

RESUMEN

En el presente trabajo el lector podrá encontrar cuales son los tipos de recuperación mejorada, así como las características y los procesos en los que se subdivide cada uno de estos tipos. Dentro de estos procesos hay un proceso térmico llamado Combustión In Situ, el cual es el objeto de estudio en este trabajo del cual es importante conocer los criterios de selección para poderlo llevar a cabo en campo, así mismo es muy importante saber cuales son los mecanismos que influyen durante el proceso para poder determinar las ventajas y desventajas que se pueden tener al aplicar este proceso en yacimientos petroleros.

En este trabajo el lector también encontrara una recopilación de investigaciones que se han hecho durante el siglo XXI a nivel mundial con el objetivo de minimizar los problemas y los riesgos que se puedan presentar cuando el proceso sea puesto en marcha en campo.

Pero como todo método de recuperación mejorada el proceso de Combustión In Situ debe de ser probado en laboratorio antes de ser puesto en marcha en campo a partir de un estudio experimental, este estudio experimental se llevara a cabo por medio de una metodología, la cual será descrita en este trabajo. Al haber realizado el análisis experimental se obtendrán resultados que nos darán a conocer cuales son las variables que pueden influir en el proceso cuando este sea aplicado en campo.

Después de hacer el análisis experimental es bueno realizar un análisis costo beneficio para poder determinar la rentabilidad que puede tener este proceso al ser aplicado en yacimientos petroleros.

NOMENCLATURA

- A: Factor pre-exponencial denominado constante de Arrhenius
- a: Exponente para la presión parcial del oxígeno
- B_o : Factor de volumen de aceite
- b: Exponente para la presión parcial del carbono
- C: Capacidad calorífica a presión constante
- C_f : Concentración del combustible
- C_v : Capacidad calorífica a volumen constante
- D_z : Distancia
- E: Energía de activación
- e: Energía interna por unidad de masa
- Fr: Factor de recuperación
- g: Constante de aceleración debido a la gravedad
- g_c : Factor de conversión en la ley de movimiento de Newton
- HTO: Oxidación a alta temperatura
- h: Entalpia
- J: Equivalente mecánico de calor
- L_v : Calor latente
- LTO: Oxidación a baja temperatura
- N: Volumen original de aceite
- N_p : Volumen acumulado de aceite o la fase que fluye mas la fase estacionaria
- n: orden de la reacción con respecto al oxígeno
- P: Presión
- P_{O_2} : Presión parcial del oxígeno
- \dot{q} : Flujo de calor (por unidad de tiempo y de área)

R: Constante universal de los gases

r: Radio de calentamiento

r_w : Radio del pozo

S: Saturación

S_o : Saturación de aceite

T: Temperatura

T_{ign} : Temperatura de ignición

T_o : Temperatura inicial del yacimiento

T_r : Temperatura de referencia

t: Tiempo

t_{ign} : Tiempo de ignición

U: Energía Interna

u: Velocidad a la que se genera energía

$|u|$: Magnitud del flujo volumétrico

u_T : Transferencia de calor por convección

u_λ : Transferencia de calor por radiación

$u_{\lambda x}$: Transferencia de calor por conducción en la dirección positiva de la x

V_{or} : Volumen de aceite residual

V_{op} : Volumen de aceite producido

V: Volumen

x: Dirección de flujo

z: Distancia por encima de un plano de referencia escogido arbitrariamente

Alfabeto Griego

α : Difusividad Térmica

$\partial T/\partial x$: Gradiente de temperatura en la dirección del flujo de calor

