

**ESTUDIO COMPARATIVO DE UN SIMULADOR NUMÉRICO INTEGRADO Y  
DOS SIMULADORES COMPLEMENTARIOS MEDIANTE LA VARIACIÓN DE  
PARÁMETROS OPERACIONALES DE PRODUCCIÓN DE CRUDO PESADO**

**CRISTIAN CAMILO COLMENARES SANCHEZ  
LEIDY TATIANA HIGUERA GARCÍA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE UN SIMULADOR NUMÉRICO INTEGRADO Y  
DOS SIMULADORES COMPLEMENTARIOS MEDIANTE LA VARIACIÓN DE  
PARÁMETROS OPERACIONALES DE PRODUCCIÓN DE CRUDO PESADO**

**CRISTIAN CAMILO COLMENARES SANCHEZ  
LEIDY TATIANA HIGUERA GARCÍA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO DE PETRÓLEOS**

**Director:  
JOHN ALEXANDER LEÓN PABÓN  
Ingeniero de Petróleos, M.Sc.**

**Codirector:  
JHON VILLAMIZAR PABON  
Ingeniero de Petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **DEDICATORIA**

Principalmente a Dios, por ser inspirador y mi refugio en todo momento. A mis padres por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se logran todos los objetivos, a mis tías Martha y Eddy por su apoyo incondicional en el emprendimiento de mis metas, el acompañamiento permanente en toda mi carrera y todos sus cuidados. A toda mi familia, amigos y compañeros de universidad por brindarme su amistad y comprensión y finalmente a Blaine Ubelhor por su paciencia, apoyo y estar presente en mi vida en cada instante.

*CRISTIAN CAMILO COLMENARES SANCHEZ*

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a Dios, por iluminar mi camino y permitirme afrontar todas las circunstancias que se presentaron durante mi vida personal y universitaria.

A mi madre por ser mi apoyo en todo momento y porque ella termina esta etapa conmigo, ella también se lleva este logro en su vida.

A mi Julieta, el motor de mi vida, mi motivación.

A mi gordo que siempre está para nosotras.

A mis compañeros de universidad que vivieron esta etapa conmigo y contribuyeron con su culminación.

Al Jefe Leonardo, Carlos, Mayra y todos los que conspiraron en mi trabajo para alcanzar este logro.

A Cris por ser un excelente ser humano y compañero

Al veneco por su apoyo incondicional, por ser además de un maestro un buen amigo.

A Ra, Martha y Juliencito que contribuyeron y estuvieron apoyándome en esta etapa de mi vida

A mis compañeros de trabajo en Casino Caribe Y Bongos por formar parte de mi vida y enseñarme su manera de ver la vida, para poder aprender de ellos, porque todos son excelentes personas.

*LEIDY TATIANA HIGUERA GARCÍA*

Agradecimientos sinceros a:

La universidad industrial de Santander y la Escuela de Ingeniería de Petróleos por inculcarnos los valores necesarios para nuestro crecimiento en el ámbito profesional y personal.

Al director de proyecto M.Sc. John León Pavón y el codirector ingeniero Jhon Villamizar, por su acompañamiento, colaboración brindada y aportes que fortalecieron nuestro conocimiento y crecimiento personal.

Al ingeniero Luis Carlos Romero y la ingeniera Viginia, quienes con su tiempo, disposición y conocimiento hicieron que este trabajo culminara exitosamente y a Nathalia Cárdenas, quien estuvo atenta y pronta al aportarnos información.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	25
1. CRUDOS PESADOS .....	28
1.1 GENERALIDADES.....	28
1.1.1 Origen .....	28
1.1.2 Características .....	29
1.1.3 Clasificación.....	29
1.1.4 Crudo pesado Colombiano .....	31
1.2 PROPIEDADES FÍSICAS .....	32
1.2.1 Porosidad.....	32
1.2.2 Permeabilidad.....	33
1.2.3 Gravedad específica del petróleo .....	34

1.2.4 Presión de burbujeo, $P_b$ .....	34
1.2.5 Factor volumétrico.....	35
1.2.6 Viscosidad de crudo pesado .....	36
1.3 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE RESERVAS PARA YACIMIENTOS DE CRUDO PESADO .....	39
1.3.1 Procedimientos Determinísticos.....	39
1.3.2 Procedimientos probabilísticos .....	43
1.4 SIMULACIÓN NUMÉRICA DE YACIMIENTOS .....	44
1.4.1 Objetivo de la simulación numérica de yacimientos.....	45
1.4.2 Estado de arte de la simulación. ....	45
1.4.3 Utilidad de la simulación .....	46
1.4.4 Modelos para la simulación numérica.....	47
1.4.5 Simulador.....	50
1.5. CONFIGURACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CRUDO PESADO .....	52

1.5.1 Concepto de análisis nodal.....	52
1.5.2 Componentes del análisis nodal.....	53
1.5.3 Condiciones de operación y puntos de análisis.....	53
1.5.4 Proceso de aplicación de análisis nodal.....	55
2. PRESENTACIÓN GENERAL DEL SOFTWARE IMPLEMENTADO.....	58
2.1. ASPECTOS GENERALES DE ECLIPSE™.....	59
2.1.1. Eclipse™ 100.....	63
2.1.2. Eclipse™ 300.....	64
2.1.3. FrontSim.....	65
2.2. Aspectos generales de PIPESIM.....	67
2.3. ASPECTOS GENERALES DE NEXUS®.....	69
2.3.1. Principales atributos de Nexus®.....	71
3. SELECCIÓN DEL MODELO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SIMULACIÓN.....	76

3.1. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN .....	78
3.1.1. Simulador integrado: Desarrollo para Nexus®.....	78
3.1.2. Simuladores complementarios: Desarrollo para Eclipse™ y PIPESIM. ....	94
3.2. Aspectos relevantes en la implementación de la plataforma para cada software .....	106
4. VARIACIÓN DE PARÁMETROS OPERACIONALES AL MODELO IMPLEMENTADO .....	118
4.1. SECCIÓN DE SUBSUELO .....	119
4.1.1. Caso base.....	120
4.1.2. Caso 1.....	124
4.1.3. Caso 2.....	128
4.1.4. Caso 3.....	132
4.1.5. Caso 4.....	136
4.1.6. Caso 5.....	140
4.2. SECCIÓN DE SUPERFICIE .....	144

4.2.1. Caso base.....	145
4.2.2. Caso 6.....	148
4.2.3. Caso 7.....	149
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	150
4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE SUBSUELO .....	151
4.4.1. Presión de yacimiento.....	151
4.4.2 Tasa de producción de aceite. ....	152
4.4.3 Tasa de producción de agua.....	153
4.4.4 Tasa de producción de gas.....	154
4.4.5. Tasa de producción acumulada de aceite.....	156
4.4.6 Tasa de producción acumulada de agua. ....	157
4.4.7. Tasa de producción acumulada de gas. ....	158
4.4.8. Análisis general.....	159

4.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE SUPERFICIE. ....	160
4.5.1 Índice de productividad. ....	160
4.6 IMPLEMENTACIÓN DE NEXUS® PARA OPTIMIZAR PRODUCCIÓN .....	165
5. CONCLUSIONES .....	166
6. RECOMENDACIONES.....	168
BIBLIOGRAFÍA.....	169
ANEXOS .....	172

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros incluidos en la data de inicialización .....	82
Tabla 2. Posición de pozos .....	85
Tabla 3. Condiciones de pozo.....	85
Tabla 4. Condiciones de parámetros operativos de producción .....	87
Tabla 5. Arreglos y dimensiones entre los nodos WH y GC .....	91
Tabla 6. Arreglos y dimensiones de los nodos Manifold y OUT .....	91
Tabla 7. Arreglos y dimensiones del estado mecánico del pozo.....	92
Tabla 8. Parámetros operacionales de producción en la sección de subsuelo....	119
Tabla 9. Parámetros operacionales de producción en la sección de superficie...	145
Tabla 10. Presión final del yacimiento a los 1525 días .....	151
Tabla 11. Tasa de producción de aceite a los 1525 días.....	152
Tabla 12. Tasa de producción de agua del yacimiento a los 1525 días.....	154
Tabla 13. Tasa de producción de gas del yacimiento a los 1525 días.....	156
Tabla 14. Tasa de producción acumulada de aceite del yacimiento a los 1525 días .....	157
Tabla 15. Tasa de producción de agua del yacimiento a los 1525 días.....	157
Tabla 16. Tasa de producción de gas del yacimiento a los 1525 días.....	158
Tabla 17. Errores promedios medidos a los 1525 días para los casos de subsuelo .....	159
Tabla 18. Desviación del índice de productividad del pozo reportado a los 724 días. .....	162
Tabla 19. Tasa de producción acumulada de fluidos del yacimiento a los 1525 días .....	165

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de crudo pesado y extrapesado.....	31
Figura 2. Comportamiento del Bo en función de la presión .....	35
Figura 3. Etapas de un simulador. ....	51
Figura 4. Capacidad de flujo del sistema .....	56
Figura 5. Ubicación de nodos .....	57
Figura 6. Parámetros que hacen de Eclipse™ una herramienta ideal para la simulación.....	60
Figura 7. Funcionamiento de la simulación en Eclipse™ y principales actividades .....	61
Figura 8. Simulación de los requerimientos de los datos de la grilla.....	63
Figura 9. Modelo Black Oil. Eclipse™ 100 .....	63
Figura 10. Modelo composicional. Eclipse™ 300. ....	65
Figura 11. Visualización de las corrientes de flujo en FrontSim.....	66
Figura 12. Producción total de un sistema. ....	68
Figura 13. Visualización de la red de superficie utilizando el software SurfNet™ ..	72
Figura 14. Visualización de la red de subsuelo utilizando el software PowerGrid™ .....	74
Figura 15. Ubicación de las principales áreas de interés exploratorio para crudo pesado en Colombia .....	77
Figura 16. Visualización del estudio y el caso en el launcher de Nexus® .....	79
Figura 17. Visualización del cuadro de dialogo inicial del software SimDataStudio™ .....	80
Figura 18. Ventana principal del software SDS para el ingreso de información.....	81
Figura 19. Visualización de la sección de la data recurrente para la simulación ...	83
Figura 20. Ventana emergente para definir las opciones de salida de SDS. ....	84

Figura 21. Visualización de la ventana principal de la unidad de Well Data en la sección de EXEC data o data recurrente .....	86
Figura 22. Ventana emergente para la inclusión de un nuevo pozo .....	86
Figura 23. Ventana emergente para anexar una nueva perforación .....	87
Figura 24. Visualización de la subunidad correspondiente a las perforaciones de los pozos .....	87
Figura 25. Visualización de la ventana principal de la subunidad de restricciones de los pozos.....	88
Figura 26. Visualización de la ventana para la data de la definición del nodo .....	90
Figura 27. Visualización de la configuración y conexiones de la red .....	90
Figura 28. Visualización del cuadro de dialogo anterior a generar los datos. ....	93
Figura 29. Visualización del launcher de Nexus® listo para correr el modelo .....	94
Figura 30. Visualización del Launcher de ECLIPSE™ office .....	97
Figura 31. Visualización del módulo Data Manager .....	97
Figura 32. Visualización de la ventana Case definition dentro del módulo Data Manager.....	98
Figura 33. Visualización de la ventana Grid dentro del módulo Data Manager.....	99
Figura 34. Visualización de los comandos en la sección PVT dentro del módulo Data Manager.....	100
Figura 35. Visualización de la ventana SCAL en el módulo Data Manager .....	101
Figura 36. Visualización de la ventana de Inicialización dentro del módulo Data Manager.....	102
Figura 37. Visualización de la ventana de Schedule en el módulo Data Manager .....	102
Figura 38. Visualización de la ventana para la generación de los tiempos (Time steps) .....	103
Figura 39. Visualización de la ventana en la sección Summary dentro del módulo Data Manager .....	104
Figura 40. Visualización de la pantalla de arranque de la corrida de simulación del caso .....	104

Figura 41. Visualización de la configuración de la red de superficie y pozo en el software PIPESIM.....	106
Figura 42. Ingreso de la data de inicialización en la sección de definición de la grilla .....	108
Figura 43. . Ingreso de la data de inicialización en la sección del PVT.....	109
Figura 44. . Ingreso de la data de inicialización en la sección de las propiedades de la roca .....	110
Figura 45. . Ingreso de la data de inicialización en la sección de equilibrio .....	111
Figura 46. . Ingreso de la data de inicialización en la sección de los parámetros del pozo .....	112
Figura 47. . Ingreso de la data recurrente en la sección de la red de pozo/superficie .....	113
Figura 48. . Ingreso del estado mecánico del pozo y otras propiedades .....	114
Figura 49. Lectura de los reportes de salida a través de la grilla 3D .....	115
Figura 50. Lectura de los reportes de salida en superficie.....	116
Figura 51. Visualización del modelo estudiado en NexusView® del caso base ..	120
Figura 52. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso base con el software Nexus® .....	121
Figura 53. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso base con el software Eclipse™ .....	121
Figura 54. Tasa de producción por día para el caso base con el software Nexus® .....	122
Figura 55. Tasa de producción por día para el caso base con el software Eclipse™ .....	122
Figura 56. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso base con el software Nexus® .....	123
Figura 57. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso base con el software Eclipse™ .....	123
Figura 58. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 1 .....	124

Figura 59. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Nexus® .....	125
Figura 60. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Eclipse™ .....	125
Figura 61. Tasa de producción por día para el caso 1 con el software Nexus® ..	125
Figura 62. Tasa de producción por día para el caso 1 con el software Eclipse™	126
Figura 63. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Nexus®.....	126
Figura 64. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Eclipse™ .....	127
Figura 65. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 2.....	128
Figura 66. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Nexus® .....	128
Figura 67. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Eclipse™ .....	129
Figura 68. Tasa de producción por día para el caso 2 con el software Nexus® ..	130
Figura 69. Tasa de producción por día para el caso 2 con el software Eclipse™	130
Figura 70. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Nexus®.....	131
Figura 71. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Eclipse™ .....	131
Figura 72. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 3.....	132
Figura 73. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Nexus® .....	132
Figura 74. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Eclipse™ .....	133
Figura 75. Tasa de producción por día para el caso 3 con el software Nexus® ..	134
Figura 76. Tasa de producción por día para el caso 3 con el software Eclipse™	134

Figura 77. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Nexus®.....	135
Figura 78. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Eclipse™ .....	135
Figura 79. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 4 .....	136
Figura 80. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Nexus® .....	136
Figura 81. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Eclipse™ .....	137
Figura 82. Tasa de producción por día para el caso 4 con el software Nexus® ..	138
Figura 83. Tasa de producción por día para el caso 4 con el software Eclipse™	138
Figura 84. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Nexus®.....	139
Figura 85. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Eclipse™ .....	139
Figura 86. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 5 .....	140
Figura 87. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Nexus® .....	141
Figura 88. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Eclipse™ .....	141
Figura 89. Tasa de producción por día para el caso 5 con el software Nexus® ..	141
Figura 90. Tasa de producción por día para el caso 5 con el software Eclipse™	142
Figura 91. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Nexus®.....	142
Figura 92. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Eclipse™ .....	143
Figura 93. Visualización del modelo estudiado en NexusView® del caso base. .	146
Figura 94. IPR para el Caso Base arrojada por el simulador NEXUS® .....	147

Figura 95. IPR para el Caso Base arrojada por el simulador PIPESIM .....	147
Figura 96. IPR para el Caso 6 arrojada por el simulador NEXUS® .....	148
Figura 97. IPR para el Caso 6 arrojada por el simulador PIPESIM.....	149
Figura 98. IPR para el Caso 7 arrojada por el simulador NEXUS® .....	149
Figura 99. IPR para el Caso 7 arrojada por el simulador PIPESIM.....	150
Figura 100. Curva IPR para el caso base .....	161
Figura 101. Curva IPR para el caso 6.....	161
Figura 102. Curva IPR para el caso 7.....	162
Figura 103. IPRs generados por Nexus® y PIPESIM .....	164

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXOS A: Tablas del comportamiento de la caída de presión y tasas de producción de los fluidos para los casos de estudio .....	173
ANEXOS B: Curvas de tendencia de la sensibilización de parámetros en subsuelo. .....	216

## RESUMEN

**TÍTULO: ESTUDIO COMPARATIVO DE UN SIMULADOR NUMÉRICO INTEGRADO Y DOS SIMULADORES COMPLEMENTARIOS MEDIANTE LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS OPERACIONALES DE PRODUCCIÓN DE CRUDO PESADO\***

**AUTORES:** CRISTIAN CAMILO COLMENARES SANCHEZ  
LEIDY TATIANA HIGUERA GARCIA\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Simuladores integrados, simuladores complementarios, modelo estático, modelo dinámico, Nexus®, Eclipse y Pipesim.

### DESCRIPCIÓN:

La aparición de los primeros simuladores numéricos de yacimientos en la industria petrolera, como herramientas que ayudan a predecir de cierta manera el comportamiento del yacimiento, cuando los datos ofrecen un panorama limitado de este entorno, convirtiéndose en una estrategia eficiente a la hora de tomar decisiones que ponen en juego la viabilidad de un proyecto. La simulación de yacimientos en la actualidad ha tomado gran fortaleza y confianza ante las más grandes compañías de hidrocarburos a nivel mundial. Empresas como Halliburton y Schlumberger se han puesto a la tarea de desarrollar sus propios programas de simulación, para implementar o planear una técnica y optimizar procesos. Nexus® es un producto de la casa madre Halliburton, que lleva en el mercado muy poco tiempo y se ha venido consolidando como un simulador eficaz y práctico, que gradualmente va desplazando la primera generación de simuladores como VIP. De esta manera se plantea evaluar el comportamiento en el yacimiento, pozo y superficie, al alterar algunos parámetros de producción, por medio de Nexus® y compararlos con otros simuladores comercialmente bien posicionados, como Eclipse™ en la sección de subsuelo y pipesim en el pozo y superficie.

El proyecto está constituido por nueve capítulos, que abordan temas desde las generalidades del crudo pesado, pasando por la configuración de su sistema de producción, métodos de estimación de reservas hasta el afianzamiento de la simulación numérica y su metodología como herramienta para el estudio del modelo implementado en cada uno de los simuladores. Posteriormente se realizan los análisis de los resultados obtenidos para valorar la capacidad de los simuladores.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: John Alexander León Pabón. Codirector: Jhon Villamizar Pabon

## ABSTRACT

**TITLE: COMPARATIVE STUDY OF AN INTEGRATED NUMERIC SIMULATOR AND TWO COMPLEMENTARY SIMULATORS THROUGH THE VARIATION OF PRODUCTION OPERATIONAL PARAMETERS OF HEAVY OIL \***

**AUTHORS:** CRISTIAN CAMILO COLMENARES SANCHEZ  
LEIDY TATIANA HIGUERA GARCIA\*\*

**KEYWORDS:** Integrated simulators, complementary simulators, static and dynamic model, Nexus®, Eclipse™ and Pipesim.

### DESCRIPTION:

Since the first reservoir simulators appeared in the petroleum industry as a tool to predict certain reservoir behaviors, we have learned that the data alone offers a limited panorama of this environment. For that reason the simulation becomes an efficient strategy to make decisions for the viability of the project. Companies like Halliburton and Schlumberger have worked to develop their own simulation programs which provide tools to implement or plan a technic and optimize the process. Nexus® is a product by Halliburton. It has been in the industry for a short time and has consolidated into an effective simulator that gradually displaces the first generation of simulators, such as VIP. This investigation plans to evaluate the results of the reservoir, well and surface performance. When altering production parameters through Nexus®, we will compare them with other commercially positioned simulators such as Eclipse™ in the subsoil section and Pipesim in the well and surface section.

This project is formed in to nine chapters that approach topics such as, heavy oil generalities, configuration of the production system, reserve estimation methods, consolidation of the numeric simulation and its methodology as a tool to study the implemented model in each simulator. Later, we will perform the analysis of results obtained to assess the simulator capacity and efficiency.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Chemical physical engineering. Petroleum Engineering School. John Alexander León Pabón. Codirector: Jhon Villamizar Pabon

## INTRODUCCIÓN

Desde la invención del motor de combustión interna hasta la actualidad, el petróleo ha jugado un papel muy importante en la sociedad, y marcando en sí la pauta para el desarrollo de países industrializados. Potencias mundiales y países en vías de desarrollo, por el interés de saciar sus necesidades de petróleo, buscan alternativas que les ayuden a optimizar la obtención de crudo, disminuyendo al máximo posible los riesgos.

Estadísticas mundiales pronosticaron que la producción de petróleo convencional alcanzó su punto máximo antes del 2005<sup>1</sup>, lo cual encendió las alarmas de alerta hacia todos los países. Al irse agotando las reservas de crudo convencional y aumentando la incesante demanda de energía, el crudo pesado paso a ser una verdadera fuente de estudio, capaz de proporcionar la energía suficiente. Países con grandes reservas de crudo pesado han tomado cartas en el asunto y se han dedicado a investigar a fondo la explotación de este recurso.

El crudo pesado es típicamente producido de formaciones geológicas jóvenes. Estos yacimientos tienden a ser someros y con roca sello menos efectiva, lo cual al quedar más expuesto conduce a la formación de crudo pesado. La naturaleza somera a la que se encuentra la mayoría de formaciones de crudo pesado, da a entender que muchos de estos fueron descubiertos más temprano que los demás. Tomando de rezumaderos o excavando a mano, parece que fueron las maneras primitivas de obtener el hidrocarburo. Alrededor de los años 90, estos métodos proporcionaron un progreso de las técnicas empleadas hoy en día.

Muchas compañías operadoras tratan de obtener el máximo de hidrocarburos a través de recobro primario o también llamada producción en frío, entre un rango de

---

<sup>1</sup> World Energy Outlook, WEO2010. Agencia internacional de la energía, AIE.

1 - 10%<sup>2</sup> de factor de recobro. Dependiendo de las propiedades del aceite, la producción en frío y el levantamiento artificial podrían ser exitosos. Muchos yacimientos producen más eficientemente con pozos horizontales. Una vez la producción en frío ha alcanzado el límite económico. El siguiente paso usualmente es utilizar métodos de recobro térmicos, pero este no es de estricto orden, ya que hay otros métodos que también funcionarían. Técnicas como la inyección cíclica de vapor podría alcanzar factores de recobro entre 20 – 40%, mientras que la inyección continua de vapor ha mostrado en algunas operaciones factores de recobro por encima del 80%.

Para la producción de crudo pesado se requiere una gran inversión. La alta viscosidad agrega dificultades en el transporte, requiere especial y más costosas técnicas de refinación. Como los yacimientos de crudo pesado son someros, los costos de perforación no son un factor dominante, pero el crecimiento e introducción de nuevas tecnologías o complejos de pozos horizontales y multilaterales suman costos al desarrollo de estos. El principal costo se lleva a cabo en la producción de energía necesaria para generar movilidad en el aceite viscoso.

En la actualidad todas las energías están focalizadas en mitigar las dificultades en la producción de hidrocarburos, su optimización y el aprovechamiento de los recursos para su explotación. Herramientas software existen hoy en día y juegan un papel muy importante para superar los retos de la industria, programas como estos constituyen una base fuerte en la simulación en los procesos del yacimiento hasta superficie, para la predicción de reservas. Gran número de simuladores se encuentran hoy en el mercado, unos proporcionan ciertas ventajas sobre los otros, mayor sensibilidad y hasta una programación más robusta la cual permite que múltiples funciones se realicen simultáneamente de manera dinámica en el tiempo.

---

<sup>2</sup> KURTIS, Carl. KOPPER, Robert. DACOSTER, Eric. GUZMAN, Angel. HUGGINS, Cynthia. Knauer, Larry. MINER, Mike. KUPSCH, Nathan. LINARES, Luz. ROUGH, Howard. WAITE, Mike. Article. Schlumberger. 2002. Oil field review: Heavy-Oil reservoirs. Schlumberger. 2002. P.31.

La complejidad de la explotación de hidrocarburos ha creado la necesidad de implementar simuladores más precisos y que arrojen resultados en el menor tiempo posible. Un nuevo recurso de simulación ha sido entregado en la industria , la empresa Halliburton ofrece la posibilidad de realizar la simulación de tres escenarios, subsuelo, pozo y superficie en un solo software, integrado y además dinámico llamado NEXUS®, el interés es ahora verificar la veracidad de esta nueva herramienta, por lo que se toma como punto de partida la comparación de este, con programas de talla comercial, entre los que se tiene a Eclipse™ (simulación en Subsuelo) y PIPESIM(simulación en pozo y superficie) de Schlumberger, los cuales ofrecen resultados confiables.

## 1. CRUDOS PESADOS

### 1.1. GENERALIDADES

La distinción y algunas características básicas de los crudos pesados serán explicadas, bajo los fundamentos y conceptos teóricos basados en las investigaciones y estudios realizados a lo largo de la historia, Es de vital importancia ciertos conocimientos previos de este tipo de fluido, tales como su origen, tipos, su producción y demás, para comprender de tal manera el desarrollo de la investigación.

**1.1.1. Origen<sup>3</sup>:** Originalmente cuando la roca generadora produce el petróleo, éste no es pesado. Los expertos es geoquímica generalmente coinciden en que casi todos los petróleos comienzan con densidades de entre 30 y 40 ° API. El petróleo se vuelve pesado sólo luego de una degradación sustancial ocurrida durante la migración y luego del entrapamiento. La degradación se produce a través de una variedad de procesos biológicos, químicos y físicos. La bacteria transportada por el agua superficial metaboliza los hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos en moléculas más pesadas. Las aguas de formación también remueven hidrocarburos por solución, eliminando los hidrocarburos de menor peso molecular, los cuales son más solubles en agua. El petróleo crudo también se degrada por volatilización cuando un sello de pobre calidad permite que las moléculas más livianas se separen y escapen.

El petróleo pesado se produce típicamente de formaciones geológicas jóvenes; Pleistocenas, Pliocenas y miocenas. Estos yacimientos tienden a ser someros y poseen sellos menos efectivos, exponiéndolos a condiciones que conducen a la

---

<sup>3</sup> OÑATE, José.; RODRÍGUEZ, Raul. Evaluación de las alternativas de transporte de crudo pesado por tuberías: caso aplicado al Campo Rubiales. Tesis Ingenieros de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, 2012. P. 221.

formación de petróleo pesado. La naturaleza somera de la mayoría de las acumulaciones de petróleo pesado se debe a que muchas se descubrieron tan pronto como se establecieron las poblaciones en sus proximidades.

La recolección de crudo de chapopoterías (manaderos de petróleo) y la excavación a mano constituyeron las formas más tempranas de recuperación, seguidas de la perforación de túneles y la minería. A principios de la década de 1900, estos métodos dieron lugar al avance de técnicas empleadas hoy para producir yacimientos de petróleo pesado.

**1.1.2. Características<sup>4</sup>:** Los crudos pesados a menudo son el resultado de la oxidación bacteriana de los crudos convencionales en el yacimiento. Tienen distintas propiedades físicas y químicas que se ven alteradas y generalmente los crudos presentan:

- Baja gravedad API
- Alta viscosidad
- Alto punto de fluidez: 80° F – 100 °F.
- Alto contenido de metales pesados como níquel y vanadio.
- Alto contenido de azufre y nitrógeno.
- Alta relación gas aceite ( GOR)
- Salinidad del crudo.
- Producción de arena.

**1.1.3. Clasificación<sup>5</sup>:** Los crudos exhiben un amplio espectro de densidades y viscosidades. La viscosidad a la temperatura de yacimiento es generalmente la medida más importante para un productor de hidrocarburos porque determina cuán

---

<sup>4</sup> Ibid. P. 23.

<sup>5</sup> Ibid. P. 25.

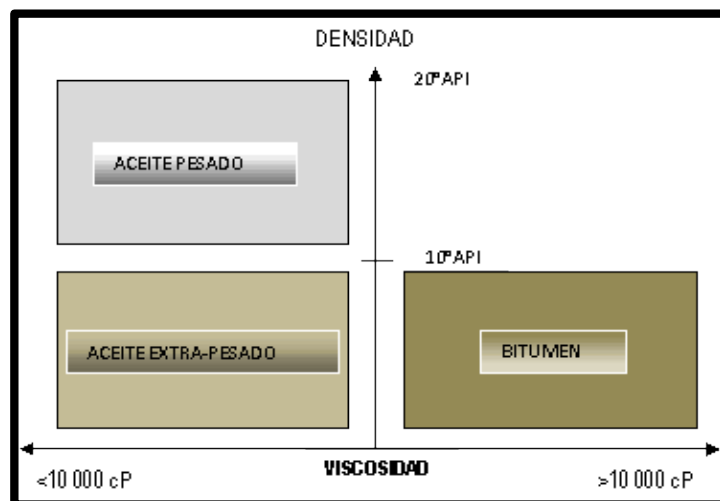
fácilmente fluirá el petróleo. La densidad es más importante para el refinador de petróleo porque es un mejor indicador de los derivados de la destilación. Desafortunadamente, no existe una correlación clara entre los dos, la viscosidad puede variar en gran medida con la temperatura, sin embargo, la densidad varía poco con la temperatura, y se ha convertido en el parámetro estándar de campo utilizado comúnmente para categorizar los petróleos.

La densidad se define usualmente en términos de grados API (Instituto Americano del Petróleo) y está relacionada con la gravedad específica; mientras más denso es el petróleo, más baja es la densidad API. Las densidades API del hidrocarburo líquido varían desde los 4° para el bitumen rico en brea hasta los 70° para los condensados. EL petróleo pesado abarca un vasto rango a lo largo de este espectro que existe entre el petróleo ultra pesado y el petróleo liviano. Los crudos pesados son un sistema coloidal compuesto principalmente por partículas de asfáltenos que se encuentran diluidas en un solvente constituido por máltenos. La fracción polar más aromática y pesada en el crudo son los asfáltenos, los cuales están compuestas por anillos aromáticos con cadenas alifáticas que poseen grupos polares en sus extremos. La alta viscosidad del crudo pesado es atribuida principalmente a la superposición de los asfáltenos. Para entender el comportamiento macroscópico de estos crudos, se han realizado estudios de las interacciones microscópicas entre los componentes del crudo, de los resultados reológicos se obtiene que la viscosidad aumenta con la concentración de asfáltenos.

Los crudos pesados se clasifican de acuerdo a la densidad:

Crudo pesado:  $10^{\circ} > \text{API} < 20^{\circ}$     Crudo extrapesado y bitumen:  $\text{API} < 10^{\circ}$

**Figura 1. Clasificación de crudo pesado y extrapesado**



Fuente: SANIERE, A HENAUT.I, AND ARGUILLIER, J-F. "Pipeline transportation of Heavy Oils. A Strategic Economic and Technological Challenge". Oil & Gas Science and Technology. Vol. 59. 2004. Pág. 455 -466.

