

# MODELO ANALÍTICO PARA INYECCIÓN CONTINUA DE VAPOR EN YACIMIENTOS ESTRATIFICADOS DE CRUDO PESADO

Diana Mercado Sierra<sup>1</sup>, Samuel Muñoz Navarro<sup>2</sup>

## RESUMEN

El uso de los modelos analíticos para predecir el comportamiento de un yacimiento, está sujeto a la similitud existente entre el sistema modelado matemáticamente y el yacimiento. Por ello, se establece que en la actualidad no se dispone de un modelo analítico que prediga el comportamiento de la inyección continua de vapor en yacimientos estratificados, con las características de los yacimientos del Magdalena Medio Colombiano. Por esta razón, surge la necesidad de plantear un nuevo modelo que tenga en cuenta la presencia de intercalaciones de arcilla, en formaciones que están siendo sometidas a inyección continua de vapor.

El desarrollo del modelo propuesto parte de modelos analíticos existentes, de los cuales se toman los principios físicos que gobiernan el flujo de calor y fluidos en el medio poroso. Posteriormente, el modelo es estructurado en tres etapas que comprenden la definición del sistema modelado, el desarrollo matemático y la evaluación de las expresiones obtenidas para el volumen de la zona calentada, las pérdidas de calor instantáneas y acumuladas, la tasa de producción y factor de recobro de aceite.

Los resultados obtenidos a partir del modelo analítico para la tasa de producción y el factor de recobro de aceite son comparados con los obtenidos mediante la simulación numérica de un yacimiento estratificado, lográndose una buena representatividad entre ambas respuestas. Con base en la anterior, se establece que el nuevo modelo analítico propuesto representa el comportamiento de la inyección continua de vapor en yacimientos estratificados de crudo pesado.

**Palabras clave:** Inyección continua de vapor, modelo analítico, recobro mejorado, yacimientos estratificados.

## ABSTRACT

The use of analytical models to predict the behaviour of a reservoir depends of to the similarity between the system modelling mathematically and reservoir. Currently there is not an analytical model to predict the behaviour of steamflood in stratified reservoirs, with the characteristics of the Colombian reservoirs of Magdalena Medio. For this reason, there is a need to raise a new model that takes into account the presence of interbedded clay, in formations that are being subjected to steamflood.

The development of the proposed model takes as its starting point existing analytical models, of which

---

<sup>1</sup>M.Sc. Ingeniería de Hidrocarburos. Grupo de Investigación Recobro Mejorado. Universidad Industrial de Santander, UIS. Bucaramanga. Colombia. E-mail: [d.mercado@yahoo.com](mailto:d.mercado@yahoo.com).

<sup>2</sup>M.Sc. Ingeniería de Hidrocarburos. Director grupo de investigación Recobro Mejorado. Universidad Industrial de Santander, UIS. Bucaramanga. Colombia. E-mail: [samuel@uis.edu.co](mailto:samuel@uis.edu.co)

are taken the physical principles that govern the flow of heat and fluids in the porous media. The structuring of the model was conducted in three stages that include the definition of system modelling, mathematical development and evaluation of expressions obtained for the volume of the heated zone, heat losses and accumulated snapshots, the rate of production and oil recovery factor.

The results from the analytical model for the production rate and oil recovery factor are compared with those obtained by the numerical simulation of a stratified reservoir, achieving a good representation between them. Based on the above, the new analytical model represents the behavior of the steamflood in stratified reservoir of heavy oil.

**Keywords:** Steamflood, analytical model, enhanced oil recovery, stratified reservoir.

## INTRODUCCIÓN

Los modelos analíticos son descripciones matemáticas de un fenómeno que se lleva a cabo en un yacimiento y tienen como objetivo tratar de predecir su comportamiento bajo ciertas condiciones. Este tipo de herramientas son usadas frecuentemente en la evaluación inicial de proyectos de inyección continua de vapor, ya que permiten obtener aproximaciones del comportamiento del yacimiento a bajo costo y con poca información. No obstante, su uso está limitado por la comprensión de las suposiciones bajo las cuales fueron desarrollados.

Unos de los modelos analíticos más utilizados son el de Marx y Langenheim (1) y Mandl y Volek (2) los cuales fueron planteados para yacimientos homogéneos en los que una sola capa está siendo sometida a inyección continua de vapor. Sin embargo, la mayoría de yacimientos presentan cierto grado de estratificación, por lo cual estos modelos no describen adecuadamente su respuesta a la inyección continua de vapor.

El primer modelo analítico que considera la presencia de intercalaciones de arcilla fue propuesto por Closmann (3) en 1967. Este modelo considera un sin número de capas horizontales idénticas sometidas a inyección continua de vapor, las cuales se encuentran separadas por formaciones impermeables de igual espesor. Dadas las características idealizadas del sistema modelado por Closmann, su aplicación es muy restringida.

En la Figura 1 se presenta de forma esquemática cada uno de los sistemas modelados por Marx y Langenheim, Mandl y Volek y Closmann.

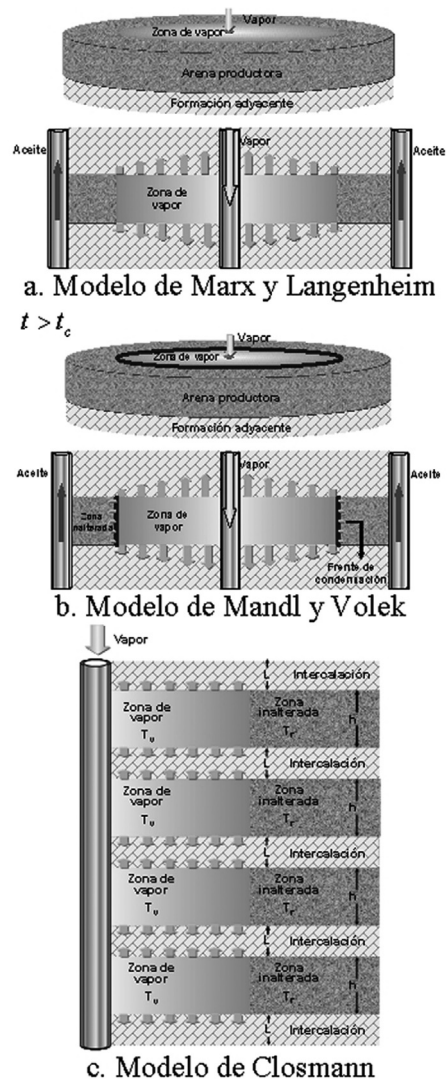


Figura 1. Modelos analíticos para inyección continua de vapor.