ΔH : Calor de oxidación a baja temperatura del crudo

ΔH_r : Calor de reacción

ε : Emisividad de la superficie

λ : Conductividad térmica

λ_{Tt} : Conductividad térmica total

u : Velocidad de difusión

ρ : Densidad del fluido

ρC : Capacidad calorífica volumétrica

$(\rho C)_r$: Capacidad volumétrica de calor de la formación

ρ_o : Densidad de aceite

ρ_s : Densidad estándar del aceite

σ : Constante de proporcionalidad y se le llama constante de Stefan Boltzmann

\emptyset : Porosidad

∇T : Gradiente de temperatura

Subíndices

i: Componente

j: Fase

p: Subíndice que indica que la presión se mantiene constante durante la expansión

r: Identifica cantidades evaluadas a las condiciones del estado de referencia

INTRODUCCIÓN

El Ingeniero Petrolero tiene como premisa principal lograr el máximo beneficio económico derivado de la máxima recuperación en la explotación de hidrocarburos, bajo la restricción de las normas sobre los aspectos de seguridad industrial y protección ambiental. Lo anterior a partir de los códigos de ética de la ingeniería y de las políticas de empresas petroleras; donde mencionan que la función principal de todo ingeniero es obtener el máximo aprovechamiento de los recursos con el menor costo físico y económico.

Una de las áreas mas importantes en la Ingeniería Petrolera es el área de Ingeniería de Yacimientos y dentro de esta misma se encuentra la División de Recuperación Mejorada de Hidrocarburos, la cual se encarga de analizar nuevas tecnologías para poder recuperar aquellos hidrocarburos que no pudieron ser extraídos durante la Recuperación Primaria y Secundaria del Yacimiento. Estas tecnologías son basadas en Procesos Químicos, Térmicos, Miscibles y Biológicos.

Como se puede observar la Recuperación Mejorada de Hidrocarburos es muy importante en la Ingeniería Petrolera para poder lograr una máxima recuperación de hidrocarburos en Campos Maduros, por tal motivo en este trabajo se realiza un análisis enfocado a la Recuperación Mejorada por medio de un Proceso Térmico llamado Combustión In Situ. El análisis se realiza a partir de un enfoque experimental y económico para determinar si es factible o no poner en marcha este proceso en proyectos de Recuperación de Hidrocarburos en México y a nivel mundial. La información con la que se cuenta para poder realizar este análisis fue recopilada de libros e investigaciones que se han realizado a nivel mundial sobre este proceso.

Objetivo:

El objetivo primordial de este trabajo es proporcionar una herramienta de consulta que brinde al lector comprender de mejor manera el proceso de combustión in situ, a partir de un análisis del procedimiento experimental y económico con la finalidad

de que en futuro este proceso sea puesto en marcha de una forma exitosa en yacimientos petroleros nacionales.

Por otra parte, este trabajo servirá como material de apoyo para la asignatura de Recuperación Secundaria y Mejorada para poder abordar el tema de Combustión In Situ.

Desarrollo:

En el Capítulo 1 “**Definiciones y Conceptos Básicos**” se presentan las principales características del proceso de combustión in situ, los mecanismos involucrados en este proceso, así como los parámetros y variables que rigen al proceso.

En el Capítulo 2 “**Estado del Arte**” se presenta un recuento de las principales investigaciones realizadas al proceso de combustión in situ en el siglo XXI con el objetivo de lograr un mejor entendimiento del comportamiento del proceso y así poder minimizar los problemas que se pueden presentar al ejecutar dicho proceso.

En el Capítulo 3 “**Metodología del Proceso de Combustión In Situ**” se presenta la metodología utilizada para llevar a cabo el estudio experimental en laboratorio del proceso de combustión in situ, además se realiza un análisis detallado de los resultados obtenidos en dicho procedimiento experimental.

En el Capítulo 4 “**Análisis Costo Beneficio del Proceso de Combustión In Situ en Yacimientos Petroleros**” se presentan casos históricos de campo en los cuales se ha aplicado el proceso de combustión in situ para ver cual ha sido el impacto económico que se ha tenido con la aplicación del proceso en estos casos de campo. También se presenta una proyección económica para determinar la rentabilidad del proceso si se llegara a implementar actualmente.