**1.1.4. Crudo pesado Colombiano<sup>6</sup>:** Los crudos pesados en Colombia se encuentran en las cuencas de los Llanos Orientales, Cordillera Oriental y Valle del Magdalena; entre estos se encuentra Castilla el mayor productor de crudo pesado y los campos Teca, Nare y Jazmín; siendo los últimos, un problema en el proceso de refinación debido a sus altos niveles de acidez, viscosidad y demás impurezas que los constituyen. Los crudos pesados han tenido una participación promedio en la producción total de petróleo de alrededor 39%. Es importante señalar que la participación de este tipo de crudos ha venido aumentando año tras año, pasando del 36 % en 2006 a 43,5 % en lo corrido del 2009. Por otra parte, la extracción de crudos pesados ha venido aumentando de igual manera; la tasa de crecimiento anual para el periodo ha sido del 15,1 %. La producción del primer semestre del 2009 es un 51 % más que la producción total de 2006.

<sup>6</sup> SANABRIA, Javier. Evaluación mediante técnica gravimétrica y electroquímicas, del efecto del azufre de un ambiente que simula el procesamiento de un crudo pesado, en la velocidad de corrosión de la cero ASTM A335-P9. Tesis Ingenieros de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, 2014. P. 21-22.

## 1.2. PROPIEDADES FÍSICAS

**1.2.1. Porosidad**<sup>7</sup>: La porosidad se define como la relación entre el volumen poroso y el volumen total de la roca (la propiedad inversa a la porosidad es la compacidad).

Matemáticamente:

$$\varphi = \frac{V_p}{V_t} \quad \text{Ec. 1}$$

$V_p$  = volumen poroso

$V_t$  = volumen total

De acuerdo a la interconexión del volumen poroso, la porosidad se define en porosidades absoluta, efectiva y no efectiva.

**1.2.1.1. Clasificación de Ingeniería de la porosidad:** Durante el proceso de sedimentación y litificación, algunos de los poros que se desarrollaron inicialmente pudieron sufrir aislamiento debido a varios procesos diagenéticos o catagénicos tales como cementación y compactación. Por ende, existirán poros interconectados y otros aislados. Esto conlleva a clasificar la porosidad en absoluta y efectiva dependiendo de qué espacios porales se miden durante la determinación del volumen de estos espacios porosos.

- **Porosidad absoluta.** Es aquella porosidad que considera el volumen poroso de la roca esté o no interconectado. Esta propiedad es la que normalmente miden los porosímetros comerciales. Una roca puede tener una porosidad absoluta

---

<sup>7</sup> ESCOBAR, Freddy. Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos. Huila. USCO. Universidad Sur Colombiana. 2001. P. 48-49.

considerable y no tener conductividad de fluidos debido a la carencia de interconexión poral. La lava es un ejemplo típico de esto.

- **Porosidad efectiva.** Es la relación del volumen poroso interconectado con el volumen bruto de roca. Esta porosidad es una indicación de la habilidad de la roca para conducir fluidos, sin embargo esta porosidad no mide la capacidad de flujo de una roca. La porosidad efectiva es afectada por un número de factores litológicos como tipo, contenido e hidratación de arcillas presentes en la roca, entre otros.
- **Porosidad no efectiva.** Es la diferencia que existe entre la porosidad absoluta y efectiva.

**1.2.2. Permeabilidad<sup>8</sup>:** La permeabilidad es la capacidad que tiene el medio poroso para permitir el flujo de fluidos. Para flujo lineal la ley de Darcy dice que la velocidad de un fluido homogéneo en un medio poroso es proporcional a la fuerza de empuje (gradiente de presión) e inversamente proporcional a la viscosidad. Darcy requiere que el fluido se adhiera a los poros de la roca, sature 100 % el medio y flujo homogéneo y laminar ocurra.

#### **1.2.2.1. Tipos de permeabilidad.**

- **Permeabilidad absoluta.** Es aquella permeabilidad que se mide cuando un fluido satura 100 % el espacio poroso. Normalmente, el fluido de prueba es aire o agua.
- **Permeabilidad efectiva.** Es la medida de la permeabilidad a un fluido que se encuentra en presencia de otro u otros fluidos que saturan el medio poroso. La permeabilidad efectiva es función de la saturación de fluidos, siempre las permeabilidades relativas son menores que la permeabilidad absoluta.

---

<sup>8</sup>Ibid. P. 49.

- **Permeabilidad relativa.** Es la relación existente entre la permeabilidad efectiva y la permeabilidad absoluta. Esta medida es muy importante en ingeniería de yacimientos, ya que da una medida de la forma como un fluido se desplaza en el medio poroso. La sumatoria de las permeabilidades relativas es menor de 1.0. A la saturación residual de crudo,  $S_{or}$  o a la saturación de agua connota,  $S_{wc}$  se tiene que  $k_f \approx k_{abs}$ . Si un 2-3 % de fase no-mojante se introduce, esta se mete a los poros grandes y obstaculiza el flujo de la mojante. Si los poros fueran iguales, no habría obstáculos.

**1.2.3. Gravedad específica del petróleo<sup>9</sup>:** La gravedad específica del petróleo crudo, es la relación entre la densidad del crudo en estudio y la densidad del agua dulce, ambas densidades tomadas a la misma presión y temperatura.

La gravedad específica (adimensional) normalmente es reportada como  $60^\circ/60^\circ$ , esto significa que las densidades del petróleo y del agua fueron medidas a  $60^\circ\text{F}$  y presión atmosférica.

**1.2.4. Presión de burbujeo,  $P_b$ <sup>10</sup>:** Ésta es la presión a la cual el sistema en estado líquido se encuentra en equilibrio con una cantidad infinitesimal de gas y al no admitir más gas disuelto pasa al estado de dos fases, dejando libre la primera burbuja de gas. Permite definir el estado en el que se encuentra el fluido en el yacimiento; es decir, si está sub-saturado o saturado con gas natural, al ser comparada con la presión inicial del mismo. Esta presión también es denominada de saturación ( $P_s$ ), debido a que la fase líquida está constituida por crudo saturado con gas natural. Generalmente cuando se habla de crudos pesados se hace

---

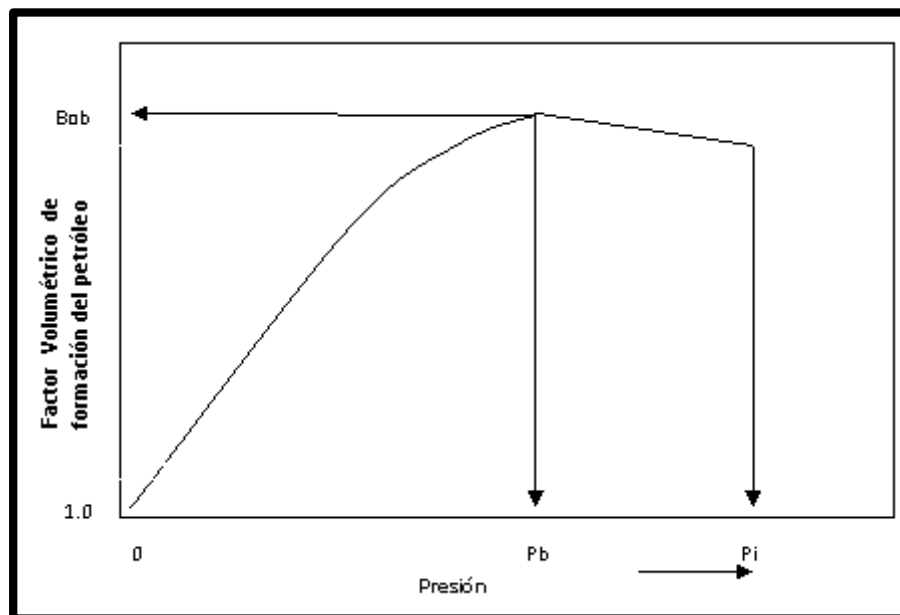
<sup>9</sup> GARNICA, Lisset; HERNANDEZ, Jojanna. Evaluación de modelos de aceite negro mediante casos de estudio en tres simuladores numéricos de yacimientos de bajo costo comercial. Tesis Ingenieros de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, 2013. P. 35.

<sup>10</sup> Ibid. P. 35.

referencia a la presión de saturación ya que el gas, el cual se encuentra en equilibrio con el petróleo, es muy poco.

**1.2.5. Factor volumétrico<sup>11</sup>:** Es la relación entre el volumen de petróleo a las condiciones prevalecientes del yacimiento y ese mismo volumen a condiciones de superficie. El comportamiento de esta relación de volúmenes ( $B_o$ ), expresada en  $B_Y/B_N$ , se muestra en la gráfica siguiente (Figura 4).

**Figura 2. Comportamiento del  $B_o$  en función de la presión**



Fuente: GARNICA, Lisset; HERNANDEZ, Johanna. Curva del factor volumétrico de formación. 2013. Adaptada por los Autores

El gráfico muestra el comportamiento típico del  $B_o$ , en función de la disminución de la presión, donde el volumen de petróleo con gas disuelto en el yacimiento, se incrementa levemente con la disminución de la presión, desde la presión inicial ( $P_i$ ) hasta la  $P_b$ ; esto indica que el gas disuelto en el petróleo ha comenzado a

<sup>11</sup> Ibid. P. 36.

expandirse, provocando que el petróleo también se expanda hasta alcanzar la  $P_b$ , a partir de este punto, la liberación de gas es inminente en el yacimiento y el volumen de petróleo comienza a disminuir hasta las condiciones mínimas de presión (14,7 lpc) y temperatura de yacimiento. Esta relación viene dada por:

$$\beta_0 = \frac{(V_o)_{p,t}}{(V_o)_{CN}} \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

$B_0$ : Factor de formación volumétrico del petróleo, BY/BN.

$(V_o)_{p,t}$ : Volumen de petróleo a presión y temperatura del yacimiento, BY.

$(V_o)_{CN}$ : Volumen de petróleo medido a condiciones estándar, BN.

**1.2.6. Viscosidad de crudo pesado<sup>12</sup>:** La viscosidad es una propiedad que indica la facilidad con que un fluido fluye cuando se le aplica una fuerza externa, es decir, es una medida de la resistencia interna al movimiento de un fluido, que se debe a la fuerza de atracción entre sus moléculas. La viscosidad es función del estado de las propiedades del fluido, por esta razón es importante determinar el método más económico y apropiado para transportar el crudo pesado mediante un análisis de laboratorio.

Las propiedades a tener en cuenta son:

- **Temperatura:** La viscosidad de los líquidos es inversamente a la temperatura, a medida que esta aumenta la viscosidad disminuye. Este comportamiento es

---

<sup>12</sup> RUIZ, Mauricio; HERNANDEZ, Harold. Comparación experimental de la enzima biológica stimuzyme y un diluyente para determinar el efecto en la reducción de viscosidad para crudo pesado. Tesis Ingenieros de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. 2014. P. 30-32.

denotado por la ecuación de Andrade:

$$\mu = Ae^{\frac{B}{T}} * \quad \text{Ec. 3}$$

En un gas, la viscosidad aumenta cuando aumenta la temperatura debido a las fuerzas de cohesión entre las moléculas y la rapidez de transferencia de cantidad de movimiento molecular.

- **Presión:** El flujo de fluidos, no se considera de mayor importancia los efectos de la presión sobre la viscosidad, dado a que los cambios de presión en las líneas de flujo no son significativos, la presión está limitada por la resistencia de la tubería, por lo tanto, es un parámetro establecido.
- **Velocidad de deformación:** Afecta la viscosidad según el tipo de fluido. Los fluidos pesados y extra pesados son fluidos no - Newtonianos y por ello tienen un comportamiento muy diferente al fluido liviano debido a su composición molecular. Los fluidos no – Newtonianos son aquellos en los que la viscosidad varía con la velocidad de deformación.

**1.2.6.1 Tipos de viscosidad:** Existen diferentes tipos de viscosidad, se clasifican según el método utilizado para su determinación en:

- **Viscosidad Cinemática.** Es una medida del tiempo de flujo para un volumen fijo de líquido que fluye por gravedad a través de un capilar. En la industria del petróleo la viscosidad cinemática es usualmente expresada en centistokes, cSt. [1 Stoke, St (cm<sup>2</sup> /s) = 100 cSt]. En el sistema ingles se expresa en /s; donde: 1 St = cm<sup>2</sup> /s] = [1.764<sup>-3</sup> pies<sup>2</sup> / s].
- **Viscosidad absoluta dinámica.** La viscosidad absoluta o también denominada viscosidad dinámica es designada como  $\mu$ , es el producto de la viscosidad cinemática y la densidad del líquido a la misma temperatura, se expresa de la

siguiente manera:

$$\mu = V \cdot \rho$$

Ec. 4

Dónde:

$\mu$  = Viscosidad Dinámica,  $\text{ft}^2/\text{s}$

$V$  = Viscosidad cinemática,  $\text{lb}^*\text{s}/\text{ft}^2$

$\rho$  = Densidad,  $\text{lbm}/\text{ft}^3$

En unidades, en el sistema cegesimal es el poise, P, y se acostumbra a expresar la viscosidad Dinámica en centipoises, debido a que es una unidad más pequeña, donde:  $1 \text{ poise} = 1 [P] = [\text{g}/\text{cm}.\text{s}] = 100 [\text{cp}]$ .

- **Viscosidad Saybolt:** Es el tiempo en segundos en el cual fluye 60 ml de muestra a través de un orificio calibrado bajo condiciones específicas de presión atmosférica y temperatura que oscilan entre 70 y 210 °F.

Tipos de viscosidad.

- Viscosidad Saybolt Universal
- Viscosidad Saybolt Furol

Las viscosidades son designadas por su calibración del orificio. La viscosidad Furol es aproximadamente una décima parte de la viscosidad Universal que se recomienda para aquellos productos de petróleo que tienen viscosidades mayores a 1000 Segundos Saybolt Universal (SSU).

### **1.3. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE RESERVAS PARA YACIMIENTOS DE CRUDO PESADO<sup>13</sup>**

**1.3.1. Procedimientos Determinísticos:** Los procedimientos determinísticos usan el “mejor estimado” o el “valor verdadero” de cada parámetro relevante requerido para calcular reservas. A partir de dichos parámetros se determina el mejor estimado único de reservas, el cual puede ser calificado como probado, probable o posible, basándose en el juicio técnico del ingeniero responsable del cálculo y en las pautas empleadas para determinar la probabilidad de producir dichas reservas. Aunque se ha reconocido que existe cierto nivel de incertidumbre en la estimación de reservas mediante la aplicación de procedimientos determinísticos, la mayoría de la literatura sobre estimación de reservas se ha enfocado en el uso de estos procedimientos.

**1.3.1.1. Método por analogía/estadístico:** Este método se aceptará para estimar las reservas de hidrocarburos. Se utiliza en casos donde la información básica del yacimiento no ha sido definida y para compensar esta falta de información se usan los datos de yacimientos, pozos o áreas cercanas con características geológicas, petrofísicas y de ingeniería análogas. Una debilidad de este método es que es el menos exacto y se utiliza en las etapas tempranas de desarrollo del yacimiento, en combinación con el Método Volumétrico.

**1.3.1.2. Método volumétrico:** Este método será aceptable en las etapas tempranas de desarrollo del yacimiento, cuando se posee información precisa del subsuelo y sísmica, para así poder preparar mapas estructurales e isópacos del yacimiento o

---

<sup>13</sup> DE SANTOLO, Yliane. GONZALEZ, Rommel. Actualización de conceptos de reservas, procedimientos y métodos para su cálculo: propuesta del informe técnico para sometimiento al ministerio de energía y petróleo. Tesis Ingenieros de Petróleos. Caracas: Universidad Central de Venezuela. 2006. P. 42-50.

área en estudio. Estos mapas tienen como objetivo:

- Estimación de hidrocarburos originalmente en sitio
- Identificación de áreas adicionales para desarrollar

La fracción de hidrocarburos originalmente en sitio que es comercialmente recuperable puede ser estimada usando una combinación con el Método por Analogía / Estadístico.

Cuando la configuración geológica es compleja (es decir una estructura caracterizada por numerosas fallas y/o estratigráficamente compleja) el método volumétrico generará una estimación poco confiable de las reservas hasta que haya producción histórica del área o yacimiento en estudio.

**1.3.1.3. Método de balance de materiales:** Este método se usará y será aceptable para calcular los volúmenes de hidrocarburos originalmente en sitio y los probables mecanismos de producción del yacimiento. Este método se aceptará para ser utilizado cuando exista suficiente información específica y precisa de los fluidos (petróleo, gas y agua), historia de las presiones de fondo e información PVT representativa de las condiciones iniciales del yacimiento. Se debe tomar en cuenta que para que estos datos sean confiables, el yacimiento debe haber alcanzado un estado semiestable. Es decir, las presiones transientes deben haber afectado buena parte del sistema de roca y fluidos.

**1.3.1.4. Curvas de comportamiento y declinación de producción:** Este método se usa con el fin de estimar las reservas de hidrocarburos de forma directa y en el diagnóstico del mecanismo de empuje en el yacimiento, pozo o área en estudio, cuando se posea información precisa de la historia de producción y presión. Este método permite estimar:

- Hidrocarburos originalmente en sitio y factores de recobro
- Reservas desarrolladas y no desarrolladas de hidrocarburos
- Pronósticos de producción
- Tiempo de vida productivo del yacimiento, pozo o área en estudio
- Análisis del comportamiento de producción de los fluidos

Los análisis con este método serán aceptables en una etapa ya madura de producción del yacimiento, cuando se conozca la producción por pozo y/o yacimiento. Por ser un método empírico, el resultado de la interpretación de las curvas depende del juicio técnico de la persona que los lleva a cabo. La validez de los resultados del análisis depende de las condiciones de producción del pozo o área en estudio en el periodo de evaluación.

Se puede obtener la declinación de un pozo, graficando su producción con respecto al tiempo. En caso de que se posean varios pozos, se procederá a dividir la producción total entre el número de pozos activos para ese momento. La tendencia observada de la producción promedio con respecto al tiempo dará como resultado la declinación.

**1.3.1.5. Método de simulación:** El Método de Simulación, es un conjunto de programas de computación que, mediante algoritmos apropiados, resuelve numéricamente las ecuaciones del modelo matemático que representa el yacimiento. Así se obtienen soluciones aproximadas de tales ecuaciones. Estas soluciones no son exactas, aunque la aproximación resultante generalmente es buena. La simulación se usa para la estimación de hidrocarburos originalmente en sitio y para los casos de estudios complejos de yacimientos, donde hay numerosos pozos y donde existen varios tipos de complicaciones adicionales como fallas, heterogeneidades, variaciones en las propiedades de los fluidos, etc. Igualmente es

imprescindible en los casos de estudios de recuperación secundaria o mejorada, para las cuales los modelos analíticos son insuficientes.

La simulación de yacimientos es capaz de tomar en cuenta todas las variaciones que puedan ocurrir en el yacimiento, con lo que puede dar resultados más satisfactorios que los analíticos por estar más cercanos a la realidad.

El uso de los simuladores de yacimientos permite:

- Pronosticar el comportamiento futuro de los yacimientos sometidos a diferentes esquemas de producción, basándose en una historia previa y en su comportamiento actual.
- Obtener resultados aproximados para diferentes esquemas de desarrollo y producción, lo cual es de gran ayuda en la selección de las condiciones óptimas de explotación.
- Monitorear los procesos de inyección de fluidos.
- Apoyar la caracterización del yacimiento, con el consecuente aumento del factor de recobro, la disminución de costos de producción y el aumento del valor presente.

Aplicaciones y ventajas

- Toman en cuenta las variaciones espaciales y temporales en presión, rocas, fluidos, geometría, pozos, etc.
- Es insumo para el análisis económico de proyectos
- Ofrece credibilidad y objetividad
- Da apoyo en la toma de decisiones
- Ayuda en el monitoreo del comportamiento del yacimiento
- Permite la generación de diferentes escenarios de producción
- Da las bases para la optimización de políticas de explotación

- Permite realizar los estudios requeridos por las autoridades gubernamentales.

Tipos de estudios que se pueden realizar:

- Los simuladores de yacimientos pueden utilizarse para diferentes tipos de estudio:
  - Simulación de yacimientos completos
  - Simulación de sectores de un yacimiento
  - Simulación de casos de laboratorio
  - Simulación del comportamiento de un solo pozo
  - Simulación del comportamiento de un proceso

Para cada uno de estos estudios, se utiliza un tipo diferente de modelo geométrico o malla.

**1.3.2. Procedimientos probabilísticos:** El método de estimación y calificación de reservas se denomina probabilístico, cuando la información conocida de geología e ingeniería se utiliza para generar un rango de estimados y sus probabilidades asociadas. Expandiendo esta definición, una estimación y calificación de reservas se considera probabilística si involucra:

- El uso de valores provenientes de un rango o de una FDP de cada parámetro de entrada, para calcular otro rango o FDP de estimados de hidrocarburos en sitio o reservas
- La calificación de hidrocarburos probados, probables o posibles dentro del rango calculado, basados en las FDA de los volúmenes calculados.

Para los estimados por analogía, o para cálculos analíticos, el rango de las FDP de cada parámetro de entrada puede basarse en una combinación de analogía, análisis

estadístico o simplemente en un juicio profesional. Para los estimados por el análisis de las curvas de comportamiento y declinación, los parámetros de entrada serán la historia de presión y producción.

Dependiendo del propósito del estimado, la estimación y calificación de reservas usando procedimientos probabilísticos puede aplicarse en los siguientes casos:

- Áreas perforadas y no perforadas por separado
- Segmentos de falla perforados y no perforados
- Áreas probadas definidas por las regulaciones pertinentes
- Capa de gas y/o columna de petróleo por separado
- Acumulación completa
- Áreas asignadas a distintas operadoras
- Pozos por separado o como parte de un conjunto, en un programa de perforación.

En los casos en que no hayan sido perforadas las áreas adyacentes a un nuevo descubrimiento, puede haber una incertidumbre considerable sobre el contenido de fluidos y la comercialidad de las áreas o bloques de falla no perforados. En estas situaciones podría ser apropiado usar por separado los procedimientos probabilísticos para las áreas perforadas y para las no perforadas.

#### **1.4. SIMULACIÓN NUMÉRICA DE YACIMIENTOS<sup>14</sup>**

La simulación de yacimientos es un proceso que permite reproducir el comportamiento de un yacimiento real a través de un modelo numérico el cual es usado para cuantificar e interpretar los fenómenos físicos con la habilidad de

---

<sup>14</sup> ALFONSO, Mariafernanda. CAICEDO, Diana. Simulación numérica del yacimiento U2ML (SOC-5) del campo Socororo este. Tesis Ingenieros de Petróleos. Caracas: Universidad Central de Venezuela. 2007. P 6-15.

extrapolar éstos para estimar un comportamiento futuro y aproximado del yacimiento bajo uno o varios esquemas de explotación. Este modelo deberá ser capaz de reproducir el comportamiento de producción, de presión del yacimiento, validar el petróleo original en sitio (POES) y el gas original en sitio (GOES), para garantizar la validez de los resultados.

**1.4.1. Objetivo de la simulación numérica de yacimientos<sup>15</sup>:** La ingeniería de yacimientos siempre ha tenido como objetivo principal la estimación del posible comportamiento de los yacimientos explotados. A través del tiempo el propósito sigue siendo el mismo, pero existen diferentes técnicas para llevar a cabo este pronóstico, las cuales son: curvas de declinación, métodos de predicción analíticos, modelos físicos y estadísticos. La combinación de estos métodos ha sido utilizada hasta llegar a la simulación numérica de yacimientos.

**1.4.2. Estado de arte de la simulación<sup>16</sup>:** La fuerza impulsora del desarrollo de los sistemas de simulación numérica fue, la capacidad que tuvo de poder predecir el comportamiento futuro de un yacimiento bajo diferentes esquemas de operación con el objeto de tomar mejores decisiones sobre el manejo del yacimiento. Sin embargo, su potencial se reconoció en 1940, donde los cálculos que evaluaban el comportamiento del yacimiento se basaban en los métodos analíticos, los cuales consideraban el yacimiento como un todo homogéneo. Fue solo hacia 1960 que se hizo posible la solución de dos y tres fases con la introducción del modelo de aceite negro (black oil). A partir de ese año, se hizo común la simulación mediante el uso de computadores relativamente sofisticados que representaban dichos métodos analíticos bajo esquemas en donde ya no se trataba el yacimiento como un todo, sino como unidades independientes e interrelacionadas. Durante los 70's, el afán

---

<sup>15</sup> Ibid. P. 6.

<sup>16</sup> SANTAFÉ, Elkin. SIERRA, Luis. Estudio Comparativo de las Técnicas de Enmallado Empleadas en Simulación de Yacimientos. Tesis Ingenieros de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. 2004. P. 22.

por obtener una mayor recuperación de crudo, orientó las investigaciones hacia el estudio de problemas que van más allá del agotamiento natural y del mantenimiento de presión a procesos tales como inyección de químicos, inyección de vapor y combustión in situ. Esto se logró gracias al significativo avance de los métodos de simulación numérica y el mejoramiento de los equipos de computación. En los 80's el rango de aplicación de la simulación siguió expandiéndose y con el objeto de dar una mejor descripción al yacimiento, se inicia el uso de la geoestadística con la cual fue posible el modelamiento de yacimientos tanto natural como hidráulicamente fracturados al igual que pozos horizontales. El reciente interés se ha centrado en el desarrollo integrado de modelamiento estocástico junto con otras técnicas de descripción del yacimiento, que incluyen el uso de sísmica tridimensional y geoestadística de fractales, que permiten obtener una descripción más detallada del yacimiento y un modelamiento a menor costo, aún con un mayor refinamiento de las celdas. Además, el desarrollo a nivel computacional del "pase de mensajes", modelo de comunicación ampliamente usado en computación paralela y estandarizado en 1994 como MPI o Message Passing Interface, permite reducir en un buen porcentaje los tiempos de cómputo y por tanto, facilita la simulación de modelos más complejos.

**1.4.3. Utilidad de la simulación<sup>17</sup>:** Con la ayuda de la simulación numérica de yacimientos se puede:

- Conocer el volumen original de aceite.
- Tener una buena idea del movimiento de los fluidos dentro del yacimiento.
- Determinar el comportamiento de un yacimiento (aceite y/o gas), bajo diversos mecanismos de desplazamiento.
- Inyectar fluidos para mejorar la explotación del yacimiento.
- Determinar la conveniencia de inyectar agua en un yacimiento de aceite por los

---

<sup>17</sup> Ibid. P. 24.

flancos, en lugar de utilizar un patrón determinado de pozos inyectores o viceversa.

- Optimizar los sistemas de recolección de fluidos en superficie.
- Determinar los efectos de la localización de pozos y su espaciamiento en la productividad y en la eficiencia de barrido.
- Estimar los costos de producción del campo.
- Calcular la cantidad de gas que se obtiene en un número determinado de pozos localizados en puntos específicos.
- Definir valores de parámetros de yacimiento para llevar a cabo estudios económicos.
- Obtener la sensibilidad de los resultados a variaciones en las propiedades petrofísicas del yacimiento o las propiedades PVT de los fluidos cuando no son bien conocidas.
- Realizar estudios individuales de pozo.
- Planear los escenarios de producción en un futuro.

**1.4.4. Modelos para la simulación numérica<sup>18</sup>:** La simulación de yacimientos está relacionada con la construcción y operación de un modelo estático y dinámico capaz de reproducir el comportamiento real del yacimiento.

**1.4.4.1. Modelo Estático:** El modelo estático está compuesto por la integración de los modelos geológico, estructural, estratigráfico, sedimentológico, petrofísico, conformando así las características del yacimiento, utilizando herramientas/técnicas especializadas y pericias claves para integrar datos provenientes de diferentes disciplinas, realizando interpretaciones, modelado, predicción y visualización de volúmenes en tres dimensiones.

---

<sup>18</sup> ALFONSO, Mariafernanda. CAICEDO, Diana. Simulación numérica del yacimiento U2ML (SOC-5) del campo Socororo este. Tesis Ingenieros de Petróleos. Caracas: Universidad Central de Venezuela. 2007. P 6.

- **Modelo Estructural**, consiste en la identificación y la caracterización de las estructuras mayores, fallas, pliegues, discordancias presente en el área en estudio; éstas se identifican a partir de la interpretación de la sísmica, apoyado en la petrofísica y caracterización del comportamiento histórico de producción y presiones.
- **Modelo Estratigráfico**, define la secuencia de las formaciones separadas por marcadores confiables presentes en el área, a los que hidráulicamente se les pueda considerar para propósitos de producción.
- **Modelo Petrofísico del yacimiento**, consiste en determinar la distribución de las saturaciones de los fluidos, posiciones de los contactos (contacto gas-petróleo / contacto gua-petróleo) y la distribución de arena neta petrolífera (ANP), porosidad y permeabilidad.
- **Modelo Sedimentológico**, implica la determinación del ambiente de sedimentación, las unidades de flujo, las facies sedimentarias presentes y la orientación de los cuerpos sedimentarios (barras y canales entre otros).
- **Modelo Geológico**, consiste en la definición de la orientación y geometría de los elementos estructurales, la distribución areal y vertical de los cuerpos sedimentarios presentes y su incidencia en la caracterización del yacimiento.

**1.4.4.2. Modelo Dinámico:** El modelo dinámico del yacimiento permitirá simular el flujo de fluidos y la caída de presión a lo largo del yacimiento. Una vez completada la fase de construcción del modelo estático, se procede a la elaboración del modelo dinámico, el cual está constituido por: la integración de datos sísmicos, registros de pozos, y los resultados de las pruebas transientes de presión y producción. La evaluación de diferentes escenarios de explotación se realiza mediante un simulador de yacimientos para definir un plan óptimo de operación del yacimiento. Los simuladores de yacimientos juegan un papel importante en la formulación de los planes iniciales de desarrollo, ajuste histórico y optimización de la producción

futura por medio de la planificación, y diseño de proyectos de recuperación de petróleo.

En la creación del modelo dinámico se siguen los siguientes pasos:

1. Revisión del objetivo y alcance del proyecto.
2. Selección del simulador.
3. Incorporación de información y datos validados.
4. Construcción del modelo.
5. Inicialización y cotejo histórico.
6. Predicción.
7. Actualización del modelo.

