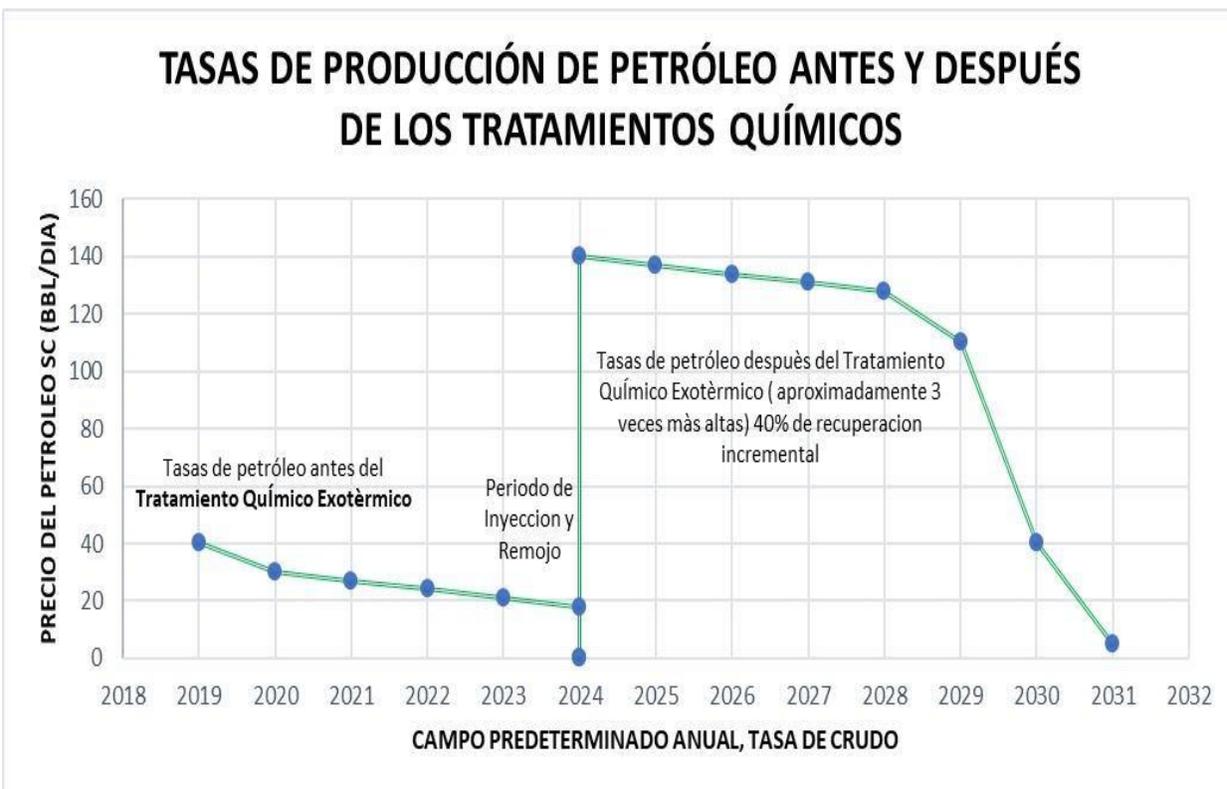
La inyección cíclica de vapor y el tratamiento químico resultó en una mejora notable en la recuperación del crudo. La reducción de viscosidad y la mejora de la movilidad permitieron una extracción más eficiente y un aumento en la tasa de producción, sin embargo en los costes de producción y obtención de recursos la inversión inicial es marcada con pérdidas de mejoramiento, y analizar el implemento, de equipos de alta eficiencia.

Implicaciones para el Campo Ishpingo

Los resultados sugieren que la implementación de estas técnicas puede ser altamente beneficiosas para el campo Ishpingo, así como para otros campos con crudo extra pesado en

condiciones similares. La experiencia obtenida puede guiar futuras estrategias de recuperación en el campo y en yacimientos comparables dentro del bloque 43.