En la primera etapa se define el problema que se quiere resolver, la complejidad geológica y de fluidos, el grado de heterogeneidad y los recursos disponibles. Se deben considerar las características especiales del proyecto y los parámetros críticos, como por ejemplo, yacimientos fracturados, fluidos inestables, y tiempo de respuesta del simulador.

Por medio del análisis de yacimientos es posible integrar los datos de la roca, de producción y de presiones permitiendo un pronóstico del comportamiento del yacimiento. Basados en esta información se procede a seleccionar el modelo a ser utilizado (analítico, numérico). Los simuladores numéricos de yacimientos son los más complejos, entre los cuales están el de petróleo negro, composicional, térmico y químico.

Una vez construido el modelo del yacimiento, se procede a evaluar los diferentes escenarios. El primer caso a predecir es el esquema actual o caso base. Con la finalidad de mejorar el esquema de explotación, se debe realizar un estudio de sensibilidades al caso base, variando condiciones de producción, perforando pozos

adicionales, y evaluando la factibilidad de implementar otros procesos de recuperación con la finalidad de aumentar el recobro.

El modelo siempre se puede mejorar, al actualizarlo con nueva información, lo que representa la última etapa del proceso de simulación. Se debe mantener un seguimiento de la respuesta del modelo y verificar si el yacimiento se está comportando según las predicciones derivadas del mismo. En caso de que los resultados no concuerden con los datos reales, es necesario determinar las razones de la desviación y corregir el modelo.

**1.4.5. Simulador<sup>19</sup>:** Un simulador de yacimientos está conformado, de tal forma que realice dos cálculos principales:

- Cálculos de Inicialización: se refiere a las condiciones iniciales del yacimiento.
- Cálculos a medida que avanza el tiempo: este permite saber cómo es el comportamiento del yacimiento en distintos momentos de su historia, pasado y futuro.

El simulador está dividido en 3 etapas principales:

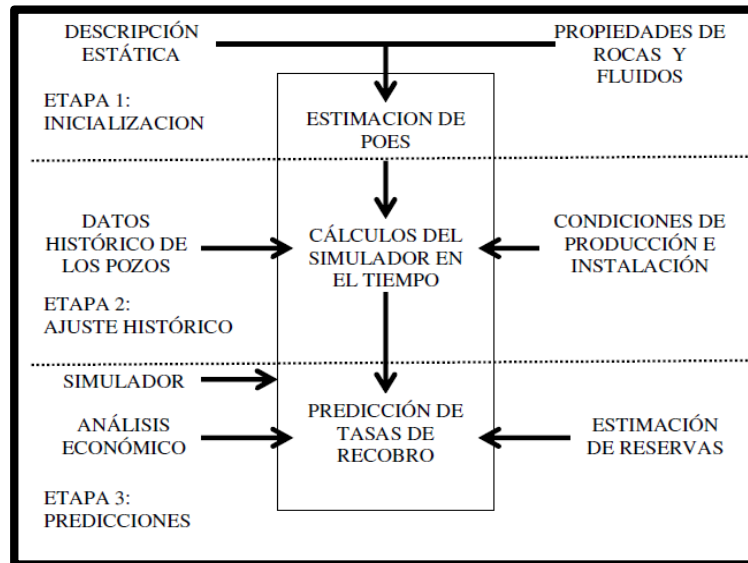
- a. Inicialización: su principal objetivo es el cálculo del POES.
- b. Cotejo Histórico: su principal resultado es una descripción acertada y confiable del yacimiento.
- c. Predicciones: permite obtener los mejores escenarios de explotación.

En la figura 5 se muestran las diferentes etapas de un simulador y cómo están estructuradas.

---

<sup>19</sup> Ibid. P. 9.

**Figura 3. Etapas de un simulador.**



Fuente: ALFONSO, Mariafernanda. CAICEDO, Diana. Etapas de un simulador. 2007. Adaptada por los Autores

Hay que destacar que no todos los simuladores siguen este esquema, ya que algunos no necesitan de la etapa del cotejo histórico, todo depende del tipo de simulador que se está trabajando.

**1.4.5.1. Tipos de simuladores<sup>20</sup>:** Existen diferentes tipos de simuladores especializados en áreas específicas, los más comunes son:

- **Petróleo Negro:** En este tipo de simulación se definen dos tipos de componentes de hidrocarburos: Petróleo y Gas; es decir, la fase gaseosa estará compuesta por un solo componente, en este caso el gas y en la fase líquida de hidrocarburo se tendrá como componente al petróleo y al gas disuelto en él. En este simulador, las propiedades de estos componentes solo varían con la presión, debido a que se asume que el proceso es isotérmico.

<sup>20</sup> Ibid. P. 11.

- **Simulador Composicional:** se utilizan cuando los hidrocarburos cambian sus propiedades con la variación de la temperatura y la presión; aplica para petróleos muy livianos, volátiles y condensados.
- **Térmico:** los métodos de recuperación térmica son utilizados para petróleos muy pesados donde la temperatura puede variar. Estos tipos de simuladores permiten estudiar los procesos de inyección de vapor, inyección de fluido calientes o gas.

## **1.5. CONFIGURACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CRUDO PESADO**

El método de análisis nodal<sup>21</sup> fue propuesto por Gilbert en 1954, y por las investigaciones llevadas a cabo de diferentes autores, entre ellos Kermit E. Brown. El análisis nodal consiste en encontrar el caudal único que un sistema hidráulico puede manejar, si se conocen las presiones a la entrada y salida del mismo.

Este análisis empieza desde el yacimiento hasta el separador, donde se tienen en cuenta las pérdidas de presión en todo el recorrido, para ello es necesario conocer la capacidad de afluencia, el flujo a través de la sarta de producción, el flujo de las líneas de superficie hasta el sistema de separación.

**1.5.1. Concepto de análisis nodal:** El concepto más fiable del análisis nodal de un sistema de producción, que se ha realizado en forma sistemática, determina el comportamiento actual y futuro de un pozo productor de hidrocarburos, y consiste en dividir este sistema de producción en nodos de solución para calcular caídas de

---

<sup>21</sup> GARZA, Smith. RAMIREZ, Yenith. Comparación de los modelos composicional y black oil para el análisis nodal de pozos productores de crudo extrapesado. Tesis Ingenieros de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, 2014. P. 20.

presión, así como gasto de los fluidos producidos, y de esta manera, poder determinar las curvas de comportamiento de afluencia y el potencial de producción de un yacimiento.

Los resultados obtenidos de este análisis son generalmente un incremento en la producción y en el mejoramiento de la eficiencia de flujo cuando se trata de un pozo productor, pero cuando se trata de un pozo nuevo, permite definir el diámetro óptimo de las tuberías de producción, del estrangulador, y línea de descarga por el cual debe fluir dicho pozo, así mismo como predecir su comportamiento de flujo y presión para diferentes condiciones de operación.

**1.5.2. Componentes del análisis nodal:** En el análisis nodal se evalúa un sistema de producción dividiéndole en tres componentes básicos:

- a. Flujo a través de un medio poroso en el yacimiento, considerando el daño ocasionado por lodos de perforación y cemento.
- b. Flujo a través de la tubería vertical en la sarta de producción, considerando cualquier posible restricción como empacamientos, válvulas de seguridad y estranguladores de fondo.
- c. Flujo a través de la tubería horizontal en la línea de descarga, considerando el manejo de estranguladores en superficie.

**1.5.3. Condiciones de operación y puntos de análisis:** Luego de seleccionar un nodo, las caídas de presión son adicionadas o sustraídas al punto de presión inicial o nodo de partida, por tal siempre será la presión estática del yacimiento, hasta que se alcanza la convergencia en las iteraciones de cálculo para obtener el valor del nodo de solución.

Se deben conocer, en todo sistema de producción siempre dos presiones, las cuales son consideradas constantes para fines de cálculo, siendo éstas la presión estática

del yacimiento ( $P_{ws}$ ) y la presión de separación en la superficie ( $P_{sep}$ ).

Conocidas las presiones los cálculos pueden iniciar con cualquiera de ellas, para después determinar la presión en los nodos de solución intermedios entre estas posiciones de partida.

Los resultados del análisis del sistema no solamente permitirán la definición de la capacidad de producción de un pozo para una determinada serie de condiciones, sino que también muestran los cambios en cualquiera de los parámetros que afectan su comportamiento, y su resultado final será la identificación de los parámetros que controlan el flujo en el sistema de producción.

Las curvas de comportamiento de afluencia obtenidas, son función de los siguientes puntos claves del sistema:

- a. Características del yacimiento.
- b. Características de la tubería de producción y línea de descarga.
- c. Presión en el nodo inicial y final del sistema.
- d. Porcentaje de agua producido
- e. Relación gas-líquido
- f. Longitud de las tuberías.
- g. Temperatura
- h. Características de los fluidos a maneja
- i. Topografía del terreno en el caso de la línea de descarga.
- j. Grado de desviación del pozo.

La selección del nodo o nodos iniciales depende grandemente del componente del sistema que se desea evaluar, pero su posición deberá ser tal que muestre, de la mejor manera posible, la respuesta del sistema a una serie de condiciones, para que como resultado final se tenga una evaluación total del problema, dando así una

solución confiable.

El comportamiento Inflow, 11 es el flujo desde el yacimiento hasta el nodo solución y el outflow, 12 es el flujo desde el separador hasta el mismo nodo. Todos los componentes corriente arriba del nodo, comprenden la sección inflow, mientras que la sección outflow consiste de todos los componentes corriente abajo del nodo.

**1.5.4. Proceso de aplicación de análisis nodal<sup>22</sup>:** La metodología básica para efectuar un análisis nodal incluye los siguientes pasos:

- a. En el sistema seleccionar la ubicación de un nodo o punto de análisis. Este nodo separa al sistema en dos zonas.
  - La zona aguas arriba del nodo se denomina INFLOW.
  - La zona aguas abajo del nodo se denomina OUTFLOW.
  
- b. En el nodo seleccionado se realiza un balance de presiones, teniendo en cuenta que:
  - Caudal que entra = Caudal que sale
  - La presión en el nodo es única

Esta metodología permite escribir las siguientes expresiones:

$$\bar{P}_R - \Delta P_{\text{aguas\_arriba}} = P_{\text{nodo}} \quad \text{Ec. 5}$$

$$P_{\text{sep}} + \Delta P_{\text{aguas\_abajo}} = P_{\text{nodo}} \quad \text{Ec. 6}$$

---

<sup>22</sup>ROMERO, Carlos. BAUTISTA, Fausto. Evaluación de la producción del campo llanito utilizando el método de análisis nodal. Tesis Ingenieros de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. 2012. P.25-28.

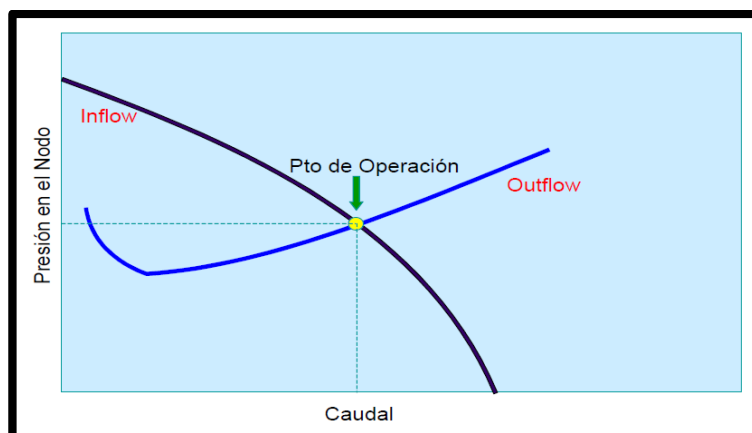
La primera ecuación aplica al sector del sistema de producción que se ha denominado inflow, comenzando en el yacimiento y terminando en el nodo. Por otra parte, la segunda ecuación describe el balance de presión en el outflow, es decir entre el separador y el nodo.

La aplicación de las ecuaciones anteriores requiere que se tenga una expresión matemática que describa la relación entre el flujo y el comportamiento de la presión dentro de cada componente del sistema.

Para diversos valores de caudal se calcula la presión en el nodo utilizando tanto la ecuación de inflow como la de outflow, y se gráfica. Existirá un caudal único para el cual las presiones de ambas curvas (en el nodo) coincidan.

Es importante mencionar que las curvas de inflow y outflow no necesariamente se cortan, lo cual no debe interpretarse como un error del análisis nodal, sino que no hay un caudal que satisfaga las condiciones de presión de ambos sectores del sistema, es decir, el pozo no fluirá de manera natural.

**Figura 4. Capacidad de flujo del sistema**



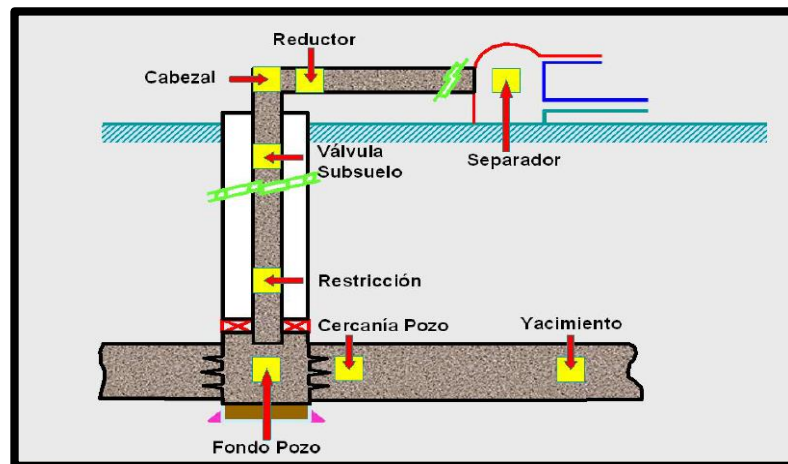
Fuente: ROMERO, Carlos. BAUTISTA, Fausto. Curva de la capacidad de flujo del sistema. UIS. 2012. P. 27.

Uno de los aspectos importantes a considerar en el análisis nodal es la ubicación del nodo. La literatura reporta que existen diversos lugares dentro del sistema donde se puede colocar el nodo:

- Yacimiento
- Cercanía del pozo
- Fondo del pozo
- Cabezal
- Reductor
- Separador
- Restricción
- Válvula de subsuelo

Sin embargo, teóricamente hablando, el nodo puede colocarse estrictamente en cualquier punto del sistema<sup>23</sup>.

**Figura 5. Ubicación de nodos**



Fuente: ROMERO, Carlos. BAUTISTA, Fausto. Sistema de producción y ubicación de nodos. UIS. 2012. P.28.

<sup>23</sup> Ibid. P. 28.

## 2. PRESENTACIÓN GENERAL DEL SOFTWARE IMPLEMENTADO

Diferentes compañías en la actualidad proveen programas robustos que facilitan la simulación especializada de la producción de hidrocarburos. En otras palabras hay simuladores encargados de analizar del yacimiento a la cabeza del pozo, mientras que hay otro sinnúmero de programas que simulan el recorrido del fluido en superficie desde la cabeza del pozo, pasando por los diferentes equipos y válvulas a través de la línea de flujo. Landmark es una empresa adquirida por Halliburton en el año 1996, con el fin de ir a la par a las necesidades tecnológicas de la industria petrolera, empresas como esta van a la vanguardia, buscan cada vez más satisfacer las insuficiencias, mitigar futuros inconvenientes, sin dejar de lado el lado amigable que debe proporcionar un software de estos con el usuario.

Muchos simuladores en el mercado se caracterizan por sus particularidades, entre ellas encontramos su habilidad de proporcionar resultados arrojados por la simulación de manera dinámica en el tiempo, lo que quiere decir que, la simulación transcurre de manera cíclica sucesiva, para lo cual los resultados de un ciclo son usados como datos de entrada para el siguiente. Basados en este concepto los simuladores implementados en el proyecto son de carácter dinámico, de esta manera la comparación se efectúa de sin discordancias en este aspecto. Simuladores de este tipo hay de gran variedad en el mercado, pero de los más relevantes y útiles en la investigación son: ECLIPSE™, PIPESIM y Nexus®. Estos programas constan de características únicas, que los hacen herramientas útiles y aprovechables para ciertos escenarios de modelamiento. Buscando parámetros en los cuales un simulador, como en el caso de Nexus®, sea puesto en un paralelo respecto a otros. Fue indispensable la implementación de dos simuladores por separado, ya que el análisis a realizar abarca una línea de flujo desde el yacimiento (subsuelo) hasta superficie (separador), por lo que es considerado Nexus® como un simulador integrado, debido a su capacidad de simular estos dos escenarios de manera simultánea. Por otra parte se tiene a ECLIPSE™ y PIPESIM, quienes se

complementaran el uno del otro para comprender los dos escenarios mencionados. ECLIPSE™ se encargará de todo lo relacionado con el yacimiento, desde este hasta la cabeza del pozo, mientras que PIPESIM comprenderá la sección de superficie de la cabeza del pozo hasta el separador, denominándose como simuladores complementarios.

## **2.1. ASPECTOS GENERALES DE ECLIPSE™**

Eclipse™ es un programa desarrollado originalmente por Exploration Consultants Limited (ECL), pero actualmente es comercializado, desarrollado y propiedad de Schlumberger Information Solutions – GeoQuest, una división de una de las compañías de servicios petroleros más grandes del mundo, Schlumberger. Este simulador numérico ha tenido diferentes versiones a través del tiempo dependiendo de las mejoras que la industria petrolera crea necesarias.

Eclipse™ en su versión para el estudio realizado contempla tres simuladores dentro de él mismo, Eclipse™ 100, Eclipse™ 300 y Frontsim.

Gran número de compañías y agencias del gobierno en gran parte del mundo, han confiado en las capacidades del software con una larga lista de licencias vendidas. Probado y aprobado por la SPE por ser uno de los más robustos y confiables, capaz de soportar en casi cualquier plataforma. Cuenta con unas extensas características de modelamiento para casi cualquier escenario de desarrollo, además de características especializadas. Asimismo cuenta con un equipo de soporte alrededor del mundo para ayudar al usuario.

La forma en que el simulador trabaja se ilustra en la figura 6.

**Figura 6. Parámetros que hacen de Eclipse™ una herramienta ideal para la simulación.**

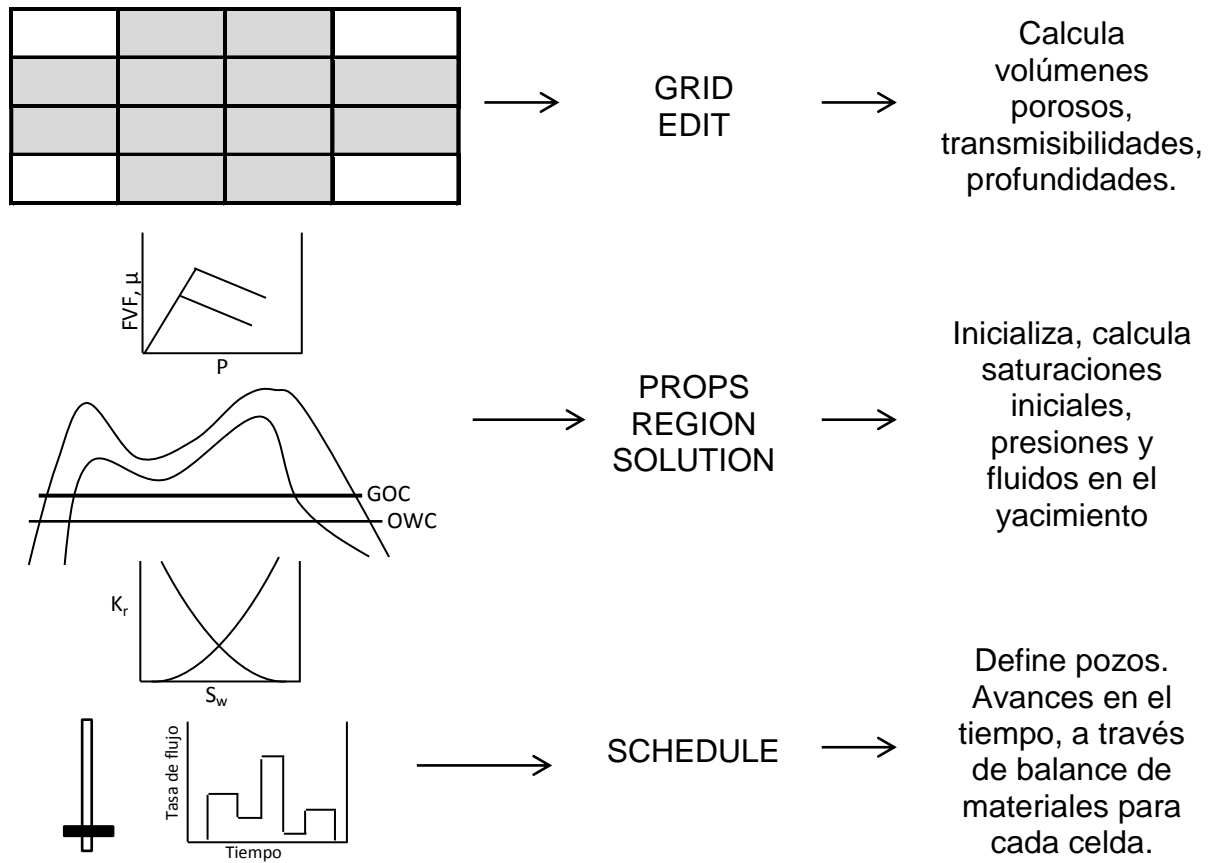


Fuente: SCHLUMBERGER. GeoQuest Eclipse Blackoil reservoir simulation. Eclipse 100 User Course. Version 02. Schlumberger. 1999. P. 24.

Eclipse™ es una serie de subprogramas, en donde:

- El ingeniero crea un solo archivo como data de entrada. Este archivo de datos contiene una descripción completa del modelo. El modelo consiste en descripción del yacimiento, descripción de las propiedades de los fluidos y la roca, condiciones iniciales, pozos y sus tasas de las fases de flujo, además de sus facilidades de superficie. El archivo de entrada es un archivo de texto que contiene una colección comandos y comentarios. Cada comando tiene su sintaxis específica, además muchos comandos sintaxis similar o idéntico. El archivo de datos está dividido dentro de secciones por códigos específicos pequeños. Cada sección tiene un propósito. En general, los comandos de Eclipse™ son usados solamente en ciertas secciones del archivo de datos.

**Figura 7. Funcionamiento de la simulación en Eclipse™ y principales actividades**

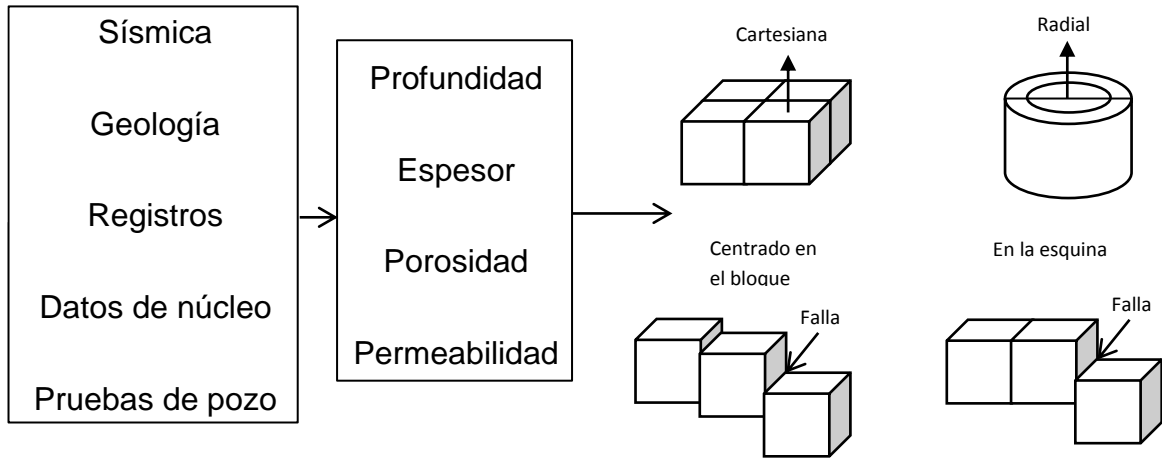


Fuente: SCHLUMBERGER. GeoQuest Eclipse Blackoil reservoir simulation. Eclipse 100 User Course. Version 02. Schlumberger. 1999. P. 28.

- Eclipse™ lee el archivo de datos de entrada sección por sección y procesa cada sección en turno una vez la sección haya sido leída. Varios datos y marcas de consistencia son hechas antes de proceder a la siguiente sección. La última sección es excepcional porque esta especifica la dependencia del tiempo.
- La primera tarea desarrollada por Eclipse™ es para asignar memoria para los datos de entrada. Además Eclipse™ es dinámicamente dimensionado y las reservas necesitan tanta memoria como la simulación en su totalidad. diferentes clases de información en la simulación requiere variada cantidad de memoria.

- La geometría de la grilla de simulación y propiedades son procesadas dentro de una forma más conveniente para el cálculo de flujos. Para cada celda, Eclipse™ calcula el volumen poroso, transmisibilidad en las tres direcciones, profundidad del centro de la celda y crea conexiones a otras celdas desde o hacia la cual los fluidos fluirían. Estas cantidades pueden ser modificadas.
- Las propiedades de los fluidos y la roca son especificadas a continuación. El término propiedades de los fluidos se refiere a un grupo de tablas de entrada que efectivamente definen la fase de comportamiento para cada fase fluuyente. El término propiedades de la roca se refiere al grupo de tablas de entrada de permeabilidades relativas y presiones de capilaridad versus la saturación. Este define las saturaciones connatas, críticas y máximas de cada fase, definiendo la zona de transición y condiciones de flujo de las fases.
- Después se definen las condiciones iniciales, frecuentemente especificando las profundidades de OWC, GOC y la presión a cierta profundidad. Eclipse™ usa esta información e información ingresada anteriormente para calcular los gradientes de presión hidrostáticos iniciales en cada zona del yacimiento y asignar la saturación inicial de cada fase en cada celda de la grilla.
- La sección final del archivo de datos es donde la simulación comienza. Los pozos son perforados y completados, los objetivos de producción e inyección son seleccionados, los pozos son abiertos y los fluidos fluyen en el yacimiento, dirigidos hasta los pozos.
- La información de salida de Eclipse™ están definidas por el usuario. Una vez la corrida haya finalizado, los archivos de salida son examinados usando editores de texto y post-procesadores.

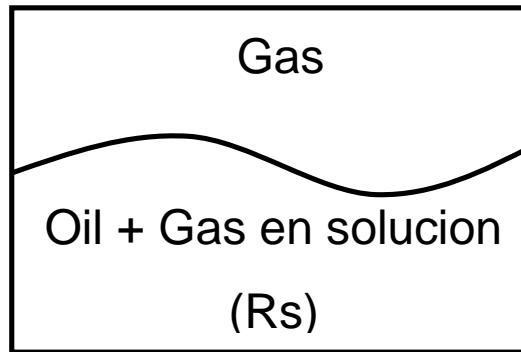
**Figura 8. Simulación de los requerimientos de los datos de la grilla**



Fuente: SCHLUMBERGER. GeoQuest Eclipse Blackoil reservoir simulation. Eclipse 100 User Course. Version 02. Schlumberger. 1999. P. 32.

**2.1.1. Eclipse™ 100:** Es el encargado de la simulación de modelos de tipo Black Oil representado con dos fases aceite y gas.

**Figura 9. Modelo Black Oil. Eclipse™ 100**



En el caso del modelo Black Oil, en la fase aceite, también esta contiene algo de componente gas disuelto, y de la misma manera en la fase gaseosa en el caso de un gas rico o condensado, esta contiene algo de componentes vaporizados del

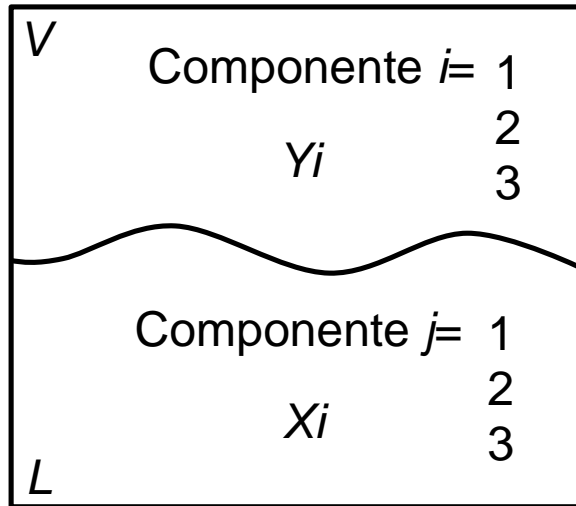
aceite. Esto quiere decir que un cierto volumen de gas ha sido disuelto en el aceite (definido por los valores de  $R_s$ ). El gas disuelto es el mismo que se encuentra como gas libre por encima del contacto. Si un gas es inyectado en el yacimiento, este también sería como el gas disuelto y el gas en la capa de gas. Cualquier gas producido será el mismo. Entrás palabras el gas tendría las mismas propiedades físicas.

Eclipse™ 100 es una herramienta netamente de formulación implícita por defecto, para proveer estabilidad a los largos periodos de tiempo. La atención es tomada para asegurar que las ecuaciones no-lineales implícitas sean resueltas precisamente reduciendo todos los excedentes para muy buena tolerancia. Los errores de balance de material son muy pequeños. El método de Newton es usado para resolver ecuaciones no-lineales. La matriz jacobiana es expandida en su totalidad en todas las variables para asegurar rápida convergencia. De la misma manera la formulación IMPES puede ser usada en la misma corrida, simplemente haciendo uso de comandos en la sección permitida.

Dentro del paquete de Eclipse™ 100 existe un número de pre y post procesadores como utilidades de ayuda. De la misma manera hay un largo número de extensiones para modelos en situaciones de yacimiento especiales.

**2.1.2. Eclipse™ 300:** Cubre la parte de la simulación composicional, esto quiere decir que las fases aceite y gas están representadas por mezclas multicomponentes.

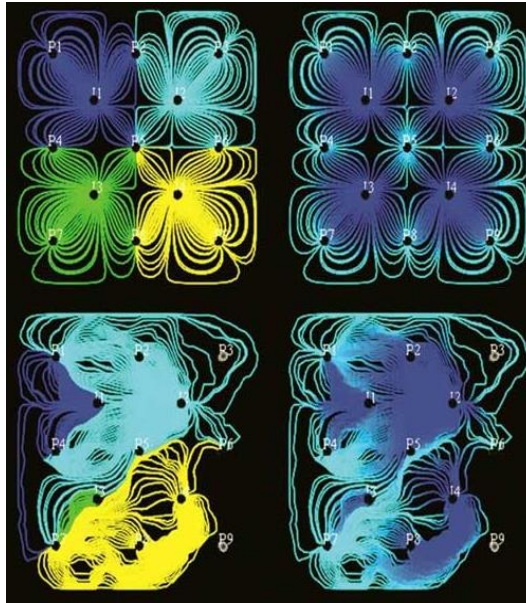
**Figura 10. Modelo composicional. Eclipse™ 300.**



El modelo composicional es muy diferente al modelo Black Oil. La fase aceite y la fase gas están compuestas de diferentes cantidades de los mismos componentes. Un ejemplo claro se encuentra suponiendo un aceite volátil, en el cual la cantidad de metano en cierta instancia estará representado en las dos fases, pero en la fase gaseosa podría ser 80% metano, mientras que en la fase líquida podría ser 20%. Suponiendo que un gas inyectado fuera de 95% metano, siendo este completamente diferente a los dos. La composición del gas producido varía comúnmente con el tiempo. Esto quiere decir que las propiedades físicas de estos gases serán diferentes.

**2.1.3. FrontSim:** Este simulador de corrientes de flujo se encarga de desarrollar trabajos aplicados a fluidos de tipo composicionales y black oil trifásicos, en los cuales sus heterogeneidades, incompresibilidades lo hacen una herramienta idónea. Este simulador calcula la presión a través del yacimiento, para luego formar una serie líneas o corrientes de flujo que representan el flujo del fluido para cierto patrón. Luego este movimiento de fluidos es calculado a lo largo de estas líneas de flujo.

**Figura 11. Visualización de las corrientes de flujo en FrontSim**



Fuente: SCHLUMBERGER /Software. Three-dimensional, three-phase black oil and compositional streamline simulator. 2015<sup>24</sup>.

Este tipo de herramienta es muy útil cuando se requiere una simulación exhaustiva e intensa de las corrientes de flujo, como para la generación de screening geológico del modelo, estudios inciertos en el movimiento de fluidos, como es el caso de optimización de una inyección, como lo es en la generación de corrientes de flujo para facilitar la visualización y entendimiento de la relación productor e inyector.

Algunas de sus características son:

- Simulación de reservorios fracturados, con doble porosidad o permeabilidad.
- Opciones de manejo para flujo en patrones, las cuales automáticamente se ajustan a las tasas de inyección y producción, para dar criterios de barrido y

---

<sup>24</sup> SCHLUMBERGER /Software. Three-dimensional, three-phase black oil and compositional streamline simulator. [online]. Schlumberger. [Houston, E.U.] Schlumberger, 2015. [Cited: 9 Feb. 2015] Available from Internet: [http://www.software.slb.com/store/\\_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1](http://www.software.slb.com/store/_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1)

limitaciones prematuras.

- Modelos de desplazamiento para fluidos compresibles e incompresibles, miscibles e inmiscibles.
- Refinamiento del espaciado local entre pozos.
- Compatibilidad con datos de entrada y salida de ECLIPSE™. Entre otras.

## **2.2. Aspectos generales de PIPESIM**

PIPESIM es un simulador de flujo multifásico en estado estable<sup>(\*)</sup>, usado para diseñar el sistema de producción para el gas y el aceite. Por su rigurosa y basta contenido de algoritmos de simulación, PIPESIM ayuda a optimizar operaciones y procesos de inyección.

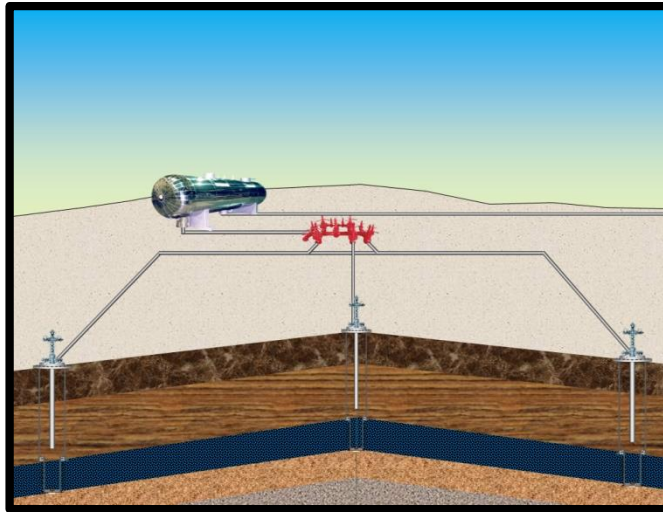
Respecto a lo mostrado en la figura 12. PIPESIM modela flujo multifásico desde el yacimiento a través de las facilidades de superficie para desarrollar un análisis comprensivo del sistema de producción.

Este simulador es frecuentemente usado por ingenieros de yacimientos, producción y facilidades o cualquier tipo de ingeniería que requiera modelar el comportamiento de pozos, análisis nodal para flujo, diseño de sistemas de levantamiento artificial, modelamiento de redes de tuberías, facilidades y análisis de planes de desarrollo de un campo y optimización de la producción.

---

<sup>(\*)</sup> Simulación de flujo en estado estable implica que la tasa de masa de flujo es conservada a través del sistema. Esto significa que no hay acumulación de masa, ni de ningún componente dentro de este

**Figura 12. Producción total de un sistema.**



PIPESIM consta de módulos, los cuales están disponibles y licenciados separadamente de acuerdo a las necesidades del usuario. Tales como:

- **Sistema básico:** software para el modelamiento de pozos y análisis del sistema de producción. Análisis NODAL, diseño de levantamiento artificial, modelamiento de tubería y facilidades, además de planes de desarrollo de campos.
- **Análisis de redes:** Es una herramienta opcional de PIPESIM para el modelamiento complejo de redes que pueden incluir loops, líneas paralelas y crossovers.
- **Modelo composicional:** Herramienta opcional de PIPESIM.
- **Paquete multiflash:** Herramienta opcional que no requiere de modelo composicional.
- **Hidratos multiflash:** herramienta opcional del paquete multiflash.
- **Ceras termodinámicas:** opcional del paquete multiflash.
- **Asfáltenos:** opcional del paquete multiflash.

Y otros paquetes que hacen de este simulador una herramienta completa a la hora

de predecir comportamientos en las redes de superficie más especializadas y complejas.

Por más de 30 años, el simulador PIPESIM ha venido innovando y mejorando, no solo por la incorporación de la más reciente ciencia y tecnología en las tres áreas más importantes del modelamiento de flujo: flujo multifásico, transferencia de calor y comportamiento de fluidos; sino que ha venido trabajando en la más alta tecnología computacional de aceite y gas en la industria. Por su interface interactiva, amigable y no desconocida por los usuarios, PIPESIM permite la construcción y análisis rápido de un modelo, PIPESIM a su vez permite que otros programas como en el caso de Eclipse™, pueda reproducir y leer los archivos base del set de datos, facilitando el anclaje de dos simuladores para una simulación más compleja. Para lo cual se ha denominado simulador complementario.

### **2.3. ASPECTOS GENERALES DE NEXUS®**

El software Nexus® es un producto de última generación en la simulación de yacimientos de la marca Landmark®. Este es el primer simulador de yacimientos subsuelo-superficie con acople completo y de formulación implícita. El software Nexus® resuelve problemas de largos tiempos de espera, acceso a la información, inestabilidad y pérdidas de apareamiento, entre otros.

Beneficios muy importantes de esta herramienta son permitir modelamiento estático y dinámico de la red de flujo, apareamiento y solución implícita total a único o múltiples yacimientos, además de un rápido y robusto pronóstico de producción y reservas.

El programa Nexus® proporciona las siguientes funcionalidades:

- Completo modelamiento integrada de la red de subsuelo y superficie.
- Habilidad para modelar yacimientos complejos soportando múltiples modelos de

fluidos.

- Corridas de grupos de datos individuales, combinados como yacimientos individuales apareados a una sola red de superficie.
- Se requiere una mínima afinación d datos para lograr un óptimo comportamiento.
- Integración de otros productos para la mejora de la simulación y/o análisis del sistema.
- Habilidad para convertir proyectos de un producto a otro.
- Mejoramiento significativo a la velocidad respecto a simuladores comerciales con más tiempo en el mercado.

Entre otras que lo hacen una herramienta ideal a la hora de llevar a cabo una simulación que abarque los dos ambientes, subsuelo y superficie simultáneamente.

Nexus® es un simulador de yacimientos propiedad de la empresa estadounidense Halliburton, la cual provee servicios petroleros a más de setenta países alrededor del mundo. Este simulador que corre bajo ambiente DecisionSpace, que permite que el modelaje integrado subsuelo-superficie sea mucho más directo para los usuarios. Resulta necesario aclarar que el ambiente DecisionSpace es un software que permite usar varias aplicaciones a la vez con distintas bases de datos para que posteriormente se pueda unir todo con el fin de obtener una mejor simulación, ya que en la búsqueda de petróleo y gas, la última cosa que se desea es un entorno que no permite alcanzar fácilmente las metas propuestas, por lo cual lo que realmente se busca es la capacidad de utilizar las aplicaciones, datos y flujos de trabajo que se elija y de acceder a estos datos cuando se necesite para poder identificar rápidamente las mejores perspectivas que ayudan a la empresa a alcanzar sus objetivos de negocio. Por tal motivo el entorno DecisionSpace ayuda a hacer precisamente esto.

Entre la descripción y beneficios del simulador Nexus® se encuentra que él mismo proporciona soluciones cinco veces más rápido en promedio que otros simuladores

de yacimientos importantes, esta velocidad se debe a que el desempeño es alcanzado utilizando la configuración mínima que trae el simulador por defecto, todo esto debido a la nueva formulación de balance volumétrico del simulador la cual se traduce en una convergencia más rápida en sus cálculos a partir de pocas iteraciones, produciéndose además una mayor precisión para los pronósticos de producción, ya que resuelve las ecuaciones de la superficie y del subsuelo en un modelo acoplado de red, en contraste con el enfoque tradicional en donde se resuelve los modelos de subsuelo y superficie por separado y requiere de muchas iteraciones y de largos periodos de tiempo para generar resultados aceptables.

Este simulador permite a los usuarios utilizar yacimientos provenientes de diversos modelos geológicos para combinarlos dentro de un solo sistema de redes, por lo que es un sistema multi-yacimientos. Además ayuda a los ingenieros a tomar decisiones con mayor rapidez ya que ofrece un flujo de trabajo integrado desde la carga del modelo estático hasta la simulación, una velocidad sin precedentes y con una alta precisión lo que les permite a los ingenieros de simulación una mejor información con la cual puedan tomar mejores decisiones.

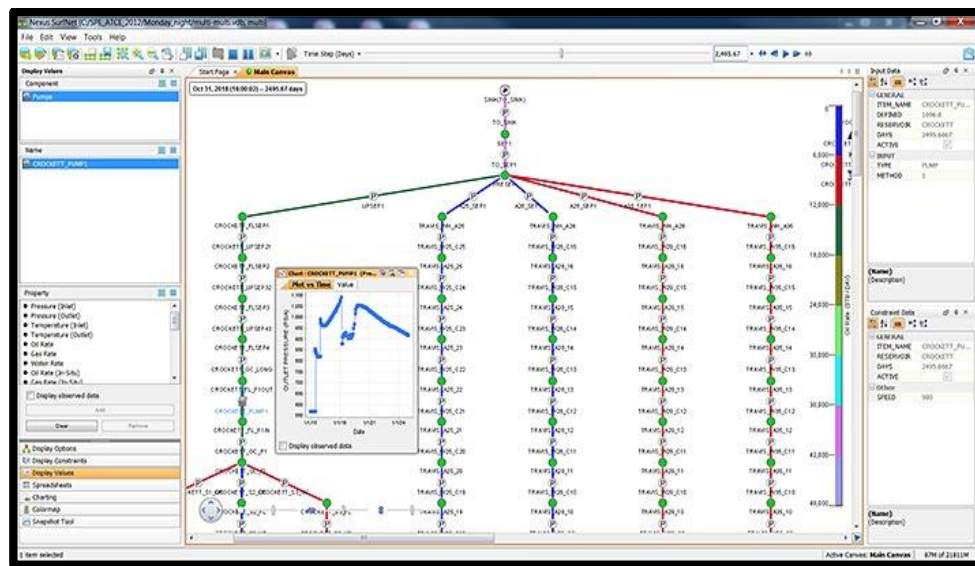
Otro beneficio del simulador Nexus® es que se puede utilizar como herramienta para el manejo integrado de activos desde el yacimiento hasta el punto de venta. Debido a la alta flexibilidad en su programación, los usuarios pueden realizar modificaciones en toda la cadena de producción y constatar cómo estos cambios afectan los costos y ganancias.

### **2.3.1. Principales atributos de Nexus®**

- **Formulación composicional por naturaleza:** Este simulador se ha diseñado con un enfoque generalizado de composición, por lo que ejecuta el mismo código para modelos de petróleo negro y composicionales, únicamente los cálculos de PVT son diferentes. También permite modificar las descripciones de los fluidos.

- **Modelaje Subsuelo-Superficie Implícito y de Acople Cerrado:** Resuelve las ecuaciones de subsuelo y superficie simultáneamente dentro de un único modelo acoplado de red, como parte de un solo sistema, lo cual genera resultados precisos sobre todo para pronósticos de producción. El Surface Network Planner de Nexus® le permite al usuario diseñar, visualizar y editar tanto pozos como las facilidades de superficie desde las ventanas de visualización en 2D y 3D. Nexus® realiza los cálculos de la red de superficie desde el nivel newtoniano junto con las ecuaciones de solución totalmente acoplada.

**Figura 13. Visualización de la red de superficie utilizando el software SurfNet™**

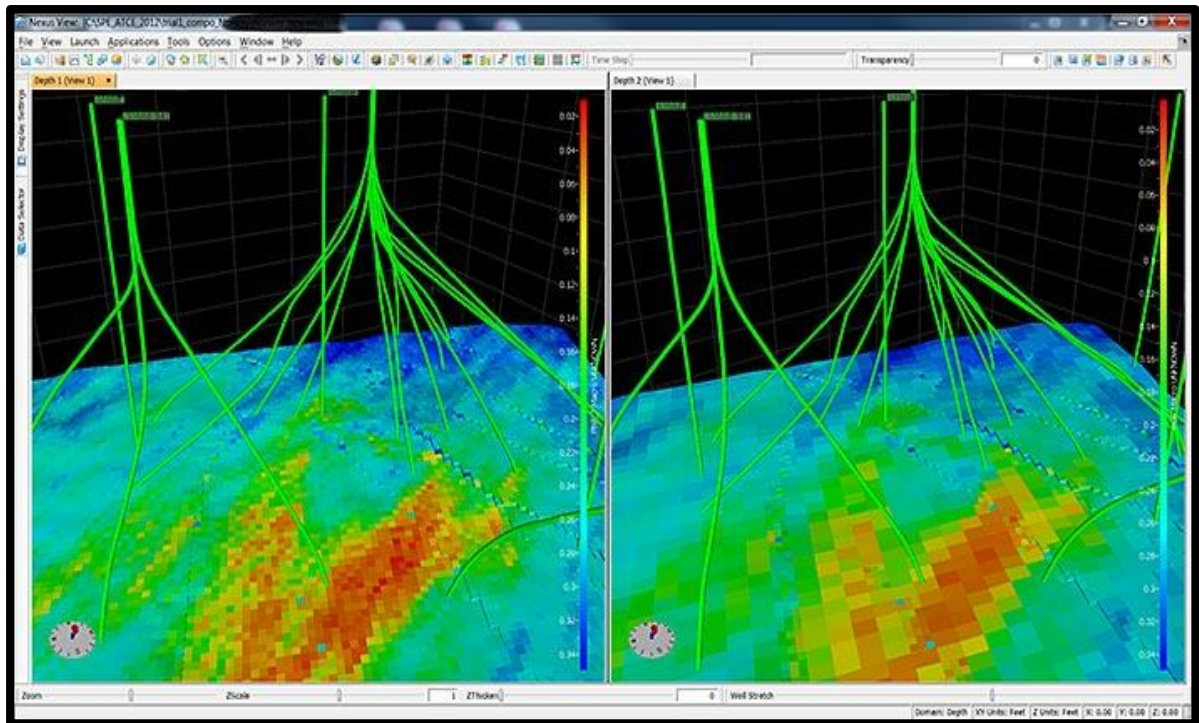


Fuente: HALLIBURTON / Landmark. Nexus® Reservoir Simulation. 2015<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> HALLIBURTON / Landmark. Nexus® Reservoir Simulation. [online]. Halliburton. [Houston, E.U.] Landmark, 2015. [Cited: 9 Feb. 2015] Available from Internet: [http://www.software.slb.com/store/\\_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1](http://www.software.slb.com/store/_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1)

- **Modelaje de facilidades de Superficie:** Se puede simular con un mayor grado de precisión las limitaciones y capacidades, desde las configuraciones de pozos en subsuelo hasta las líneas de superficie, a través del modelaje de las facilidades asociadas al yacimiento o campo integradas hasta el punto de venta.
- **Formulación de Balance de Volumen:** Este simulador trabaja con ecuaciones de balance de volumen que como se señaló anteriormente permite disminuir el tiempo de espera de los resultados, ya que el desempeño es alcanzado utilizando la configuración mínima que trae el simulador por defecto. Adicionalmente, preserva en cada paso del tiempo el componente de masa, lográndose de esta manera la convergencia más rápida en sus cálculos a partir de pocas iteraciones.
- **Escalamiento Inteligente:** Un módulo opcional en los programas de Nexus® es llamado PowerGrid™, aplica diversas técnicas de mallado y escalamiento que conservan las principales características geológicas del yacimiento, mientras permite realizar una simulación más rápida. Los refinamientos locales de celdas pueden ser definidos alrededor de pozos, fallas, y canales para lograr un pronóstico de flujo más exacto.
- **Acoplado de Multi-yacimientos:** Nexus® permite que las propiedades del modelo de campo sean acoplados directamente ya que tiene la habilidad de simular múltiples yacimientos a la vez mientras se preserva la integridad de cada modelo individualmente. Nexus® ofrece reducciones considerables en tiempos de corrida para simulaciones full-field con uno o más yacimientos conectados a una sola red de superficie si se compara con lo que tradicionalmente ofrecen otros simuladores de yacimientos.

**Figura 14. Visualización de la red de subsuelo utilizando el software PowerGrid™**



Fuente: HALLIBURTON / Landmark. Nexus® Reservoir Simulation. . 2015<sup>26</sup>.

- **Ambiente de Acceso Directo:** Se puede ver lo que se simula ya que brinda un flujo de trabajo integrado y elimina la necesidad de exportar, importar y reformatear distintos tipos de datos.
- **Algoritmos de Solución No Estructurados:** Se puede presentar sistemas con muchas conexiones no vecinas en muchos modelos debido a la existencias de fallas, refinamientos locales de celdas, combinación de celdas y coalescencia de arenas, por lo cual Nexus® utiliza algoritmos de solución no estructurados para producir una disminución importante en los ciclos del CPU en estos sistema; mientras más complejo es el yacimiento, mayor es la mejora en la corrida de

<sup>26</sup> HALLIBURTON / Landmark. Nexus® Reservoir Simulation. [online]. Halliburton. [Houston, E.U.] Landmark, 2015. [Cited: 9 Feb. 2015] Available from Internet: [http://www.software.slb.com/store/\\_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1](http://www.software.slb.com/store/_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1)

simulación.

- **Simulación en Paralelo:** La programación del simulador aprovecha al máximo las técnicas de sistemas de cómputo de alto rendimiento (arreglos clúster) que disponen de las opciones en serie y paralelo de las corridas. La aceleración en las corridas ya conocida en estaciones de trabajo de un solo procesador aumenta al realizar corridas en sistemas o servidores de múltiples procesadores. Simplemente, un clúster es un grupo de múltiples ordenadores unidos mediante una red de alta velocidad, de tal forma que el conjunto es visto como un único ordenador, más potente que los comunes de escritorio.

Los clústeres son usualmente empleados para mejorar el rendimiento y/o la disponibilidad por encima de la que es provista por un solo computador típicamente siendo más económico que computadores individuales de rapidez y disponibilidad comparables. De un clúster se espera que presente combinaciones de los siguientes servicios:

- a. Alto rendimiento
- b. Alta disponibilidad
- c. Balanceo de carga
- d. Escalabilidad

### 3. SELECCIÓN DEL MODELO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SIMULACIÓN

La selección de un modelo que contraste con las especificaciones y objetivos del proyecto es fundamental para desarrollar las corridas de simulación en óptimas condiciones. Considerando que ciertos parámetros son de vital importancia para hacer una evaluación comparativa con la realidad. Dichos parámetros se caracterizan por la implementación de un sector<sup>(\*)</sup>, perteneciente a un campo de crudo pesado, en donde se escogió un pozo de un yacimiento promedio, en cual se homogenizaron propiedades del yacimiento por capa, dando como resultado un solo pozo que produce el promedio de los pozos pertenecientes a este sector, de esta manera discretizar todas las condiciones a un modelo single well de manejo más sencillo. Algunas consideraciones importantes del sector seleccionado son:

- Información petrofísica
- Condiciones iniciales de yacimiento
- Configuración del pozo
- Parámetros operativos

La ubicación de importantes cuencas de crudo pesado en país se encuentra en el macizo colombiano y en los llanos, de ahí la idea de implementar un sector que cubra alguna de esas regiones. La escogencia por Colombia se hace llamativa principalmente por el protagonismo que los crudos no convencionales están teniendo en el país y porque se estima que la producción de petróleo actual en Colombia corresponde un 45% a crudos pesados<sup>27</sup> y un creciente aumento en años futuros. Bajo esta premisa, el interés por analizar y conocer el patrimonio interno es trascendental en la investigación.

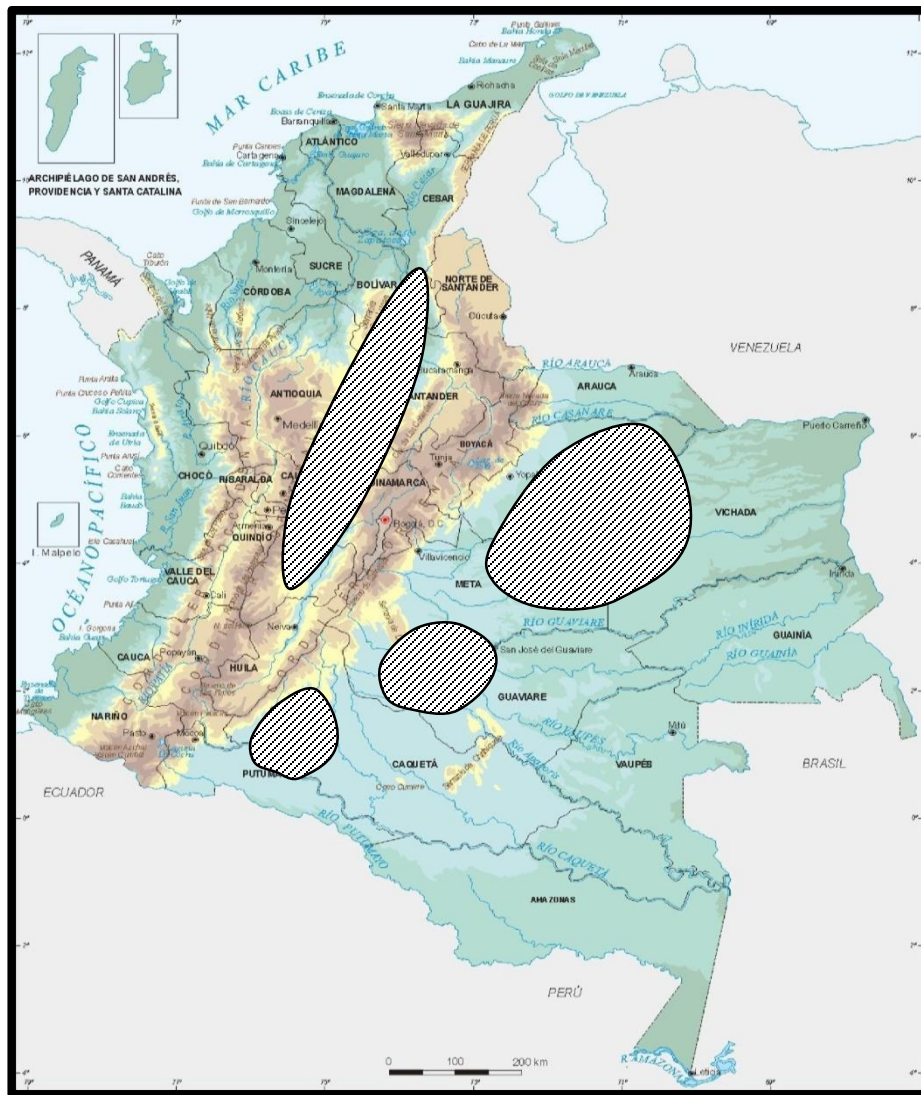
---

(\*) Porción de área de un terreno, que hace parte a un campo petrolero constituido por pozos distribuidos de manera preferencial, ya sea siguiendo o no un perfil de patrones.

<sup>27</sup> REVISTA COLOMBIA ENERGÍA. Crudos pesados un nuevo horizonte. En: PC PDF. Enero, 2013. Ed. 2. p. 22.

El sector estudiado pertenece a un campo de crudo pesado ubicado en Colombia, su configuración se presenta dentro de una grilla de tipo cartesiana, distribuida 17 en i, 15 en j y 31 en k, constituida por un total de 7905 celdas este contiene en su totalidad un pozo productor. Muchos de estos parámetros generales fueron aplicados con el fin de facilitar la simulación.

**Figura 15. Ubicación de las principales áreas de interés exploratorio para crudo pesado en Colombia**



Fuente: Modificado: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Mapa físico-político de Colombia, 2005.

### **3.1. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN**

Se plantea desde sus inicios el estudio comparativo del modelo, enfocado en la variación de parámetros operacionales de producción y observar cuáles son sus efectos, respecto a un simulador integrado subsuelo-superficie y dos simuladores complementarios, de los cuales uno maneja la parte de subsuelo y el otro todo lo relacionado con la sección de superficie que interesa. La metodología abarca desde aprender a manipular los simuladores implementados hasta razonar e interpretar los resultados arrojados por las corridas de simulación, para su posterior optimización.

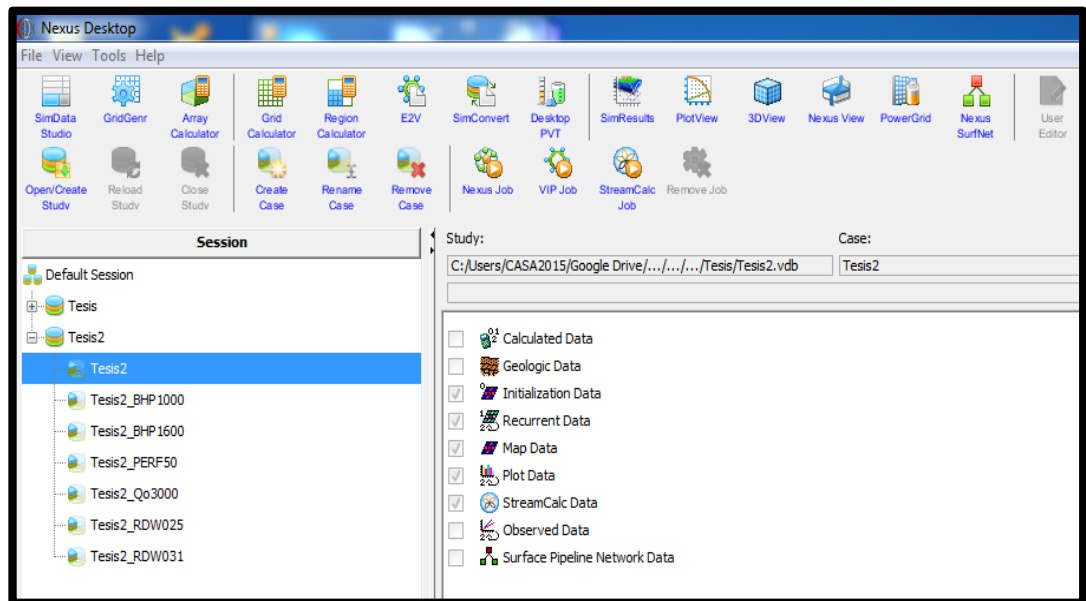
El proceso de la simulación se lleva a cabo en diferentes etapas, las cuales dependen, cada una del simulador implementado.

**3.1.1. Simulador integrado: Desarrollo para Nexus®:** Bajo las pautas y condiciones de este simulador, las etapas son muy básicas y sencillas de manejar, las cuales están divididas en: la creación del estudio y el caso, introducir la data inicial y recurrente en el software SimDataStudio™, calibrar la producción de acuerdo al historial de producción real, generar la data, realizar una pre-simulación (opcional), correr la simulación y por último observar y discutir los resultados.

**3.1.1.1. Creación del estudio y el caso:** En esta sección de la metodología aplicada es donde se va llevar a cabo la creación de los archivos y carpetas que me van a servir de arranque y almacenamiento de la información que a medida se van suministrando al simulador. En esta etapa del proceso se guarda automáticamente un archivo de extensión .vdb, el cual servirá de centro de acopio para toda la información futura del caso y todos los demás archivos como los de entrada y salida de la simulación. Cabe resaltar que cada caso creado dentro de este estudio llevará su propia carpeta dentro de ésta, con el tipo de data clasificada y almacenada en

su respectiva carpeta.