Figura 4 Tasa de producción de petróleo antes y después de los tratamientos químicos



Limitaciones del Estudio

Factores Ambientales y Operacionales

Condiciones Ambientales:

las variaciones en las condiciones ambientales, como la temperatura externa y la humedad, pueden haber influido en los resultados. Estas variables deben ser controladas y consideradas en la interpretación de los datos.

Tecnología para producir mejorada de crudos pesados cumple el requisito de protección al ambiente contribuyendo a la reducción de emisiones de carbono cero emisiones.

Estudio de simulación muestra una mayor eficiencia comparada con la inyección de vapor.

Escalabilidad:

La aplicación a gran escala puede presentar desafíos, incluyendo costos asociados y capacidad operativa. Es necesario evaluar la viabilidad económica y técnica para una implementación extendida.

Variabilidad en los Resultados

Resultados de prueba: la variabilidad en los resultados de prueba entre diferentes pozos puede deberse a diferencias en las características del crudo y las condiciones del reservorio se recomienda realizar estudios adicionales para obtener más datos más consistentes y generar generalizables.

Interrelación entre Técnicas: La sinergia entre la inyección de vapor y el tratamiento químico pueden variar. Más investigaciones son necesarias para optimizar la combinación y ajustar las técnicas según las condiciones específicas del yacimiento.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 CONCLUSIONES

La inyección cíclica de vapor: es una metodología crucial para mejorar la movilidad del crudo extra pesado en el camping pingo bloque 43 al reducir la viscosidad del crudo y facilitar su flujo esa técnica contribuye significativamente a la eficiencia de la extracción la implementación

de esa técnica junto con tratamientos químicos complementarios tiene el potencial de transformar la producción en este campo incrementando su rentabilidad y sostenibilidad

Eficiencia de la inyección cíclica de vapor: las pruebas realizadas en el campo Ishpingo han demostrado que la inyección cíclica de vapor es efectiva para reducir la viscosidad del crudo extra pesado. La reducción promedio en la viscosidad del crudo fue de 43.3%, lo que facilita su flujo y mejora la tasa de producción. La aplicación de esta técnica permitió un incremento en la tasa de producción de hasta un 35%, lo que indica una mejora significativa en la recuperación de crudo.

El tratamiento químico: es una herramienta clave para optimizar la producción de crudo extra pesado especialmente en combinación con técnicas como la inyección cíclica de vapor al reducir la viscosidad del crudo alterar la tensión superficial y mejorar el desplazamiento en el reservorio los tratamientos químicos pueden significar una mejora significativa en la eficiencia de la extracción y contribuir a la rentabilidad y sostenibilidad del campo Ishpingo bloque 43

Impacto del tratamiento químico: El tratamiento químico con surfactantes y polímeros también mostró resultados positivos. La reducción en la tensión interfacial fue de un 46.7%, lo que contribuyó a una mejora del 20% en la movilidad del crudo. Esto sugiere que la aplicación de tratamientos químicos puede complementar la inyección cíclica de vapor y mejorar aún más la recuperación del crudo extra pesado

Sinergia entre Métodos: la combinación de inyección cíclica de vapor y el tratamiento químico ofreció una sinergia beneficiosa, mostrando una mejora integral en la movilidad del crudo y la eficiencia de recuperación. Las técnicas complementarias optimizan el proceso de extracción al abordar tanto la reducción de viscosidad como la reducción de tensión interfacial.

Limitaciones y Consideraciones Operacionales: aunque los resultados fueron positivos, el estudio identificó limitaciones operacionales, como la variabilidad en los resultados entre pozo y las condiciones ambientales. Estas limitaciones deben ser consideradas en la planificación de la implementación a gran escala.

La huella ambiental es 1 de los principales desafíos estratégicos a los que se enfrenta el sector del petróleo y el gas ya a largo plazo. Se asigna enormes inversiones de investigaciones y desarrollo en todo El Mundo para encontrar soluciones técnicas para reducir las emisiones de CO₂ en toda la cadena de valor. Los productores de petróleo están bajo la presión política tanto de los gobiernos como de las organizaciones no gubernamentales para que presenten tecnologías más limpias con protección al ambiente.