**Figura 16. Visualización del estudio y el caso en el launcher de Nexus®**

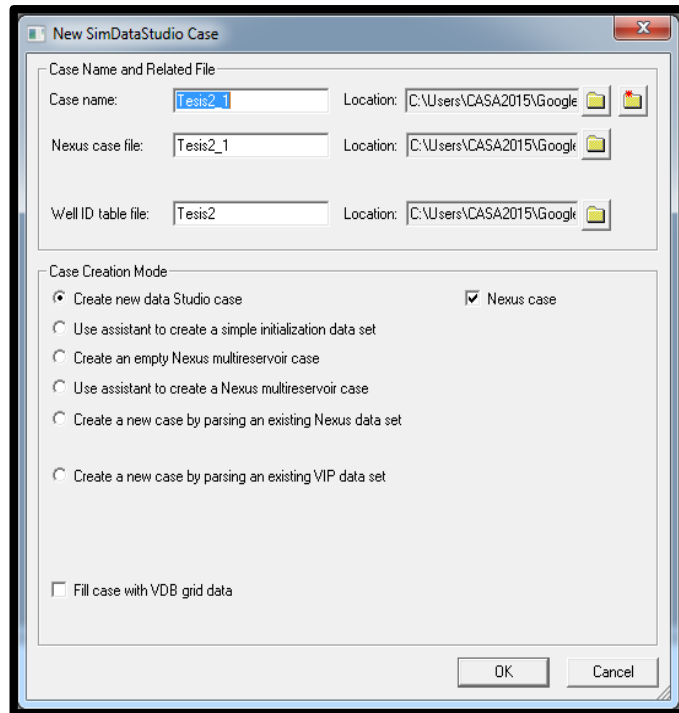


Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

**3.1.1.2. Utilización de SimDataStudio™ (SDS):** En esta etapa de la simulación se ingresan todos los datos relevantes y de refinamiento para la corrida. Se empieza seleccionando el modo con el cual se quiere crear el caso, entre estos se encuentran las siguientes opciones:

- Crear una nueva data de estudio al caso: se crea un caso con los archivos en blanco listo para ser ingresados de manera manual. Este tipo está dirigido a casos más complejos, donde se requiere ingresar más parámetros de simulación para su refinamiento.
- Usar un asistente para crear un set de datos para una simulación simple: en este modo, un asistente o wizard lleva al usuario a cada uno de los parámetros más importantes a ingresar, para desarrollar una simulación más básica.

**Figura 17. Visualización del cuadro de dialogo inicial del software SimDataStudio™**

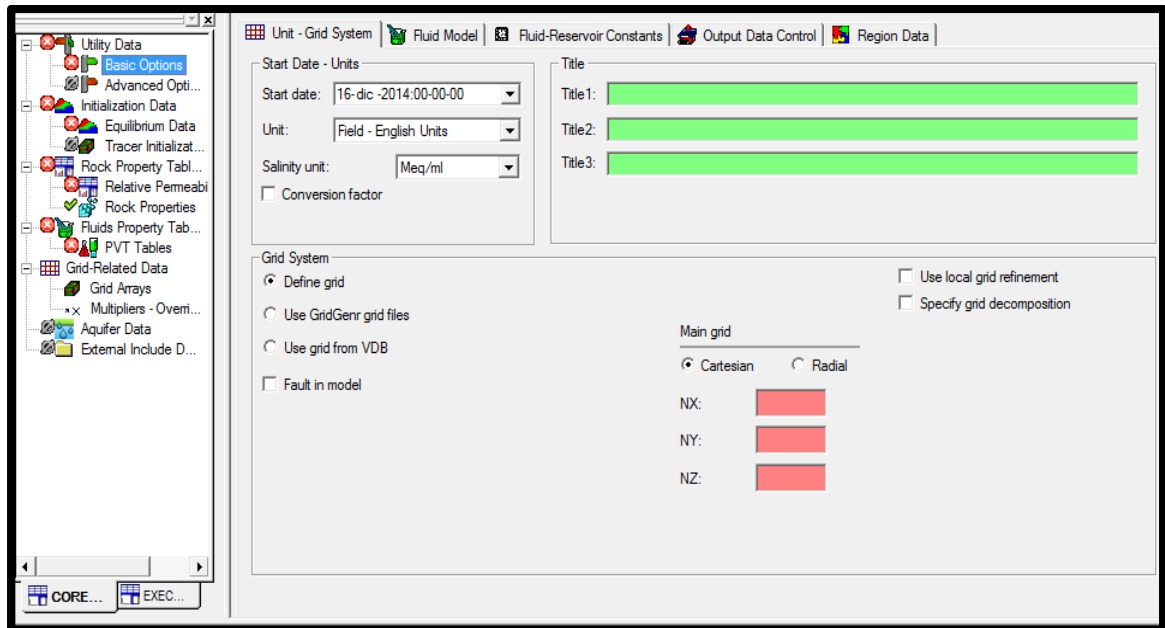


Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

- Crear un caso Nexus® de tipo múltiyacimientos: Esta es una de las ventajas de este simulador, la cual permite crear casos en los cuales se múltiples yacimientos productivos se simulan de manera simultánea en una sola red de superficie, pero esta opción o hace de manera manual sin ayuda de un asistente.
- Usar un asistente para crear un caso múltiyacimiento: Esta opción ayuda a crear un caso más simple de este tipo con ayuda de un asistente.
- Crear un nuevo caso analizando archivos existentes de Nexus®: En esta parte se crea un caso que analiza data ya existente de casos anteriores de Nexus® y la simula.
- Crear un nuevo caso analizando archivos existentes de VIP: Ahora bien este simulador permite leer data de archivos VIP y convertirlo en archivos Nexus®.

En esta etapa de la simulación se crea un archivo de extensión .vds en la carpeta de tipo VDB. Este archivo contiene toda la data compilada durante una sesión de trabajo particular, utilizando el software SDS. Éste almacena la data y opciones de programa que usted usa cuando se está trabajando con el software SDS.

**Figura 18. Ventana principal del software SDS para el ingreso de información.**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

Cuando ya se ha seleccionado el modo manual de ejecución de software, emerge una ventana en la cual se hace necesario ingresar la información de inicialización como se muestra en la tabla 1.

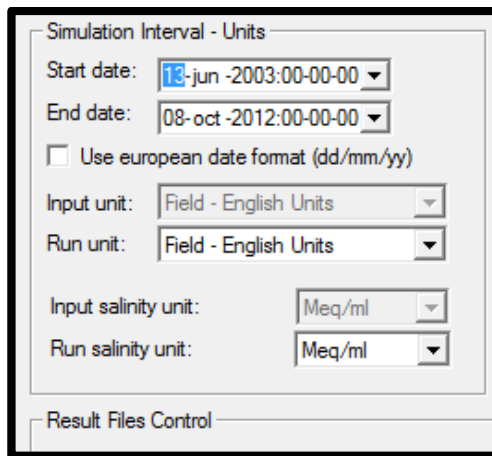
**Tabla 1. Parámetros incluidos en la data de inicialización**

Opciones básicas: Unidades/Sistema de grilla	Fecha de inicio	13-Enero-2003
	Definición de la grilla	Seleccionar
	Cartesiana	
	NX NY NZ	17 15 31
Opciones básicas: Control de la data de salida	MAP Arrays	SW, SG, POR, TX, TY, TZ
	PRINT Options	Iteraciones, Wells, field, perf
Constantes de los fluidos y yacimiento	Densidad del agua a condiciones de tanque	1.01 gm/cc
	Factor volumétrico de formación para el agua	1.003 rb/STB
	Viscosidad del agua	0.39 cp
	Compresibilidad del agua	3E-6 1/PSIA
	Compresibilidad de la roca / Temperatura	4E-6 / 180F
	Presión estándar / Temperatura	14.65 / 60F
Data de inicialización	Presión de yacimiento / Profundidad	3279 psia a 6339 Ft.
	Contacto agua-aceite / Presión capilar	6685.0 / 0.0
	Presión de saturación	568

Una vez ingresada la data de inicialización necesaria desde la pestaña de CORE, se dirige a la pestaña de EXEC, en la cual se asociaran los datos de salida o recurrentes de la simulación, tales como:

- Fecha de finalización de la corrida

**Figura 19. Visualización de la sección de la data recurrente para la simulación**



Simulation Interval - Units

Start date: 13-jun-2003:00-00-00

End date: 08-oct-2012:00-00-00

Use european date format (dd/mm/yy)

Input unit: Field - English Units

Run unit: Field - English Units

Input salinity unit: Meq/ml

Run salinity unit: Meq/ml

Result Files Control

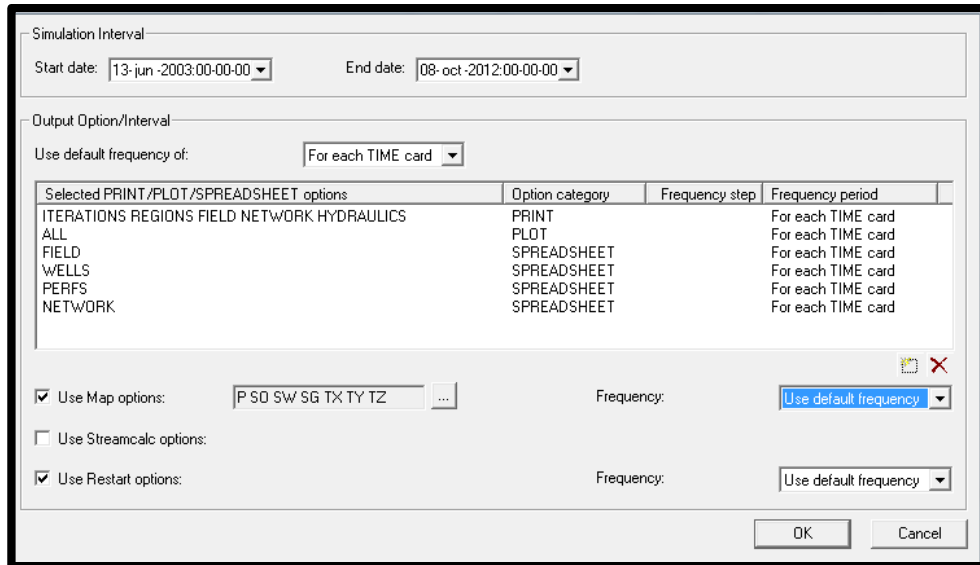
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

En esta sección se especifica la fecha de terminación de la simulación y se verifica la fecha de inicio y las unidades para el caso.

- Generar lista de datos de salida

En esta parte, se va a generar y definir la lista de datos de salida, tanto lo que se imprimirán como resultados, los que se mostraran en plots y los que se mostraran en la sección 3D.

**Figura 20. Ventana emergente para definir las opciones de salida de SDS.**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

Estos datos de salida del software SDS se encuentran divididos de acuerdo al modo de visualización ya sea a través de lista, recuadros, plots, mapas 3D. De los cuales se usaron los siguientes con una frecuencia mensual:

- Lista:
  - Iteraciones
  - Reportes del campo
  - Reportes de pozos
  - Reporte de perforaciones
  - Reportes de la red de superficie
  - Hidráulica
- Plot:
  - Pozos
  - Campo
  - Red de superficie

- Mapas 3D:
  - Presión
  - Saturación de aceite
  - Saturación de agua
  - Saturación de gas

Posteriormente, en la misma sección de datos recurrentes se debe ingresar la información de los pozos, dentro de estos se incluye los siguientes datos:

**Tabla 2. Posición de pozos**

Pozo 1	9i,8j	Productor
--------	-------	-----------

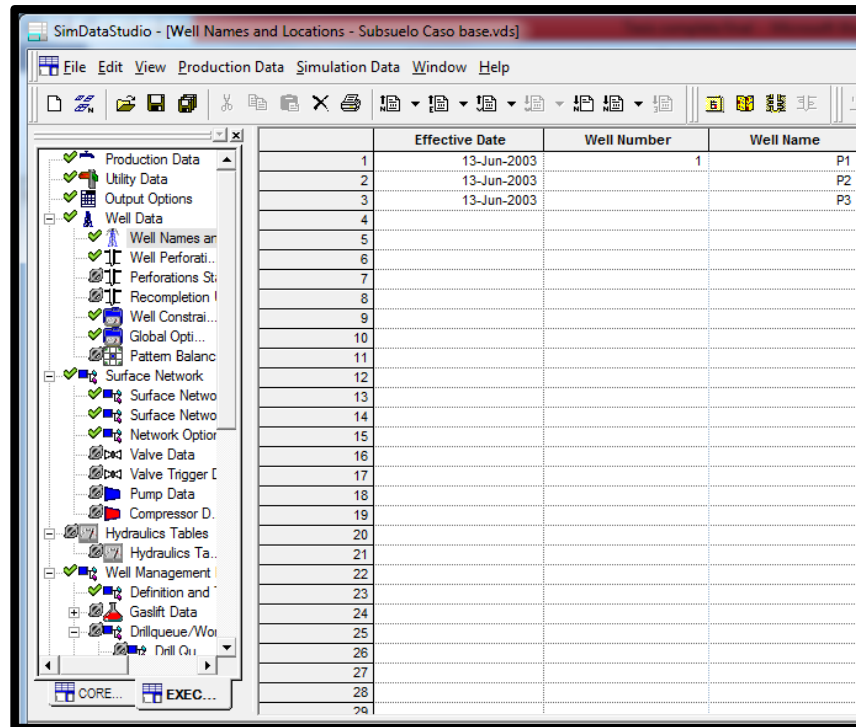
**Tabla 3. Condiciones de pozo**

Radio de tubing [ft]	0.28
Tipo de pozo	vertical
<b>Zona productora</b>	
capas	
1-31	

Estos datos son introducidos en la unidad Well Data. En esta unidad se encuentra toda la información relacionada con los pozos.

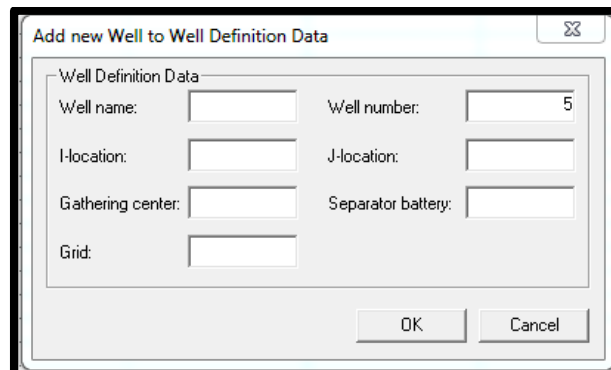
Esta unidad se encuentra dividida en subunidades en la cuáles se ingresa información fundamental para llevar a cabo la simulación requerida. En este caso se hizo necesaria la implementación de las subunidades Well names and locations, (nombre de los pozos y ubicación) Well Perforations (Perforaciones del pozo) y Well Constraints (restricciones del pozo).

**Figura 21. Visualización de la ventana principal de la unidad de Well Data en la sección de EXEC data o data recurrente**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston, E.U.

**Figura 22. Ventana emergente para la inclusión de un nuevo pozo**



Fuente: Extraído de la herramienta SimDataStudio™ del software Nexus® Desktop R5000 propiedad de Halliburton-Landmark.

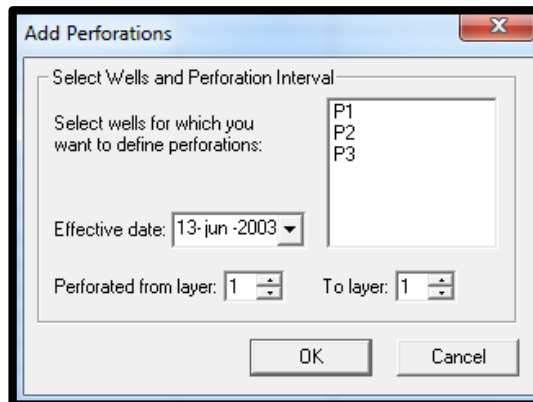
En estas dos subsecciones se digita el nombre del pozo, su ubicación de acuerdo

a las posiciones en equis (x) y ye (y), la fecha de perforación, los layers perforados en posición zeta (z), el radio del wellbore, el tipo de pozo (productor), las especificación del fluido que maneja el pozo y las restricciones de presión y tasa de producción. Los parámetros de operación de los pozos se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4. Condiciones de parámetros operativos de producción**

Fecha de Inicio de producción [D-M-A]	02-Feb-2010
Fecha de finalización de producción [D-M-A]	01-mar-2020
Tasa máxima de aceite [Bbl/dia]	3500
Presión mínima en fondo [Psi]	1300

**Figura 23. Ventana emergente para anexar una nueva perforación**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

Ya en este nivel, se puede observar que no hay ningún indicador rojo en ninguna de las dos secciones, tanto en la data de inicialización o CORE ni en la data recurrente o EXEC, esto indica de la información ingresada es suficiente para generar los datos, que es la etapa siguiente y posterior a eso realizar la corrida de la simulación. Pero antes de generar los datos, se debe calibrar con el historial de producción e incluir la información de la red de superficie, ya que es uno de los objetivos a abarcar.

**Figura 24. Visualización de la subunidad correspondiente a las perforaciones de los pozos**

	Effective Date	WELL	L	IW	JW	STAT	SKIN	RADW
1	13-Jun-2003	P1	1	9	8	ON	0.	0.28
2	13-Jun-2003	P1	2	9	8	ON	0.	0.28
3	13-Jun-2003	P1	3	9	8	ON	0.	0.28
4	13-Jun-2003	P1	4	9	8	ON	0.	0.28
5	13-Jun-2003	P1	5	9	8	ON	0.	0.28
6	13-Jun-2003	P1	6	9	8	ON	0.	0.28
7	13-Jun-2003	P1	7	9	8	ON	0.	0.28
8	13-Jun-2003	P1	8	9	8	ON	0.	0.28
9	13-Jun-2003	P1	9	9	8	ON	0.	0.28
10	13-Jun-2003	P1	10	9	8	ON	0.	0.28
11	13-Jun-2003	P1	11	9	8	ON	0.	0.28
12	13-Jun-2003	P1	12	9	8	ON	0.	0.28
13	13-Jun-2003	P1	13	9	8	ON	0.	0.28
14	13-Jun-2003	P1	14	9	8	ON	0.	0.28
15	13-Jun-2003	P1	15	9	8	ON	0.	0.28
16	13-Jun-2003	P1	16	9	8	ON	0.	0.28
17	13-Jun-2003	P1	17	9	8	ON	0.	0.28
18	13-Jun-2003	P1	18	9	8	ON	0.	0.28
19	13-Jun-2003	P1	19	9	8	ON	0.	0.28
20	13-Jun-2003	P1	20	9	8	ON	0.	0.28
21	13-Jun-2003	P1	21	9	8	ON	0.	0.28
22	13-Jun-2003	P1	22	9	8	ON	0.	0.28
23	13-Jun-2003	P1	23	9	8	ON	0.	0.28
24	13-Jun-2003	P1	24	9	8	ON	0.	0.28
25	13-Jun-2003	P1	25	9	8	ON	0.	0.28
26	13-Jun-2003	P1	26	9	8	ON	0.	0.28
27	13-Jun-2003	P1	27	9	8	ON	0.	0.28

Show perforations for: << < All wells > >> ...

Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 25. Visualización de la ventana principal de la subunidad de restricciones de los pozos**

Well Type Color Code	Well Type	Nexus Well Specification	Maximum Rate	Water Limit
Oil producer: <span style="color: green;">■</span>	13-Jun-2003	Oil Producer Standard conditions	111.0000000 stb/day of Oil	
Gas producer: <span style="color: red;">■</span>	08-Jul-2003		81.0000000 stb/day of Oil	
Producer - liquid phases specified: <span style="color: green;">■</span>	09-Aug-2003		82.0000000 stb/day of Oil	
Producer - all phases specified: <span style="color: green;">■</span>	03-Sep-2003		81.0000000 stb/day of Oil	
Water injector: <span style="color: blue;">■</span>	01-Oct-2003		99.0000000 stb/day of Oil	
Gas injector: <span style="color: orange;">■</span>	02-Nov-2003		130.0000000 stb/day of Oil	
<input type="checkbox"/> Disable well type color code	02-Dec-2003		136.0000000 stb/day of Oil	
View Mode Selection	06-Jan-2004		46.0000000 stb/day of Oil	
<input type="radio"/> By constraint	08-Feb-2004		75.0000000 stb/day of Oil	
<input checked="" type="radio"/> By well	22-Mar-2004		65.0000000 stb/day of Oil	
	21-Apr-2004		42.0000000 stb/day of Oil	
	09-May-2004		59.0000000 stb/day of Oil	
	07-Jun-2004		56.0000000 stb/day of Oil	
	15-Jul-2004		31.0000000 stb/day of Oil	
	18-Aug-2004		42.0000000 stb/day of Oil	
	07-Sep-2004		38.0000000 stb/day of Oil	
	09-Oct-2004		41.0000000 stb/day of Oil	
	03-Nov-2004		38.0000000 stb/day of Oil	
	03-Dec-2004		35.0000000 stb/day of Oil	
	12-Jan-2005		15.0000000 stb/day of Oil	
	15-Feb-2005		280.0000000 stb/day of Oil	
	16-Mar-2005		395.0000000 stb/day of Oil	
	14-Apr-2005		367.0000000 stb/day of Oil	
	14-May-2005		519.0000000 stb/day of Oil	

Well: P1

Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

Cuando se va a ingresar la data de superficie se debe considerar que se va a crear un modelo de manejo realista de un sector de un yacimiento de crudo pesado definiendo una red simple en superficie, en el cual se instalaran las líneas que conectan las cabezas de los pozos, estas a su vez a un punto de recolección enlazado al separador.

El software Nexus® modela el pozo y el sistema de facilidades de superficie como:

- Un set de nodos
- Conexión entre los nodos
- Conexiones de los nodos a las celdas de la grilla del yacimiento (perforaciones)
- Conexiones de los nodos a los sumideros (producción)
- Conexiones de las fuentes a los nodos (inyección)

El programa Nexus® genera automáticamente una representación cuadriculada del wellbore para cada pozo, de la data de perforación del pozo (WELLSPEC) y de la data de conexiones de pozo (WELLS). En el caso de pozos restringidos independientemente sin modelamiento de la red, toda la data de la red requerida es la presión y la tasa en la subunidad de well name, como se usa en simuladores convencionales.

Cada entrada en la tabla de WELLSPEC representa una perforación, una conexión de la celda de la grilla del yacimiento especificado hasta un nodo de red conectado a uno o más nodos perforados. Un solo nodo de red, llamado "perfnode" es creado para cada sección de flujo a la profundidad especificada en la tabla WELLSPEC para la primera perforación en la sección. Todas las perforaciones en la sección son adjuntadas a este mismo perfnode, y estos perfnodes son automáticamente conectados a otro secuencialmente en orden de su número de sección.

La data de conexión de los pozos (WELLS) define las propiedades para la conexión

del nodo de fondo del pozo al resto de la red. De manera predeterminada el resto de la red consiste de un SINK (sumidero) para pozos de producción y un SOURCE (fuente) para pozos de inyección. La longitud de la conexión de fondo de pozo es la distancia del nodo en el fondo del pozo a la conexión de perforación. Alternativamente, el usuario puede definir los nodos, agregando nodos en la red de superficie del modelo.

**Figura 26. Visualización de la ventana para la data de la definición del nodo**

Interconnect Network Nodes	Nodes Pressure Limit - PSIA	Nodes Temperature - F	Nodes Number
OUT1	40		
MANIFOLD			
WH_P1	100		
P1_CASING			
P1_LINER			
P1			1

Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

En la figura anterior se han dispuesto una serie de nodos, de manera predeterminada por el usuario, incluyendo: OUT1; corriente de salida; manifold de recolección de las líneas de cabeza del pozo, WH\_P; conexión de la cabeza del pozo hasta el fondo del pozo (P). El siguiente paso es definir la data de conexiones de la red, como se muestra en la figura 26.

**Figura 27. Visualización de la configuración y conexiones de la red**

Connections Properties and Constraints								
NAME	NODEIN	NODEOUT	NUMBER	TYPE	METHOD	LENGTH	DDEPTH	DIAM
OUT1	OUT1	SINK						
MANIFOLD	MANIFOLD	OUT1		PIPE	BEGGS		0	12
WH_P1	WH_P1	MANIFOLD		PIPE	BEGGS		0	12
P1_TUBING	P1_CASING	WH_P1		PIPE	BEGGS	5842	5842	4.95
P1_CASING	P1_LINER	P1_CASING		PIPE	BEGGS	130	130	8.755
P1	P1	P1_LINER	1	PIPE	BEGGS	400	400	6.184

Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

En la subunidad de conexiones de la red de superficie es necesario definir el método hidráulico que se va a utilizar para relacionar la presión del cabezal de la tubería hasta la presión de fondo del pozo y las tasas de flujo trifásico. Cada método puede ser definido independientemente, y más de un pozo le se puede atribuir el mismo método. La tasa puede ser definida como cualquier tasa de aceite, tasa de líquido o tasa de gas. El métodos hidráulico usado en la investigación y basado en las características del yacimiento y propiedades de los fluidos es una data hidráulica usando tasas de aceite con el GOR (Relación gas-aceite), además se usa la correlación de Beggs y Brill para el flujo de fluidos en tuberías, ya que esta formulación está dada para líneas con ángulos dentro de un rango de -45 a 45<sup>28</sup>, en caso contrario se tendría que usar la correlación de Hagedorn y Brown.

Por último se ingresan los datos de las longitudes de la tubería, tanto en superficie como en subsuelo, como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5. Arreglos y dimensiones entre los nodos WH y GC**

Pozo	Nodo	Longitud de la conexión hasta WH [Ft]	Profundidad hasta el tope de la perforación [Ft]
P1	Manifold	100	6000

**Tabla 6. Arreglos y dimensiones de los nodos Manifold y OUT**

Nodo entrada	Nodo salida	Longitud [Ft]
Manifold	OUT	100

<sup>28</sup> Halliburton / Landmark Software & Services. Nexus® Keyword Manual. Halliburton. Houston. E.U. 2013. p. 531.

**Tabla 7. Arreglos y dimensiones del estado mecánico del pozo**

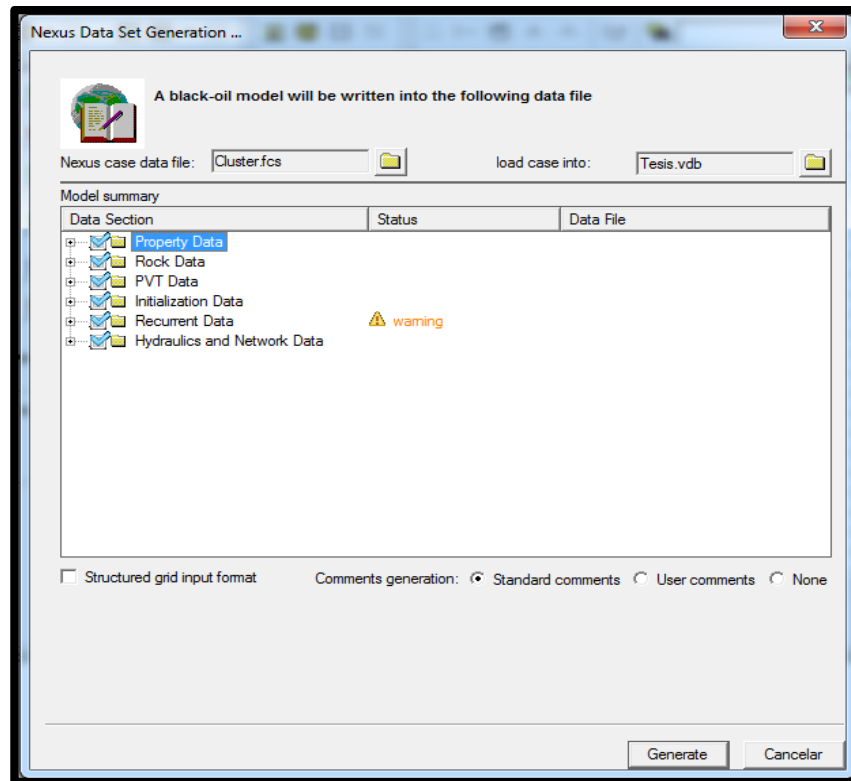
Nodo entrada	Nodo salida	Longitud [Ft]	Diam [in]
P1	P1_Liner	400	6.184
P1_Liner	P1_Casing	130	8.755
P1_Casing	WH_P1	5842	4.95

Se asume que la tubería desde el tope de la perforación de cada pozo hasta la cabeza es vertical y que cada cabeza de pozo está a una elevación de cero pies (0.0 Ft.). También cada conexión del nodo de la cabeza del pozo es tubería con una elevación constante de cero pies (0.0 Ft.).

Se selecciona un diámetro para las conexiones de la cabeza del pozo hasta el centro de recolección de cuatro pulgadas (12 in.) y un diámetro para a conexión del centro de recolección hasta la salida de ocho pulgadas (12 in.). Además se define una rugosidad para cada conducto de 0.0005.

**3.1.1.3. Generar la data de simulación con SDS:** Una vez ingresada toda la data descrita anteriormente y haber observado que no haya ningún indicador e rojo, Nexus® me permite generar lo datos antes de ser corridos por la simulación, de esta manera, el programa revisa que no exista ningún error que arroje resultado incorrectos o simplemente no me corra la simulación como esperaba, además me permite revisar y estar alerta de ciertos parámetros que el programa tomaría como predeterminados, ya que no se ingresaron correctamente. En este caso la temperatura de entrada a la red de superficie muestra una señal de alerta o llamado warning, el cual indica que la temperatura de entrada en la red fue definida por default (predeterminada por el software) de 100 F.

**Figura 28. Visualización del cuadro de dialogo anterior a generar los datos.**



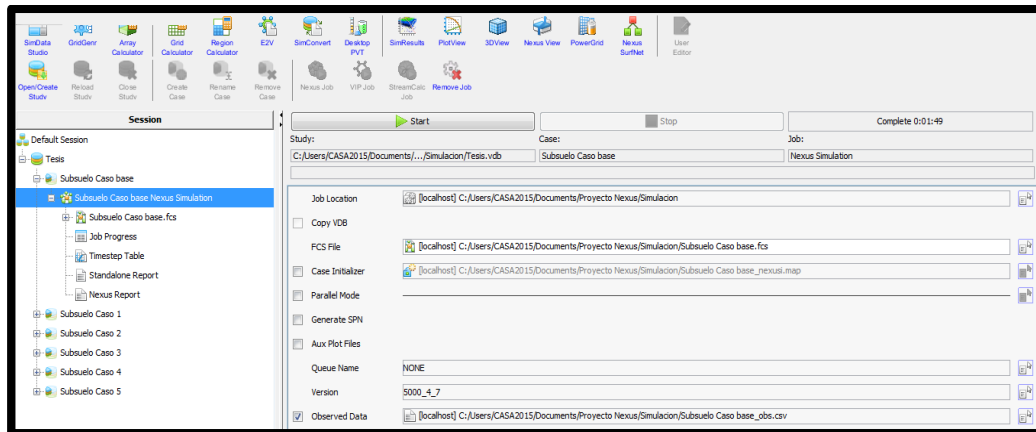
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

En este cuadro de dialogo, usted es independiente de escoger donde quiere generar los datos y cambiar la localización de la carpeta. Un progreso del monitoreo se despliega cuando la conversión esta en progreso. Esta conversión podría tomar alrededor de 20 segundos aproximadamente, además se crea un número de nuevos archivos, incluyendo el archivo de extensión .fcs y un nuevo folder. Cuando la conversión ha sido completada, una ventana emergente indica que los archivos de datos se han generado exitosamente.

Ya finalizada la conversión de los archivos se poden observar en la parte inferior de la ventana principal del software SDS una serie de pestañas nuevas, con las extensiones de los archivos que se han generado. En la pestaña de extensión .fcs es el archivo madre, el cual indica todas las propiedades en el modelo Nexus®.

**3.1.1.4. Correr la simulación:** Una vez se haya creado el archivo de datos de la simulación (.fcs), se presenta el trabajo de simulación para luego ser ejecutado por Nexus®.

**Figura 29. Visualización del launcher de Nexus® listo para correr el modelo**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimDataStudio™ Software. 2013. Houston. E.U.

Una vez se le da presentar el trabajo, se despliegan un listado de información de los resultados que se van a ejecutar, en esta etapa ya se está listo para arrancar la simulación, observar y analizar los resultados. La aplicación verifica la consistencia del modelo Nexus®. Si no hay problemas, este convierte el archivo de formato ASCII a binario y luego pasa de estado de control a ejecutable y empieza el proceso de cálculo. Este proceso de cálculo puede tardar unos pocos minutos.

**3.1.2. Simuladores complementarios: Desarrollo para Eclipse™ y PIPESIM:** En esta sección se estudia la metodología implementada para los dos ambientes de simulación, subsuelo comprendido como yacimiento, el cual es a cargo del simulados Eclipse™ y pozo el cual es a cargo de PIPESIM, con el que se desarrolla adicionalmente el segundo ambiente: superficie.

**3.1.2.1. Desarrollo para Eclipse™:** Iniciado el launcher de Eclipse™, el cual no es tan amigable a primera vista, se va a incluir la misma data que se ha venido trabajado con el simulador anterior. Al empezar es importante fijar una serie de etapas, las cuales van hacer de la simulación un poco más dinámica y fácil de entender. Al igual que Nexus®, Eclipse™ es una simulador numérico de yacimientos con su propia autonomía al momento de ingresar la data, como se había mencionado anteriormente cada simulador consta de etapas independientes, lo cual los hace únicos el uno del otro, pero con ciertas similitudes.

Eclipse™ office es una herramienta que ayuda a manejar las simulaciones del yacimiento. Este provee una conveniente interface al usuario para:

- Iniciación y manejo de cualquier aplicación de Eclipse™.
- Correr una simulación rápida de principio a fin.
- Permitir revisar los resultados durante las corridas de simulación.
- Editar y revisar resultados de la simulación y generar reportes.

Eclipse™ office a su vez ofrece una ventana de escritorio integrada para la iniciación de todas las aplicaciones de la línea de productos Eclipse™, el cual incluye pre y post aplicaciones de procesos.

Las características de Eclipse™ office modula altamente mejoras para el control del flujo en la simulación: CASE MANAGER, DATA MANAGER, RUN MANAGER, RESULT VIEWER, REPORT GENERATOR y TEMPLATES.

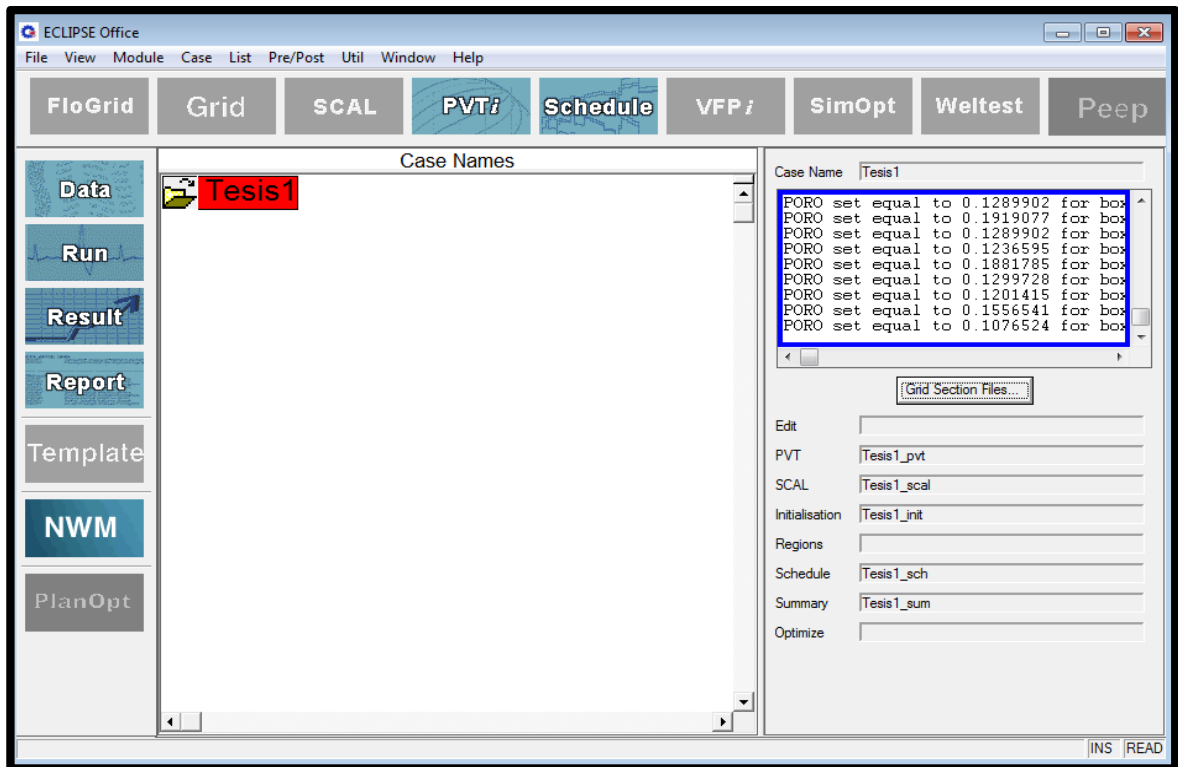
- **Case manager:** Ayuda a capturar la relación entre las corridas y gráficamente visualizarlas. Las corridas son mostradas como “hijos” a casos de los cuales ellos fueron derivados por simplemente modificando alguna data.
- **Data Manager:** Proporciona acceso amigable al usuario para las keywords de todos los simuladores, y para algunas características básicas de FloGrid,

Schedule, y PVTi.

- **Run manager:** ofrece un ambiente la iniciar, monitorear y controlar las corridas de simulación. Las corridas pueden estar iniciadas localmente o en la red de un servidor. Múltiples casos se pueden generar simultáneamente. Con el Run Manager es posible monitorear el progreso de las corridas en plots o la visualización de los resultados, y si ellos no están arrojando los resultados que se requieren, la corrida puede ser detenida.
- **Result Viewer:** Puede visualizar los resultados de la simulación en dos o tres dimensiones. Este además puede ser usado para crear o ver la solución mostrada y los plots de la data de producción como un remplazo de GRAF. Puede también mostrar los resultados de múltiples corridas simultáneamente para propósitos comparativos y como una ayuda para tomar una rápida decisión.
- **Report generator:** Es usado para crear reportes de la extracción de información relevante de los archivos SUMMARY o de los archivos .PRT, y ponerlos en una forma requerida para la creación de reportes escritos.

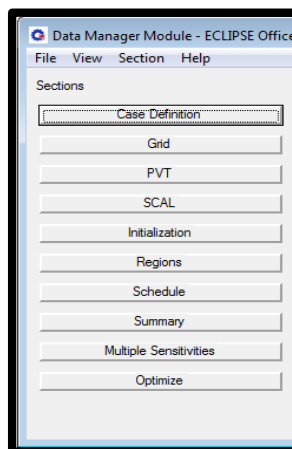
Cuando se empieza con case manager, este permite crear el árbol de las corridas o casos. Estos casos pueden derivar de un caso parental o simplemente un caso independiente como es el caso de este proyecto. Este caso consiste en una serie de archivos “include” para cada sección de la data de entrada de la simulación, estos son GRID, PVT, SCAL, INICIALIZACION, REGIONS, SCHEDULE y SUMMARY. El árbol de información y definiciones del caso están almacenados en un archivo del proyecto ECLIPSE™ office con extensión .OFF y en formato ASCII para ser ejecutados.

**Figura 30. Visualización del Launcher de ECLIPSE™ office**



Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 31. Visualización del módulo Data Manager**

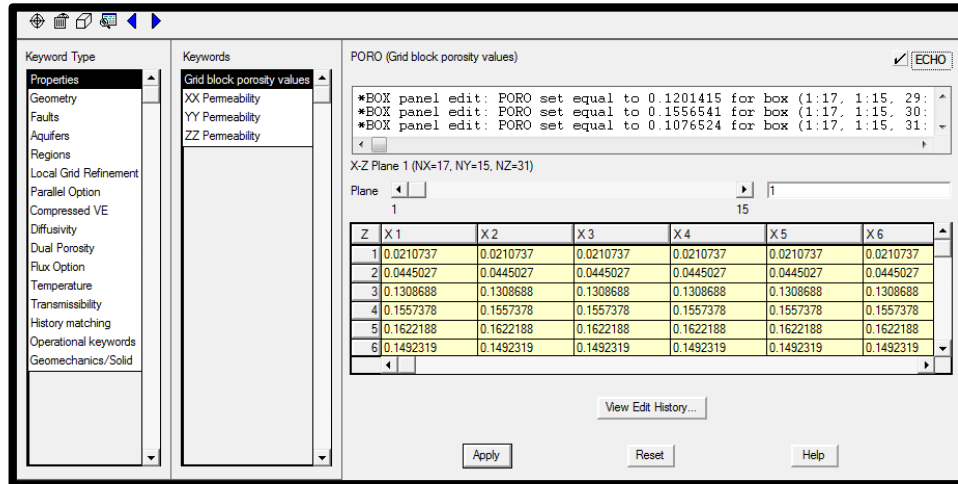


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.



- **Grid:** En esta etapa se van a empezar a implementar los comandos o keywords, con los cuales se ingresaran los parámetros requeridos en el sistema: Las dimensiones de la grilla, profundidad del tope de la grilla, propiedades del yacimiento y la selección de ciertos parámetros para los archivos de salida.

**Figura 33. Visualización de la ventana Grid dentro del módulo Data Manager**

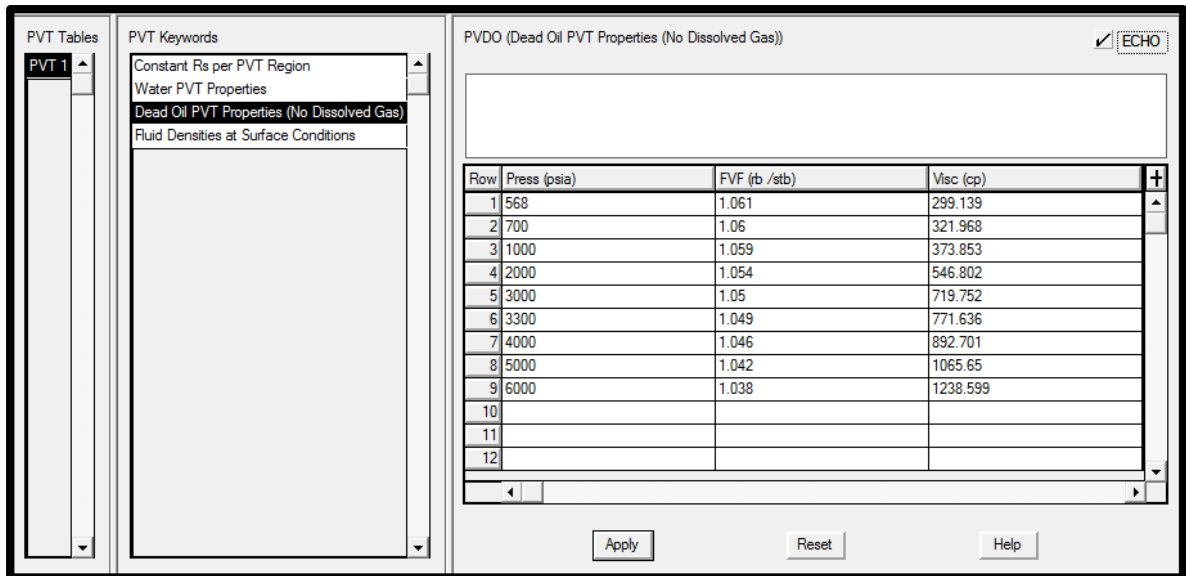


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

- **PVT:** La sección PVT da acceso a los comandos o Keyword PVT del simulador en el segmento de PROPS. Todas opciones relacionadas a las PVT pueden ser seleccionadas en esta etapa, así como en la sección de definición del caso (Case Definition Section). La data puede ser importada de archivos generados a través de PVTi. Otros comandos pueden ser generados por medio de correlaciones para el aceite negro (Black Oil). En este caso se ingresaron ciertos parámetros conocidos para este cálculo como lo son: La densidad de los fluidos presentes en el yacimiento (DENSITY), preferencias de petróleo muerto<sup>(\*)</sup>(PVCDO), Propiedades PVT para el agua (PVTW), Propiedades para la roca (ROCK), gas disuelto y la presión de burbuja (RSONSTT).

(\*) Petróleo por encima de la línea de burbujeo, en el cual la concentración de gas libre no sufre una variación ni afecta su comportamiento.

**Figura 34. Visualización de los comandos en la sección PVT dentro del módulo Data Manager**

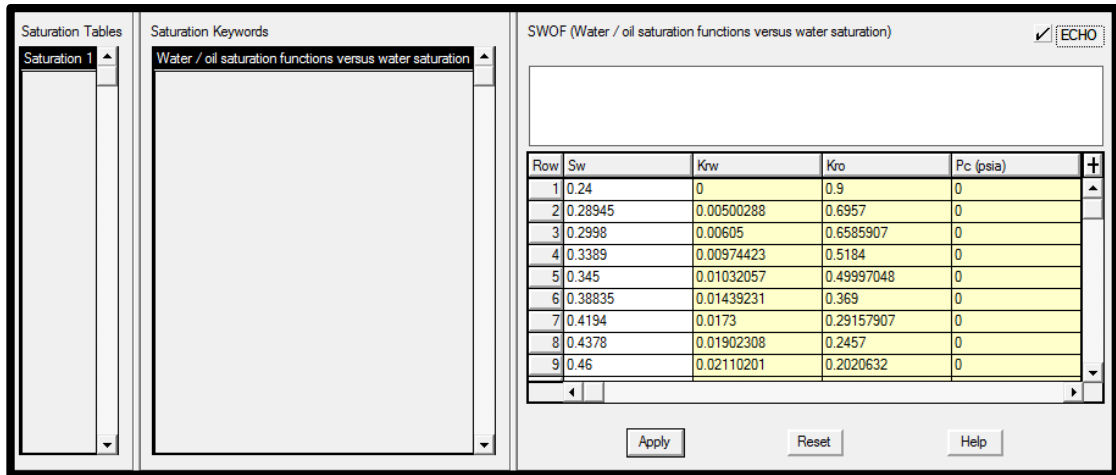


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

- **SCAL:** Esta sección da acceso a los comandos SCAL del simulador para los archivos PROPS. En esta parte se puede hacer uso de archivos INCLUDE generados por programas SCAL. Los comandos pueden ser generados a través de la correlación de Corey<sup>(\*)</sup>. En este punto ya se puede ingresar las funciones de saturación y permeabilidades relativas para los fluidos.
- **Inicialization:** La sección de inicialización permite ingresar a los comandos SOLUTION del simulador. La información de inicialización es trascendental para la corrida, ya que es la data con la que el software arrancará, en esta se incluirá información relacionada con las especificaciones en equilibrio, la temperatura inicial del yacimiento y algunas opciones de reinicio de la corrida.

(\*) Formulación numérica para la representación de las curvas de permeabilidades relativas para el comportamiento de los fluidos.

**Figura 35. Visualización de la ventana SCAL en el módulo Data Manager**

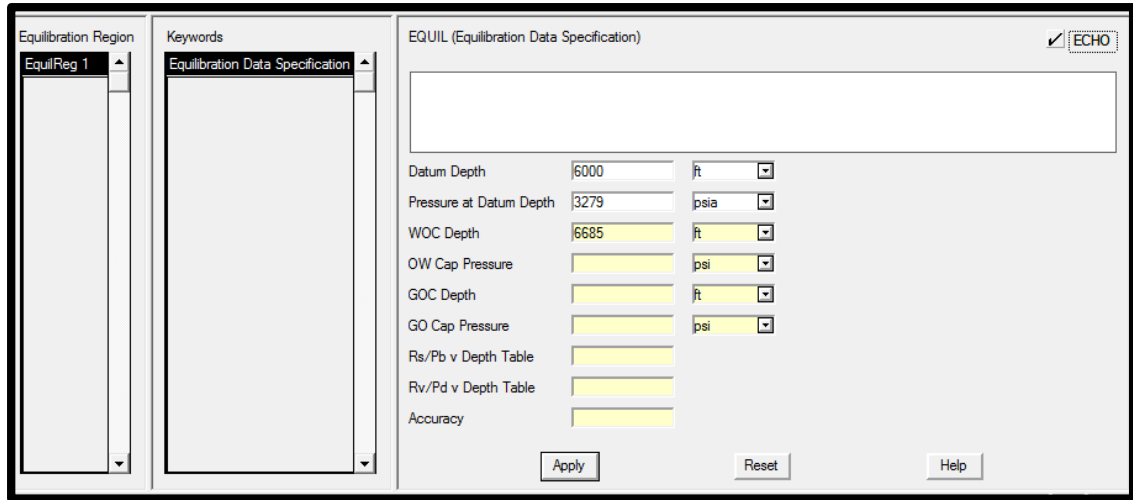


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

- Schedule:** En esta sección se da acceso a los time steps (lapsos) y a algunos comandos que pueden ser vistos, editados, insertados y eliminados. Algunos de estos comandos, tienen múltiples argumentos que pueden ser vistos, revisados para ser modificados y realizar un proceso de sensibilización. Dentro de los parámetros introducidos esta la ubicación espacial de los pozos, con sus respectivas fechas de perforación, algunos parámetros de salida y ciertas restricciones para los pozos.

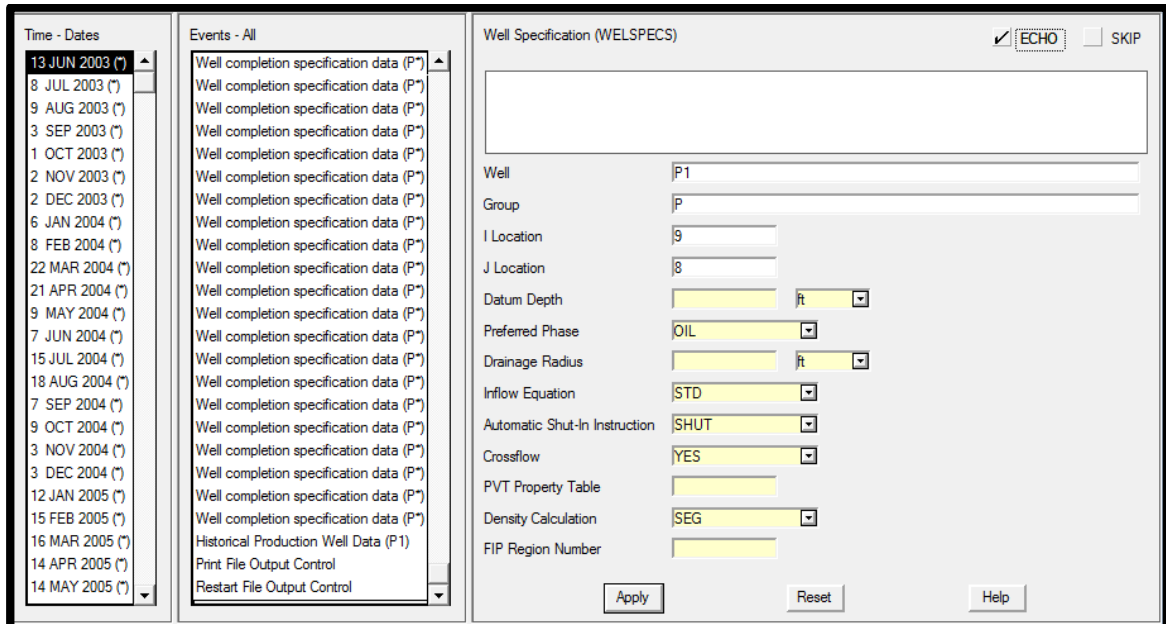
Después de ingresados todos los parámetros, se debe tener en cuenta la inclusión de los time steps (lapsos), ya que en esta sección es el único medio donde se agregaran las fechas para la generación de las corridas.

**Figura 36. Visualización de la ventana de Inicialización dentro del módulo Data Manager**



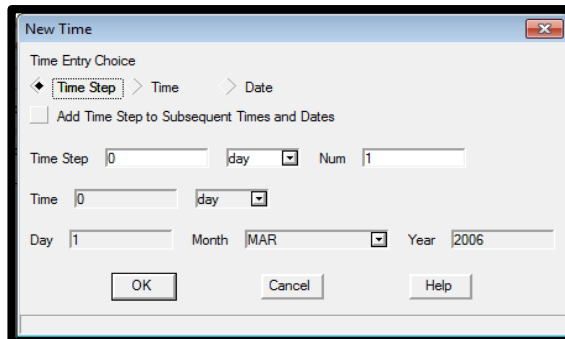
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 37. Visualización de la ventana de Schedule en el módulo Data Manager**



Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 38. Visualización de la ventana para la generación de los tiempos (Time steps)**



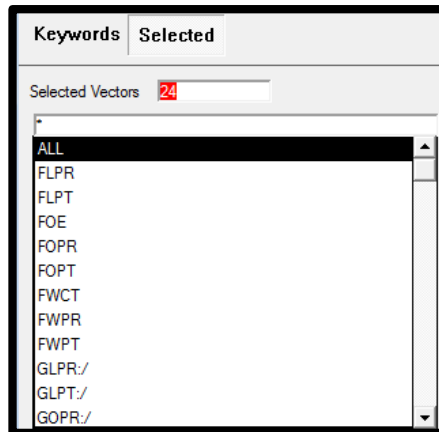
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

- **Summary:** La sección Summary es una herramienta pre-simulador, que ayuda a visualizar y cambiar el resumen de los comandos. El modulo está arreglado por varias secciones, en la cual cada una contiene paneles. Los paneles están preparados para ayudar a seleccionar los comandos requeridos lo más fácil posible. Los comandos disponibles dependen en las opciones del caso actual, definidos en la sección RUNSPEC de la data base.

Esta herramienta proporciona una gran variedad de comandos que ayudan a perfeccionar y revisar cada medida minuciosamente, para la generación de reportes para cada uno de los parámetros del yacimiento que por defecto están distribuidos en aceite, agua, líquidos y otros, a lo largo del campo, grupo de pozos o pozo, los cuales son los aplicados en el caso de estudio.

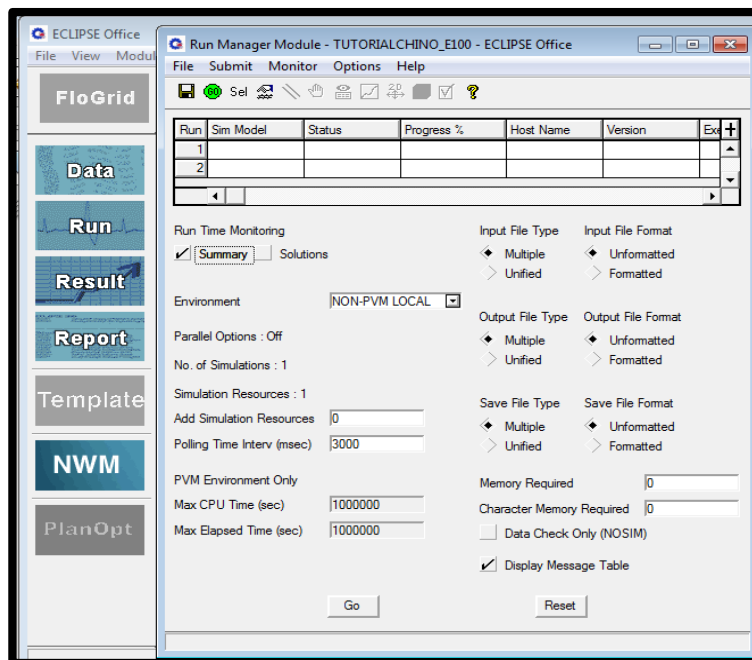
Una vez ingresados los datos finales, se puede iniciar a correr la simulación haciendo clic en la opción RUN de la pantalla de inicio de Eclipse™ Office y luego en GO!, como se muestra en la figura 40.

**Figura 39. Visualización de la ventana en la sección Summary dentro del módulo Data Manager**



Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 40. Visualización de la pantalla de arranque de la corrida de simulación del caso**



Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

Es muy importantes recalcar que después de hecho clic en el botón de GO!, una ventana emergente con el progreso de la simulación y por ultimo otra ventana con el resultado de la simulación indicando si la corrida tuvo alertas o errores para corregir. Como no se obtubieron ninguna de las anteriores en el caso de estudio, se prosigue con la parte de superficie de esta segunda sesion (Simuladores complementarios).

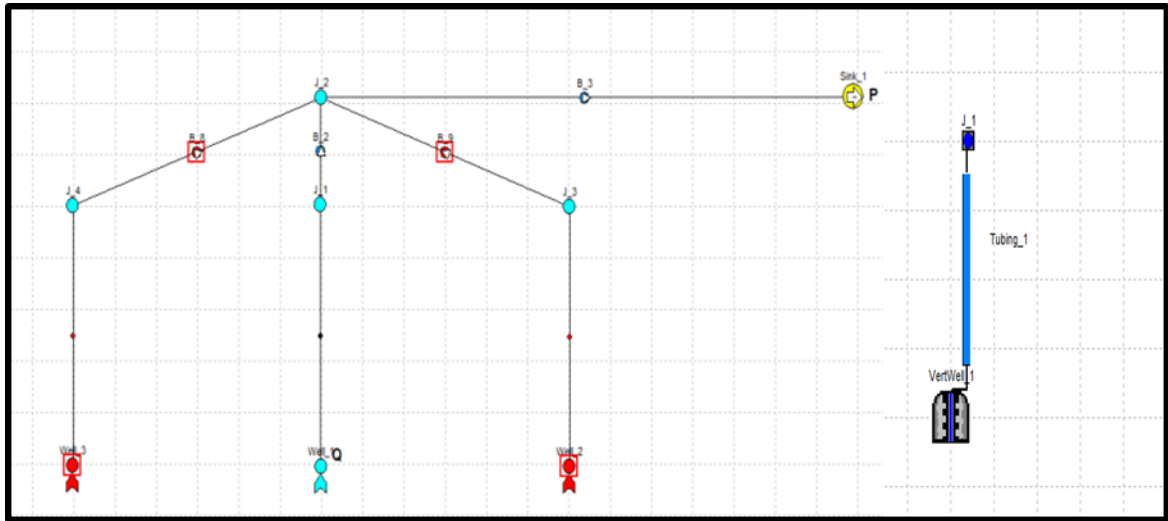
**3.1.2.2. Desarrollo para PIPESIM:** La selección de PIPESIM se dirige bajo los siguientes parámetros:

- Competencia directa con Nexus®, ya PIPESIM abarca pozo y red de superficie.
- Utilización de una herramienta más robusta a la hora de ingresar información específica del pozo como estado mecánico.
- La misma casa matriz con la cual se trabajó subsuelo.

En esta etapa de la simulación ya se ha abarcado la sección de subsuelo y se está listo para trabajar la parte de superficie. Debido a las características que posee PIPESIM como un simulador estático, se hace necesaria la selección de una fecha específica en la cual se puedan obtener los resultados de los parámetros a entrar a analizar.

PIPESIM trabajará bajo la información que su simulador complementario (ECLIPSE™) le proporcione en la fecha escogida con anterioridad. Una vez pasada la selección y el simulador abierto, este estará a disposición del usuario para la inclusión de los datos.

**Figura 41. Visualización de la configuración de la red de superficie y pozo en el software PIPESIM**



Fuente: SCHUMBERGER. Pipesim. V. 2011.1. Steady-State Multiphase Flow Simulator. 2011. Houston. E.U.

Como procedimiento inicial en la herramienta, se construye cada una de las estructuras que constituyen el pozo y sus conexiones en superficie, tales como: fondo y cabeza de pozo, un nodo en superficie que va a funcionar como manifold y una salida o sumidero. Ya una vez realizado esto, se ingresa cuidadosamente toda la información necesaria para que la simulación corra de manera exitosa, como:

- Datos de yacimiento
- Propiedades de la tubería de producción
- Propiedades del modelo

Recordando que cada información de la data suministrada al simulador proviene de una fecha específica seleccionada del software Nexus®.

### **3.2. Aspectos relevantes en la implementación de la plataforma para cada software**

La plataforma de cada uno de los simuladores presenta ciertas diferencias tanto en

el ingreso de los datos de inicialización como en la lectura de los reportes de salida. Como se ilustra en la figura 41, las propiedades array son ingresadas de la misma forma con la única diferencia que en Eclipse se tiene que asociar una serie de comandos y opciones de salida adicionales que hacen que la introducción de la información en esa plataforma sea un poco más extensa. En las figuras 42 y 43, para la entrada de los datos PVT y las curvas de permeabilidades relativas, las cuales se realizan manualmente en las dos plataformas. Nexus® ofrece una ventaja sobre Eclipse y es que permite la visualización de la tendencia de las curvas del factor volumétrico y la viscosidad respecto a la presión y las curvas de Corey, lo que ayuda a la verificación de la data introducida.

Para la introducción de la data de equilibrio (figura 44), Nexus® ahorra procesos con la implementación de una sola ventana que contiene toda la información necesaria, mientras que Eclipse requiere de ventanas adicionales, las cuales son desplegadas por medio de otros comandos, además de la entrada de otras keywords para impresión y control de los archivos de salida, haciéndolo un poco más tedioso.

En la sección de los parámetros del pozo ilustrados en la figura 45, se observa que Nexus® requiere menos procesos para la inclusión de la información, permitiendo arrastrar y copiar datos de manera más ágil, mientras que en Eclipse se hace más exhaustivo, como es en el caso de la sensibilización para el número de perforaciones, pues se hace necesario la creación de 31 comandos, para posteriormente cerrar aquella que no aportan a la producción. Además se introducen manualmente las tarjetas del tiempo de acuerdo a la data de producción para realizar el respectivo ajuste histórico, o cual dependiendo de la cantidad de datos son las carpetas de tiempo y comandos ingresados. Adicionalmente se asocian otros comandos para el reporte y control de reinicio de los archivos de salida.