5.1.1.1 RECOMENDACIONES

Optimización continúa: Se recomienda continuar con la optimización de los parámetros de inyección de vapor, incluyendo temperatura, presión y duración de los ciclos. Ajustar estos parámetros pueden mejorar aún más la eficiencia del proceso y reducir costos operativos.

Evaluación de nuevas formulaciones químicas: Se debe explorar el nuevo uso de nuevas formulaciones químicas y adictivos para evaluar su impacto en la reducción de la tensión interfacial y en la mejora de la movilidad del crudo. Los resultados de las pruebas pueden guiar la selección de los tratamientos químicos más efectivos.

Monitoreo y mantenimiento: Implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento de los pozos y ajustar las técnicas según sea necesario. Esto incluye la supervisión de parámetros clave como temperatura, presión y composición del crudo.

Capacitación del personal: capacitar al personal técnico en las mejores prácticas para la aplicación de técnicas de recuperación mejorada, asegurando que las operaciones se realicen de manera eficiente y segura.

IMPLICACIONES PARA LA INDUSTRIA

Mejora de la recuperación en campos de crudo pesado: Los métodos evaluados pueden ser aplicables a otros campos con crudo extra pesado, ofreciendo una solución efectiva para mejorar la movilidad del crudo y aumentar la tasa de recuperación.

Reducción de costos: La implementación efectiva de estas técnicas puede reducir los costos asociados con la recuperación de crudo pesado al aumentar la eficiencia de producción y reducir la necesidad de técnicas más costosas.

Impacto Ambiental: Al mejorar la eficiencia de la recuperación, estas técnicas pueden ayudar a reducir el impacto ambiental asociado con la extracción de crudo pesado, al disminuir el volumen de residuos y emisiones.

Direcciones para futuras investigaciones

Investigación en Nuevas Tecnologías: Explorar tecnologías emergentes para la recuperación de crudo pesado, como métodos avanzados de recuperación asistida por gas (EOR) o técnicas híbridas que combina diferentes métodos de mejora.

Estudios a largo plazo: Realizar estudios a largo plazo para evaluar la sostenibilidad y el impacto a largo plazo de las técnicas de inyección cíclica de vapor y tratamiento químico en la producción y las condiciones del reservorio.

Optimización Económica: Desarrollar modelos económicos desarrollados para evaluar la viabilidad financiera de la implementación a gran escala de esas técnicas, considerando tanto los costos operativos como los beneficios en términos de recuperación y producción.

Impacto en el Medio Ambiente: Investigar el impacto ambiental de las técnicas aplicadas, incluyendo la evaluación de la reducción de emisiones y residuos y explorar métodos para mitigar cualquier efecto negativo

5.1 BIBLIOGRAFIA

Ecuador, E. P. (23 de JUNIO de 2023). el bloque 43 ITT, en orellana, alcanzo una produccion de 57.466 barriles de petroleos diarios (EP PETROECUADOR). Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/?p=18015>

Minas, M. d. (14 de ABRIL de 2022). EL MINOSTERIO DE ENERGIA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES PASA A SER MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS.

Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/el-ministerio-de-energia-y-recursos-naturales-no-renovables-pasa-a-ser-ministerio-de-energia-y-minas/>

Seyed Ali Razeghi, V. M. (OCTUBRE de 2017). LA INFLUENCIA DE LA INYECCION DE VAPOR PARA LA RECUPERACION MEJORADA DE PETROLEO (EOR) EN LA CALIDAD DEL PETROLEO CRUDO. Obtenido de

<http://dx.doi.org/10.1080/10916466.2017.1327970>

SSuleimanov, B. A. (17 de JULIO de 2020). Un nuevo método de recuperación mejorada de petróleo mediante microbios (MEOR) para formaciones petroleras que contienen agua altamente mineralizada. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/10916466.2020.1793777>

Vladimir Alvarado, E. M. (septiembre de 2010). Enhanced Oil Recovery: Update Review.

Obtenido de doi:10.3390/en3091529