Figura 42. Ingreso de la data de inicialización en la sección de definición de la grilla

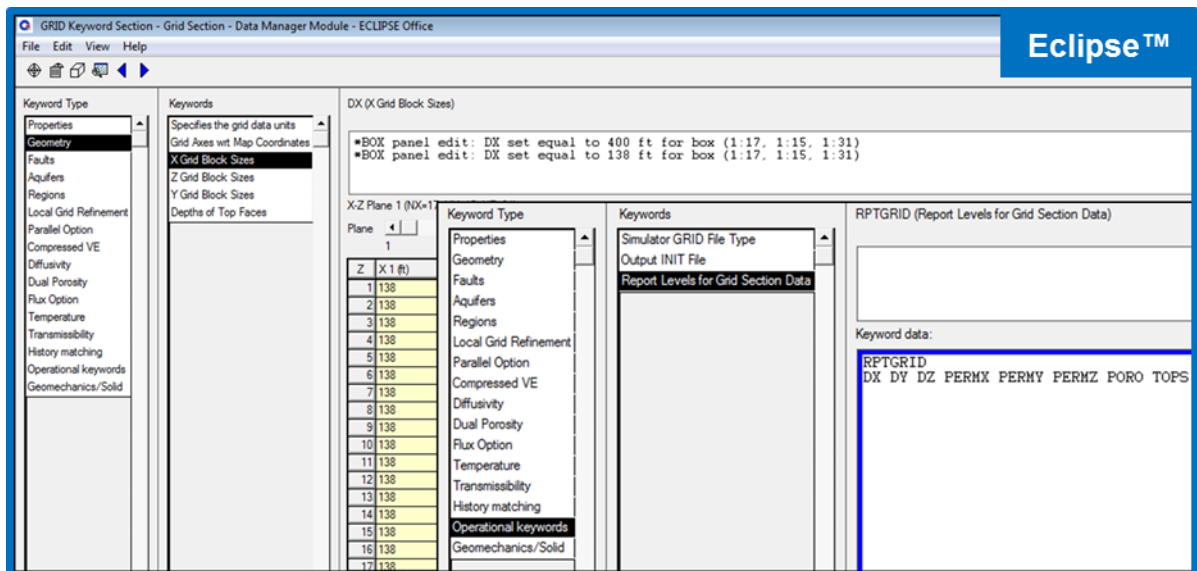
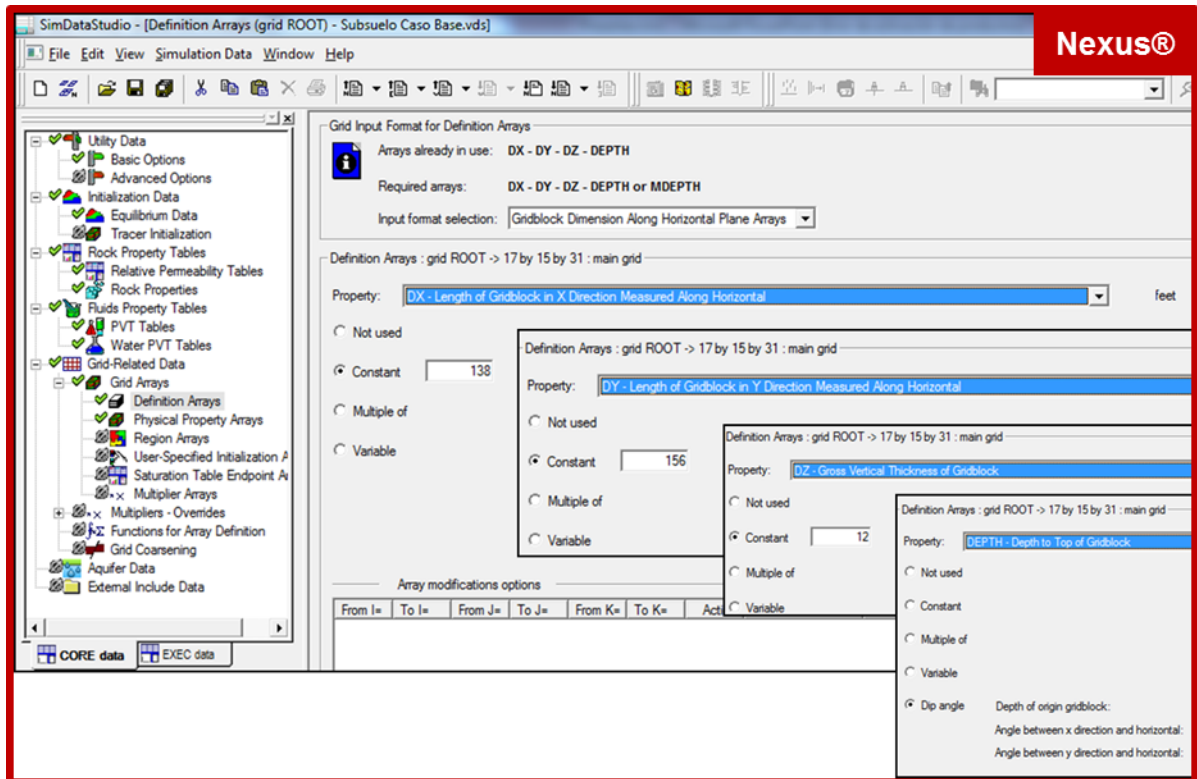


Figura 43. . Ingreso de la data de inicialización en la sección del PVT

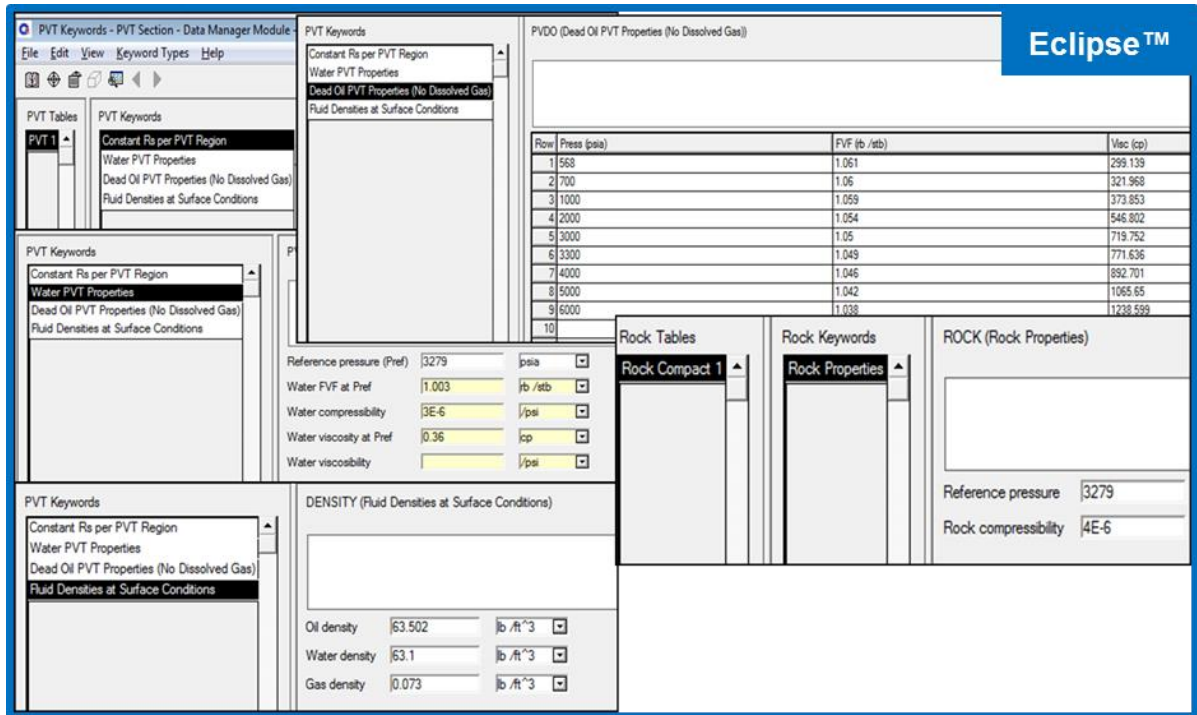
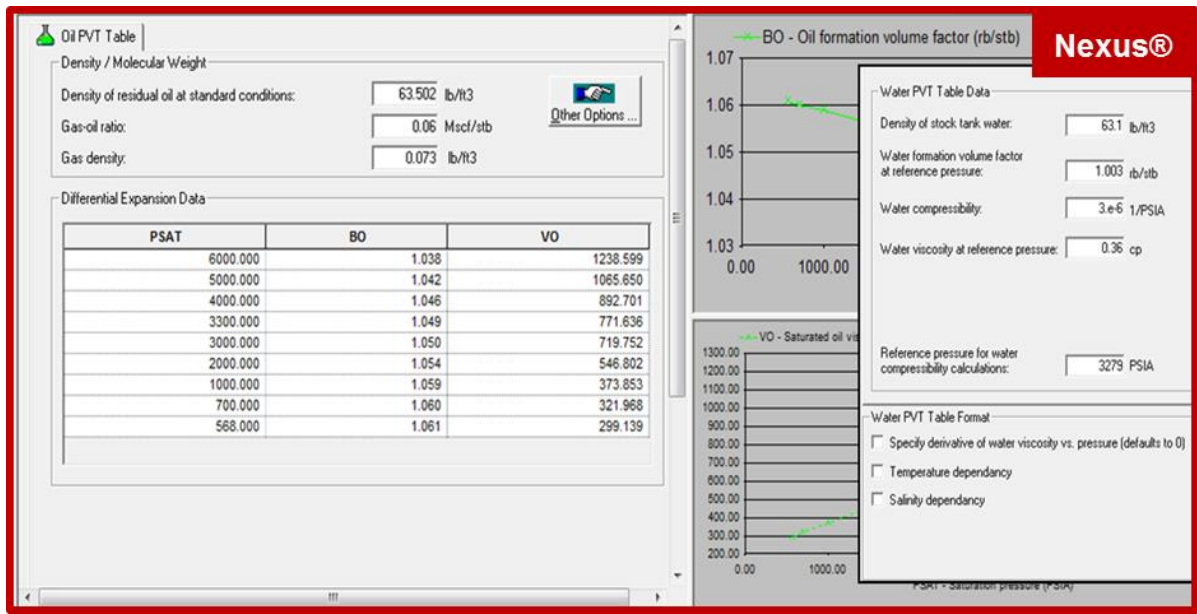


Figura 44. . Ingreso de la data de inicialización en la sección de las propiedades de la roca

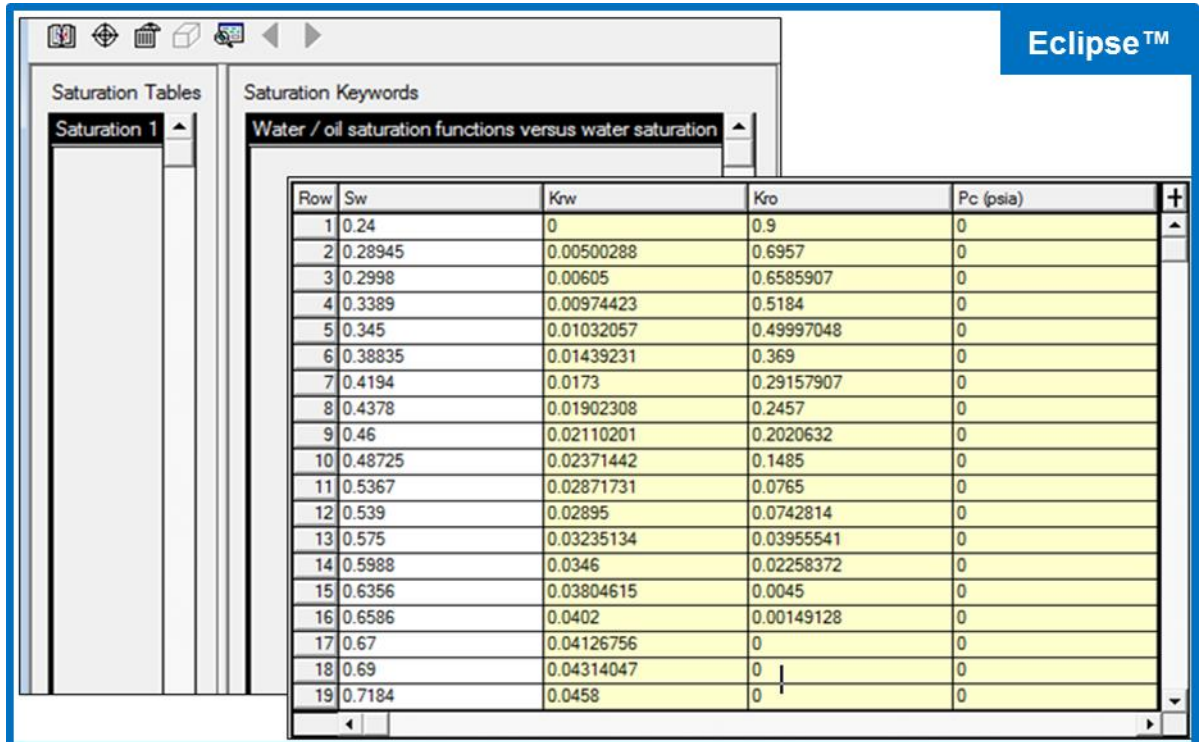
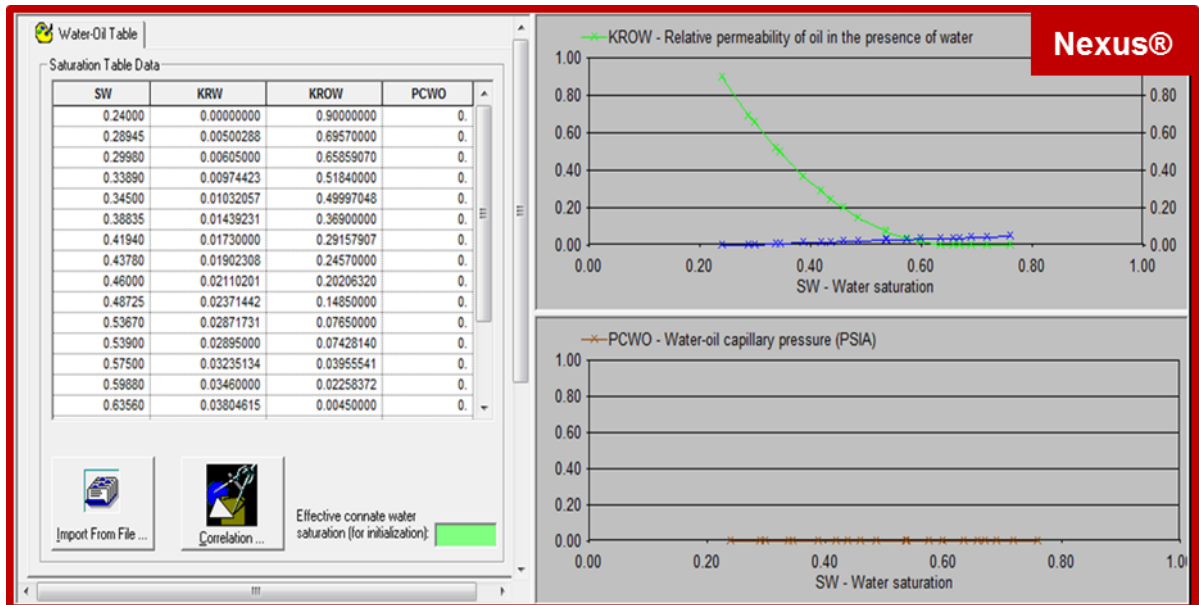
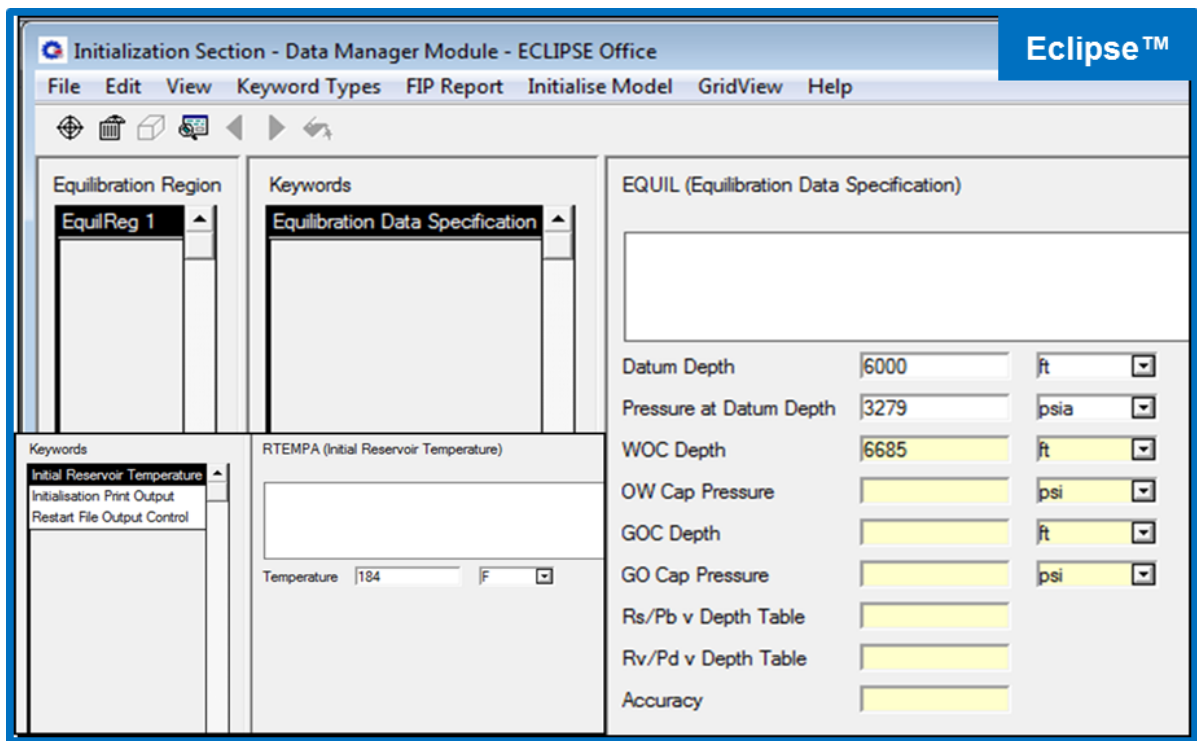
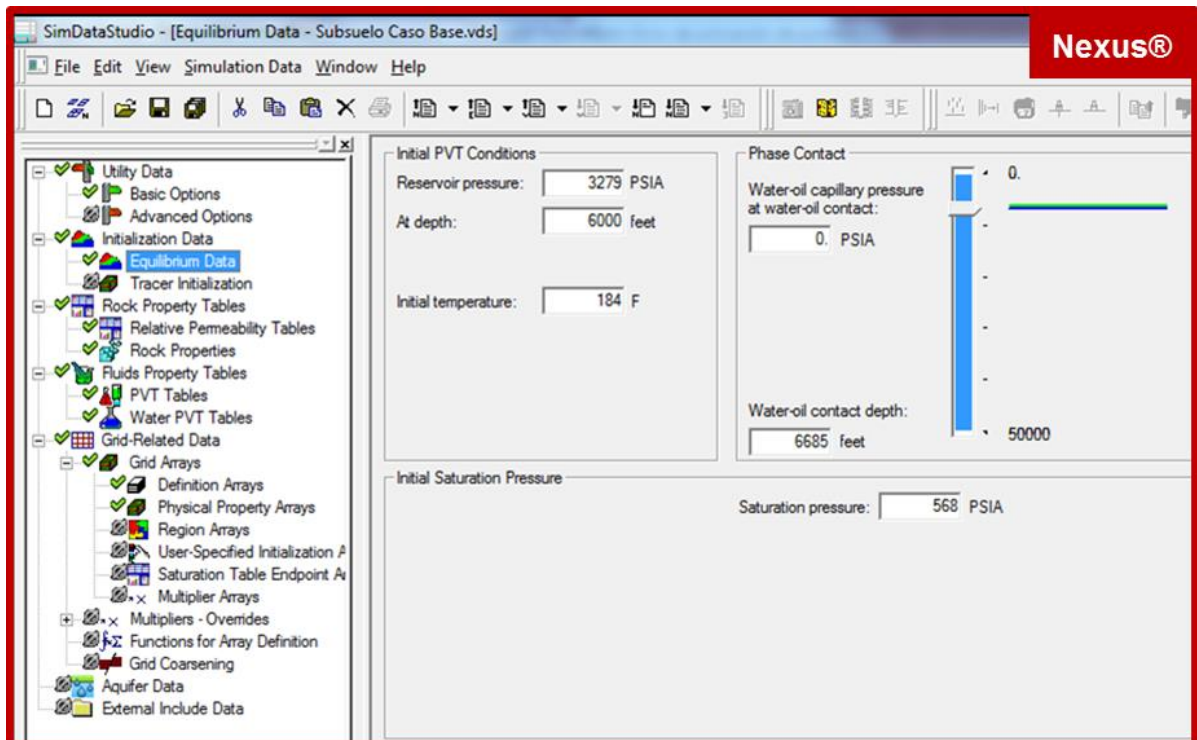


Figura 45. . Ingreso de la data de inicialización en la sección de equilibrio





La metodología implementada por Nexus® y PIPESIM es totalmente diferente, ya que PIPESIM muestra gráficamente (figura 47) los nodos y las conexiones entre ellos, para introducir la información necesaria. Nexus® requiere menor número de datos a ingresar en la plataforma, debido a que gran parte de la información solicitada ya ha sido dispuesta en la sección del yacimiento, lo que indica que el simulador implícitamente está realizando los cálculos para fijarlos en la sección de superficie. De esta manera Nexus® solo solicita la entrada de información del estado mecánico (figura 48) para sus cálculos posteriores.

**Figura 47. Ingreso de la data recurrente en la sección de la red de pozo/superficie**

Interconnect Network Nodes	Nodes Pressure Limit - PSIA	Nodes Temperature - F	Nodes Number
OUT1	40		
MANIFOLD			
WH_P1	100		
P1_CASING			
P1 LINER			
P1			1

Identificador	Presión	Caudal	Curva PQ	Temperatura
Sink_1	40		(N/A)	F
Well_1		194.99	STB/d	<input type="checkbox"/> Accepte
Well_2				<input type="checkbox"/> Accepte
Well_3				<input type="checkbox"/> Accepte

Revisar Cond. Front. Número de Fuentes/Sumideros: 4

Número de Especificaciones de Presión/Caudal/Curvas PQ: 2

La grilla tanto para Nexus® como Eclipse™ (figura 49), muestra una diferencia notoria en la presentación de la simulación del comportamiento de las propiedades del yacimiento, en este caso de la transmisibilidad en el eje z. Se observa que: La grilla en Nexus® está mejor definida, más detallada y la vista 3D es más robusta que la de Eclipse™.

**Figura 48. . Ingreso del estado mecánico del pozo y otras propiedades**

Connections Properties and Constraints								Nexus®	
NAME	NODEIN	NODEOUT	NUMBER	TYPE	METHOD	LENGTH	DDEPTH	DIAM	
OUT1	OUT1	SINK							
MANFOLD	MANFOLD	OUT1		PIPE	BEGGS		0	12	
WH_P1	WH_P1	MANFOLD		PIPE	BEGGS		0	12	
P1_TUBING	P1_CASING	WH_P1		PIPE	BEGGS	5842	5842	4.95	
P1_CASING	P1_LINER	P1_CASING		PIPE	BEGGS	130	130	8.755	
P1	P1	P1_LINER	1	PIPE	BEGGS	400	400	6.184	

MD		TVD		Eclipse™	
-	ft	-	ft	MD	Temperatura Ambiente
1	0	0	0	-	F
2	6000	6000		1	60
3				2	184
4				3	
5				4	
6				5	
7				6	
8				7	
9				8	
10				9	
11					

	MD de Fondo	DI	Espesor	Rugosidad	DI de Tubería de Revestimiento	Tipo de Flujo	Etiqueta
-	ft	inches	inches	inches	inches		
1	5842	4.95	0.5	0.001		Tubing	pipe#1_Tubi
2	5972	8.755	0.5	0.001		Tubing	pipe#2_Tubi
3	6000	6.184	0.5	0.001		Tubing	pipe#3_Tubi

Variable Calculada

Presión de Entrada

Presión de Salida

Liquid Rate   @

Variable definida por el usuario

Figura 49. Lectura de los reportes de salida a través de la grilla 3D

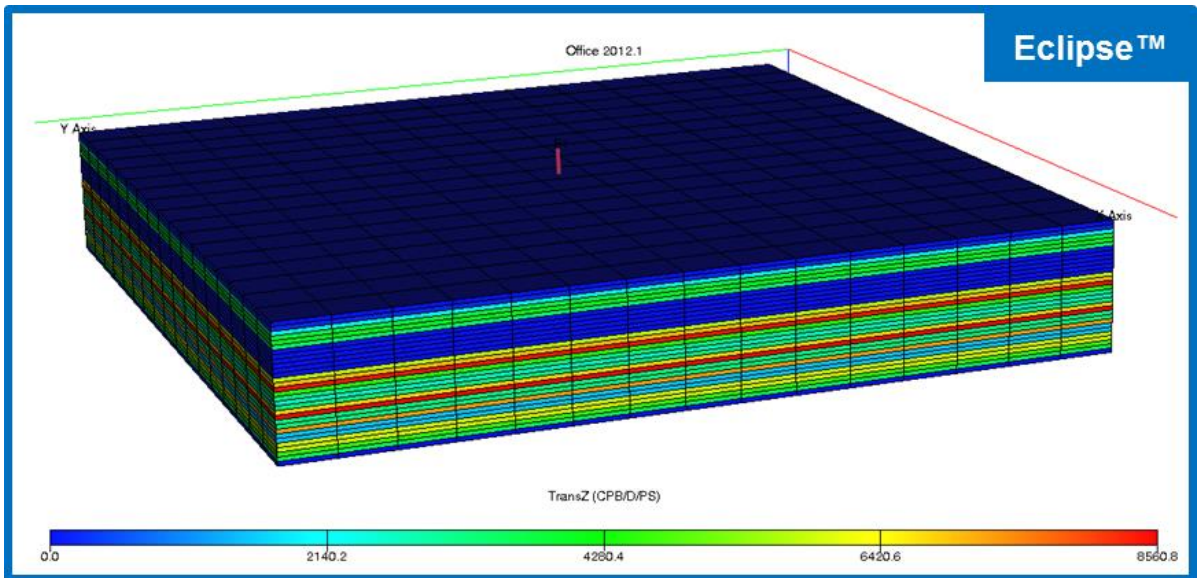
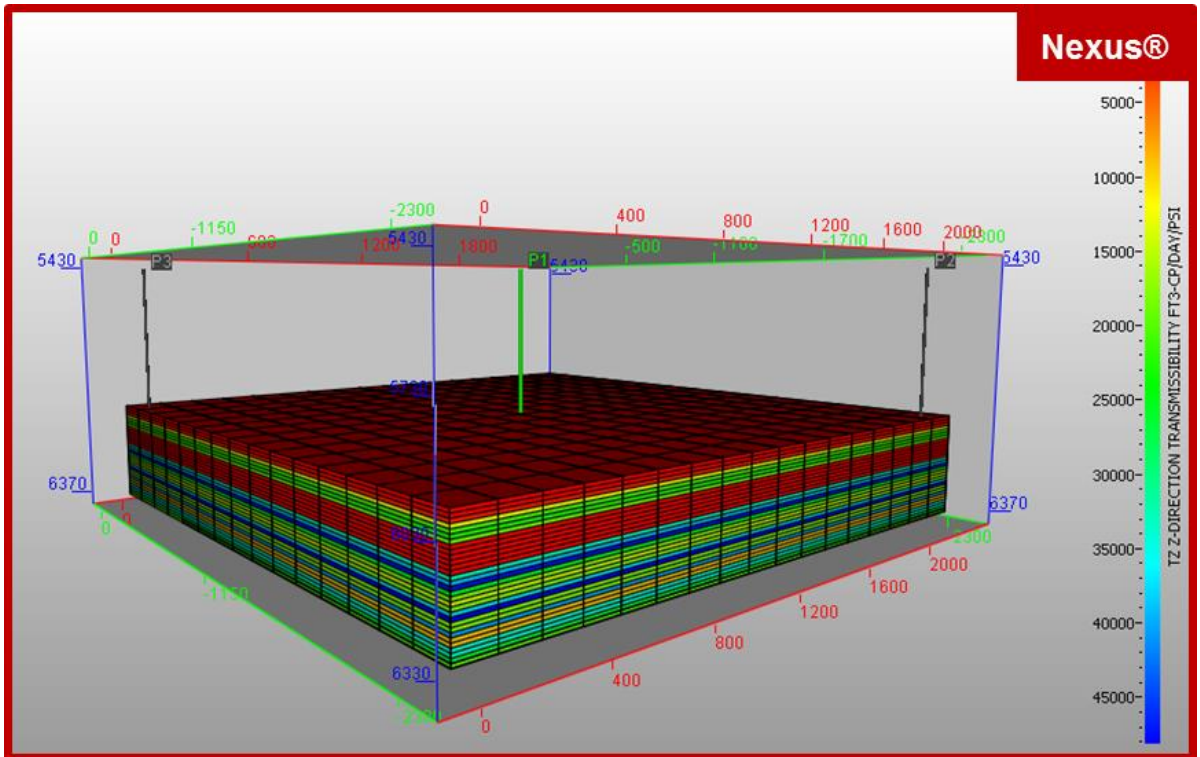
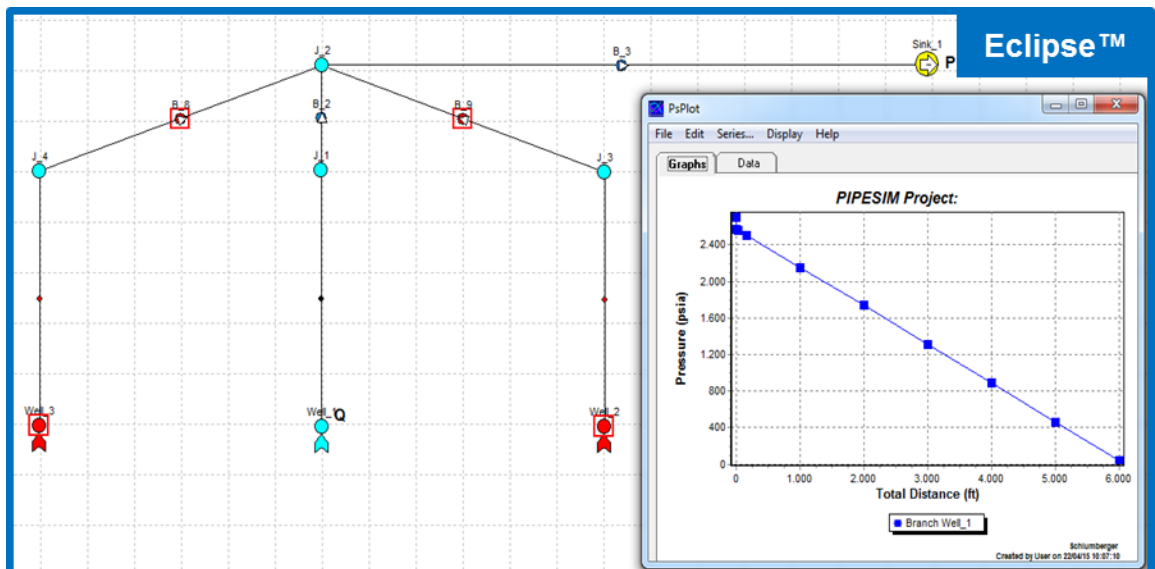
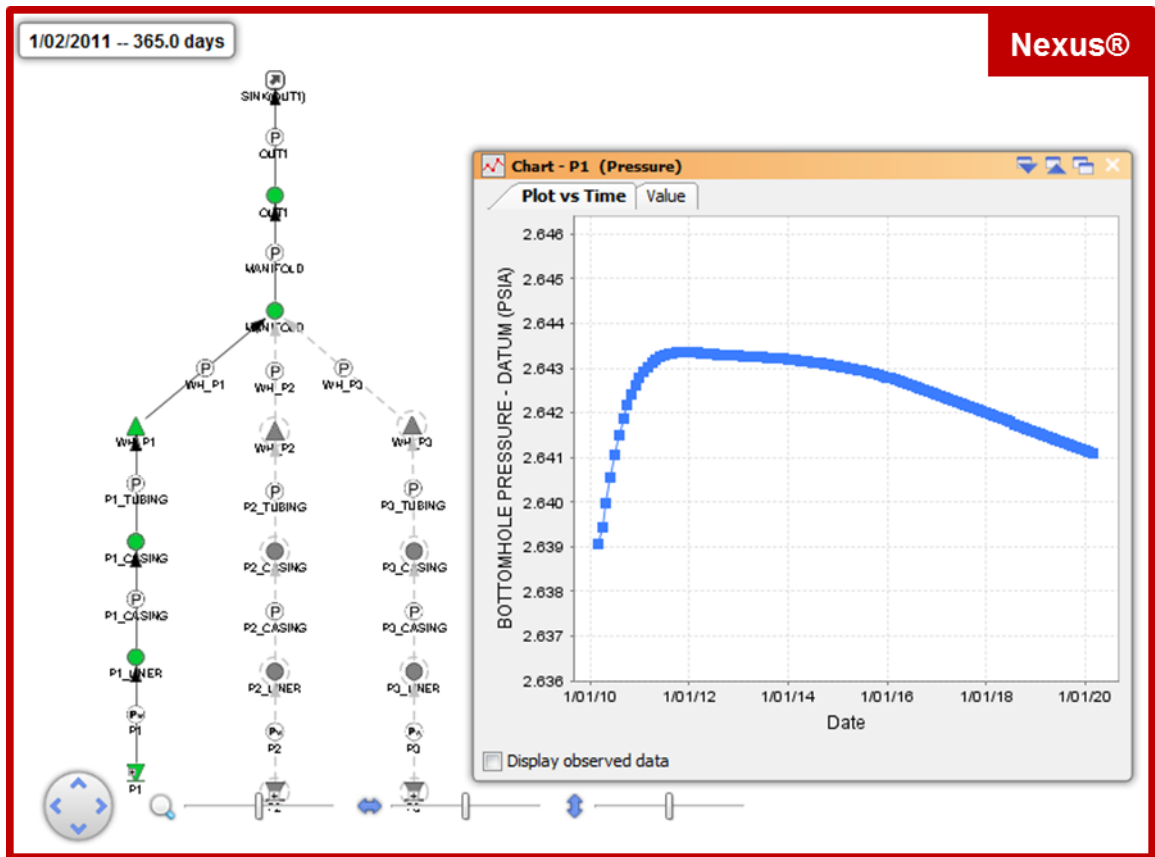


Figura 50. Lectura de los reportes de salida en superficie



La visualización de los resultados referidos a la sección de superficie en Nexus® (figura 50) se desarrollan de manera detallada, mostrando los nodos y conexiones que hacen parte del modelo, desplegando las características de interés, tales como el comportamiento de ciertos parámetros, tendencia de la curva IPR (versión 500.4.10), entre otros, sin dejar de lado la capacidad que posee de arrojar estos resultados de manera dinámica en el tiempo. Por otro lado PIPESIM muestra una red más simple.

#### **4. VARIACIÓN DE PARÁMETROS OPERACIONALES AL MODELO IMPLEMENTADO**

Para el desarrollo del proyecto se discute y plantea la variación de parámetros operacionales, con el fin de realizar un análisis y visualizar el manejo que los diferentes programas implementados le dan al modelo. De esta manera se realizan cambios en los diferentes factores que podrían afectar de cierta manera la producción de la región simulada, la cual predice el comportamiento de un sector del yacimiento de un área significativa.

Al determinar los parámetros operacionales a variar, se hace necesario dividir el modelo completo en dos secciones. Una primera sección se encargará de toda la red de subsuelo, es decir el yacimiento como tal, en la cual intervendrán dos simuladores Nexus® y Eclipse™. Los cuales, bajo las mismas condiciones van a simular el mismo modelo. De la misma manera se realizará la segunda sección, la cual se efectuará en superficie, es decir el pozo y a red de superficie hasta el separador, con la implementación de Nexus® y PIPESIM.

Dentro de la sección de subsuelo se manejarán tres parámetros operacionales de variación:

- Presión de fondo (BHP)
- Radio de Wellbore (RDW)
- Numero de perforaciones (PERF)

La elección de estos parámetros se debe a que son factores que la industria son comúnmente modificados dependiendo de lo que se requiera antes de iniciar operaciones o en algunos casos ya perforado el pozo. Para el estudio de esta sección se registran gráficas de ciertos elementos que a la hora de realizar el análisis en el siguiente capítulo, va a ser de gran importancia.

En la segunda sección (sección de superficie) se manejará la presión de cabeza como parámetro de sensibilización. Esto debido a que en el ambiente de la producción de hidrocarburos este factor afecta en gran manera el flujo de los fluidos, suponiendo y teniendo en cuenta que la topografía de la zona es plana.

#### 4.1. SECCIÓN DE SUBSUELO

Para el estudio de la sección de subsuelo se requiere la implementación de dos simuladores, Nexus® y Eclipse™. Estos dos programas estarán modelando el mismo tipo de yacimiento, con las características y propiedades iguales, con el fin de determinar y comparar la similaridad de las tendencias y comportamiento de los resultados en su calibración con el historial de producción y su comportamiento futuro al final del ajuste histórico. Los parámetros a alterar serán los siguientes con sus respectivas magnitudes. Tomando como un modelo base, la misma región, bajo las mismas características, pero con una presión de fondo (BHP) de 1300 psi, una tasa máxima de aceite (Qo) de 3500 STB/día, un radio de pozo (RDW) de 0.28 Ft. y 31 capas perforadas (PERF100%). Se analizarán tres propiedades importantes: La presión, las tasas de producción de los fluidos y la tasa acumulada de los fluidos.

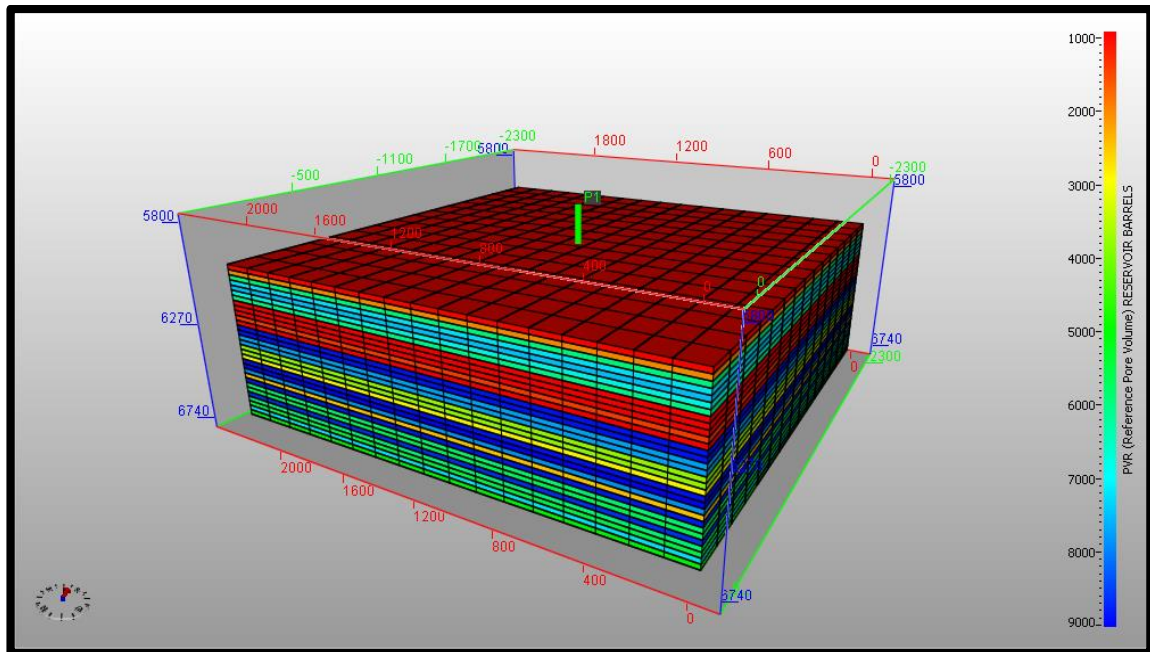
**Tabla 8. Parámetros operacionales de producción en la sección de subsuelo**

Caso	Magnitudes
Base	1300 psi, 3500 STB/día, 0.28 Ft. PERF100%
1	1000 psi, 3500 STB/día, 0.28 Ft. PERF100%
2	1600 psi, 3500 STB/día, 0.28 Ft. PERF100%
3	1300 psi, 3500 STB/día, 0.25 Ft. PERF100%
4	1300 psi, 3500 STB/día, 0.31 Ft. PERF100%
5	1300 psi, 3500 STB/día, 0.28 Ft. PERFSELECT

Con los parámetros descritos en la tabla 8 se desarrollará la sensibilización de los resultados.

**4.1.1. Caso base:** El simulador de yacimientos Nexus® ha mostrado un buen desempeño en la convergencia de los datos, tiempos de corrida, dinamismo de la simulación y simplicidad. A continuación se muestra la grilla estudiada desde la herramienta NexusView®, la cual permite la visualización de parámetros y características del yacimiento o región analizada.

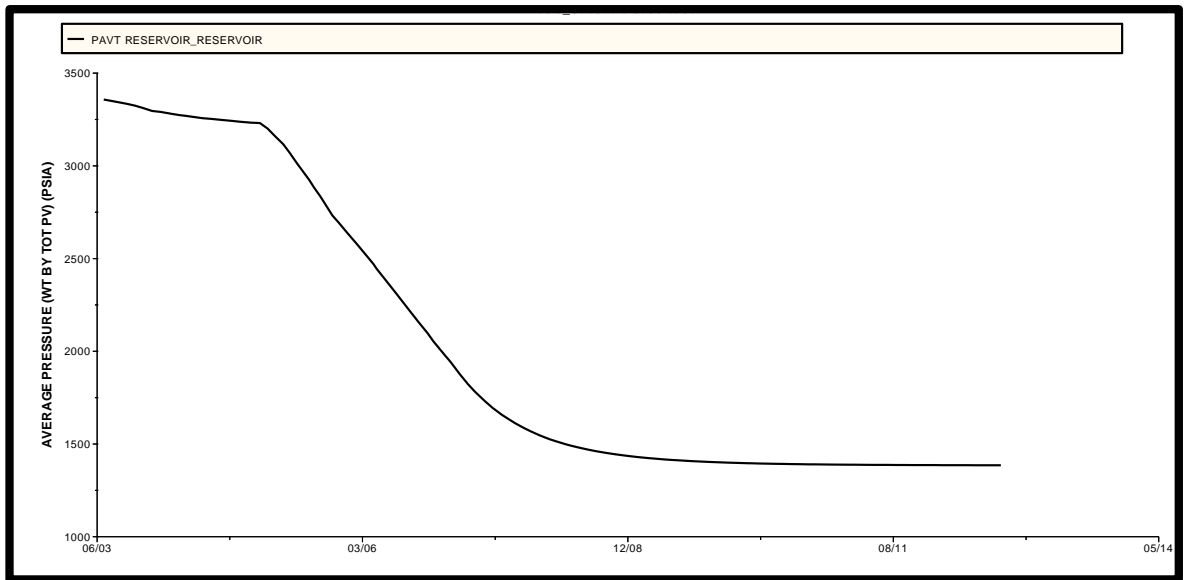
**Figura 51. Visualización del modelo estudiado en NexusView® del caso base**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. NexusView® Software. 2013. Houston. E.U.

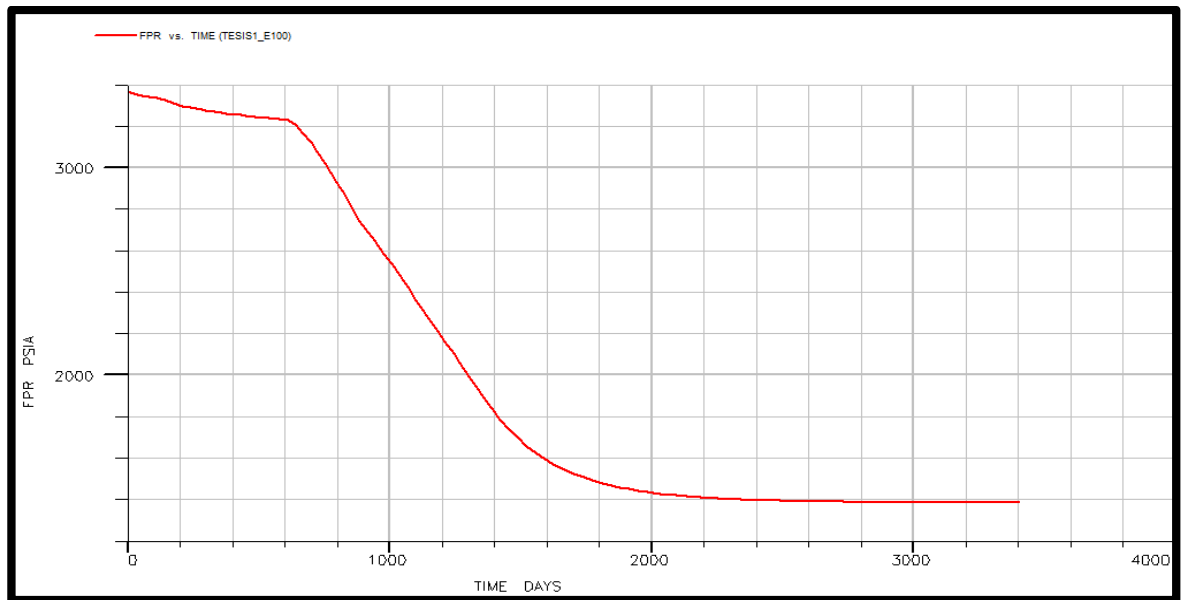
La grafica 51 muestra un sector de un campo de crudo pesado colombiano, en el cual se encuentra perforado un pozo (single well) productor central, el cual se perfora en su totalidad 31 capas de la zona productora, además maneja una presión de fondo de 1300 psi y un caudal máximo de aceite de 3500 STB/día. El pozo cuenta con un radio de pozo de 0.28 Ft. La sensibilización a continuación se sigue de acuerdo a los parámetros descritos anteriormente en la sección 4.1.

**Figura 52. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso base con el software Nexus®**



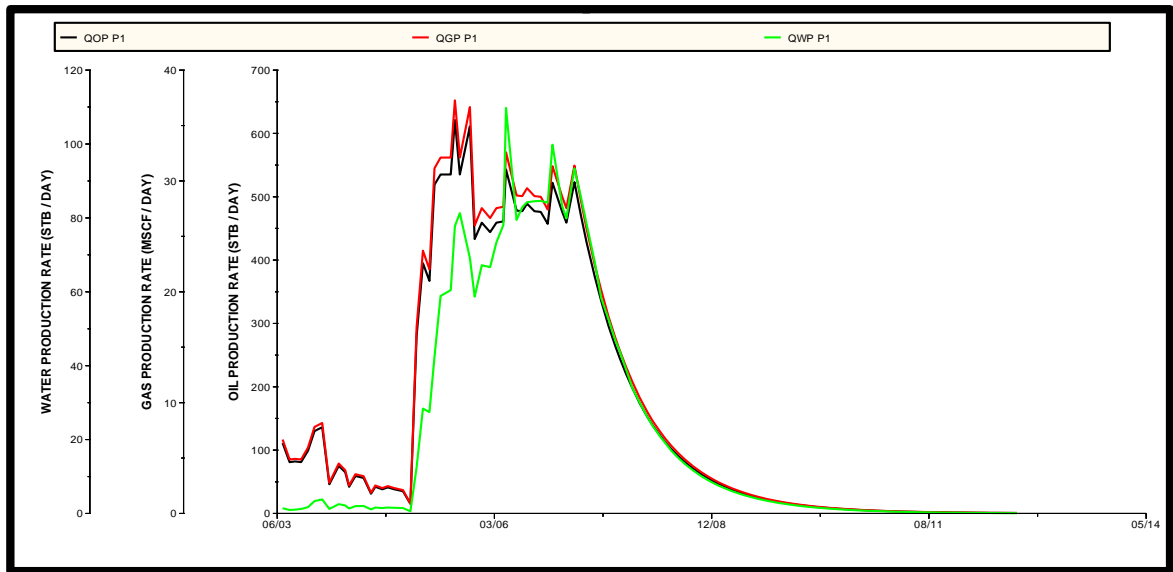
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 53. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso base con el software Eclipse™**



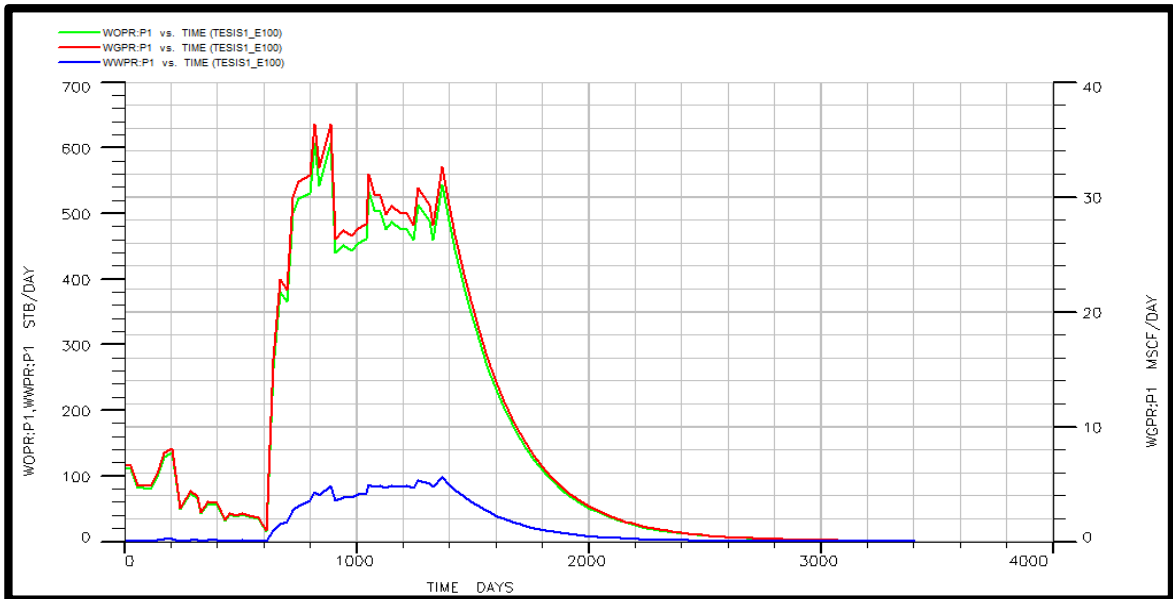
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 54. Tasa de producción por día para el caso base con el software Nexus®**



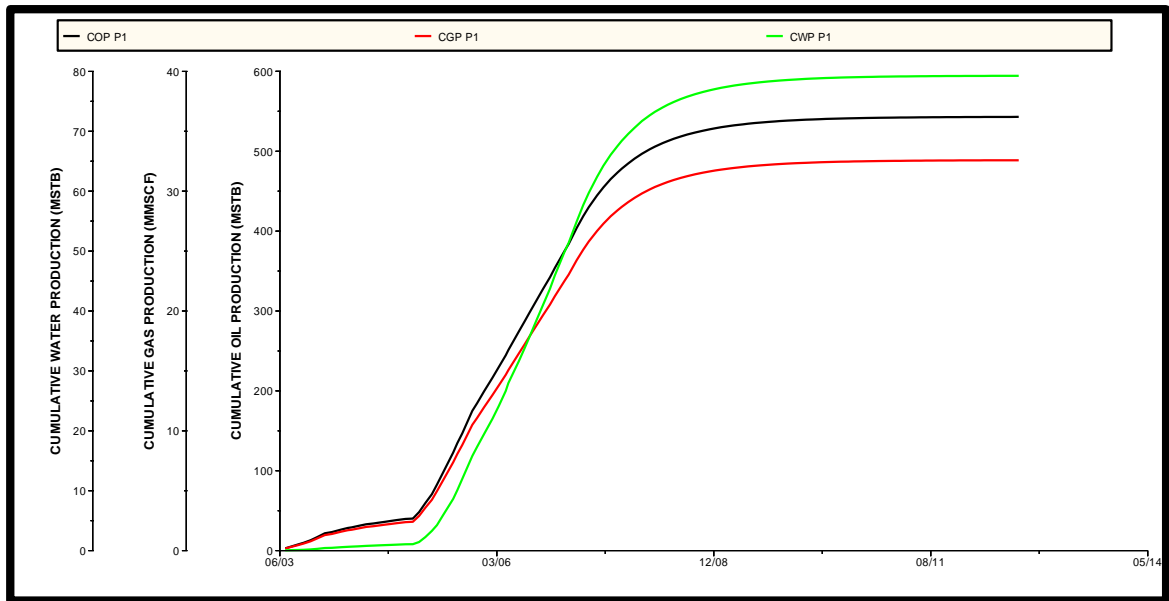
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 55. Tasa de producción por día para el caso base con el software Eclipse™**



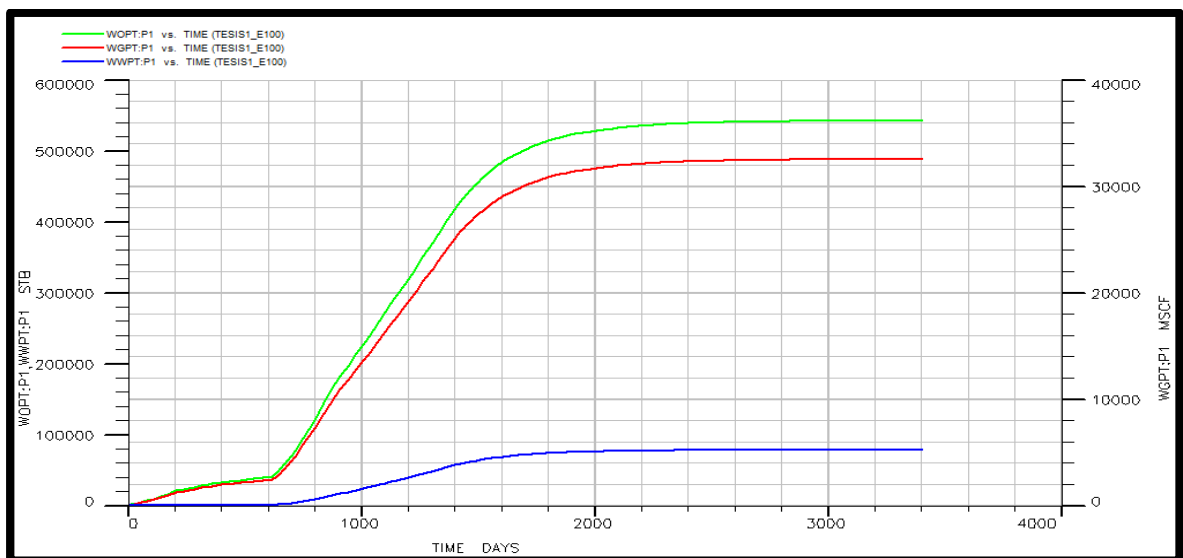
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 56. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso base con el software Nexus®**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 57. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso base con el software Eclipse™**

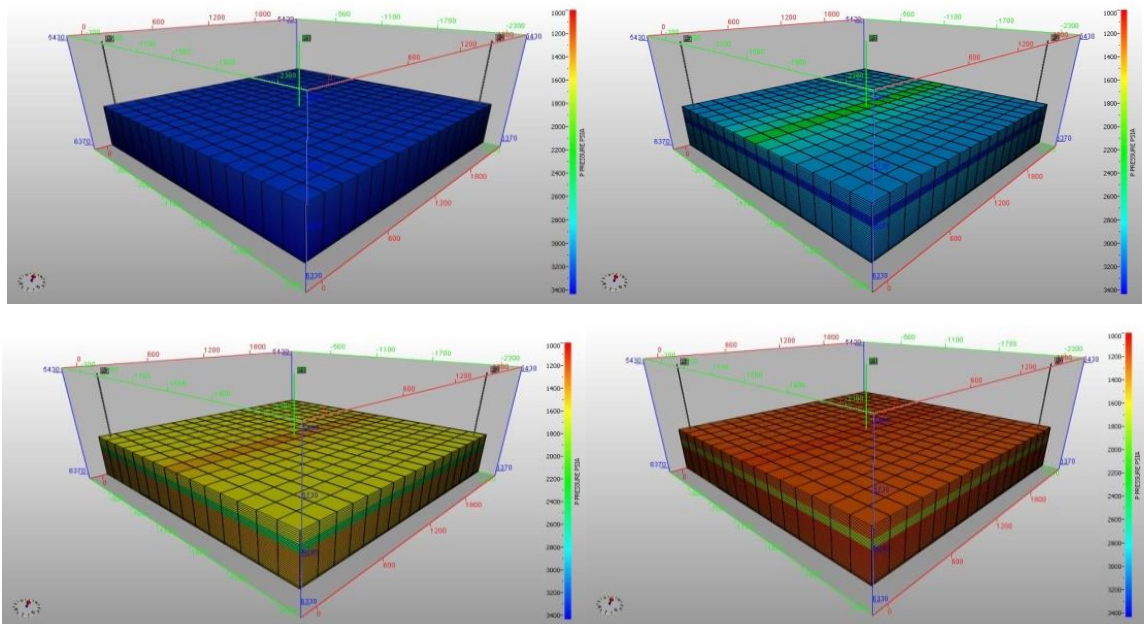


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

Las gráficas 52 a la 57, muestran una declinación severa de la presión, aproximadamente después de los 2008 días, hasta una presión de 1430 psia. Una disminución de la tasa de producción de cada uno de los fluidos hasta alcanzar una producción de cero barriles, aproximadamente después de los 3247 días. Un aumento paulatino en la tasa de producción acumulada de los fluidos llega a su tope aproximadamente a los 2467 días, en los cuales se evidencia un mantenimiento de la línea en alrededor de los 540.048 barriles de aceite. Los demás fluidos se pueden observar cuidadosamente en el ANEXO A: Caso base.

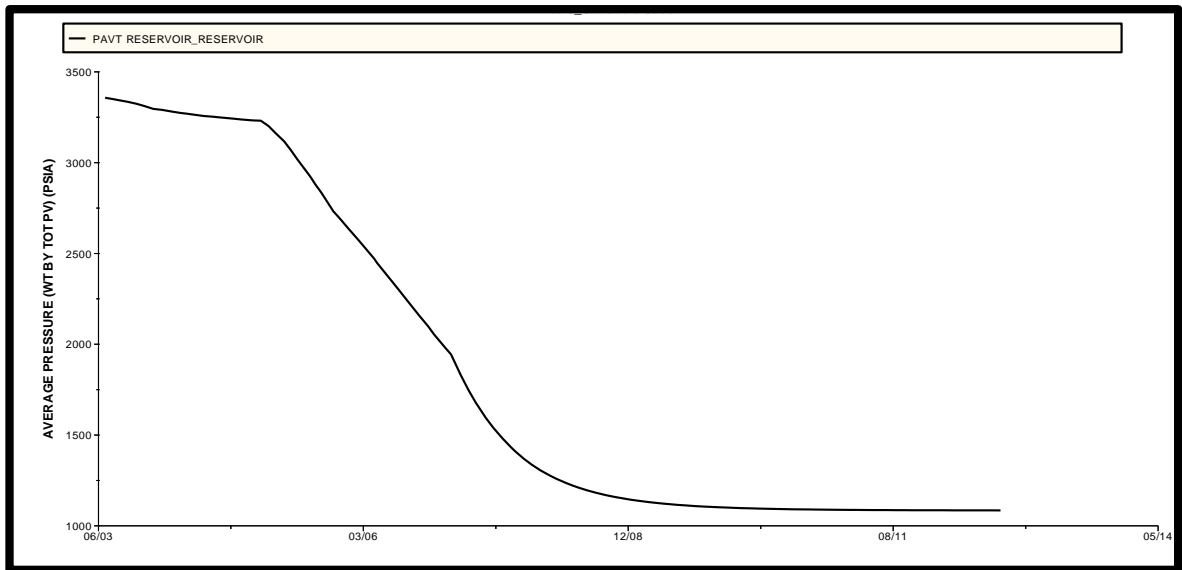
**4.1.2. Caso 1:** El desarrollo de este análisis se ejecuta bajo las mismas características implementadas en el caso base, con la diferencia, que cuando se desea sensibilizar de acuerdo a la afectación que existe en el modelo de acuerdo a la presión de fondo (BHP), los demás parámetros se mantienen estables.

**Figura 58. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 1**



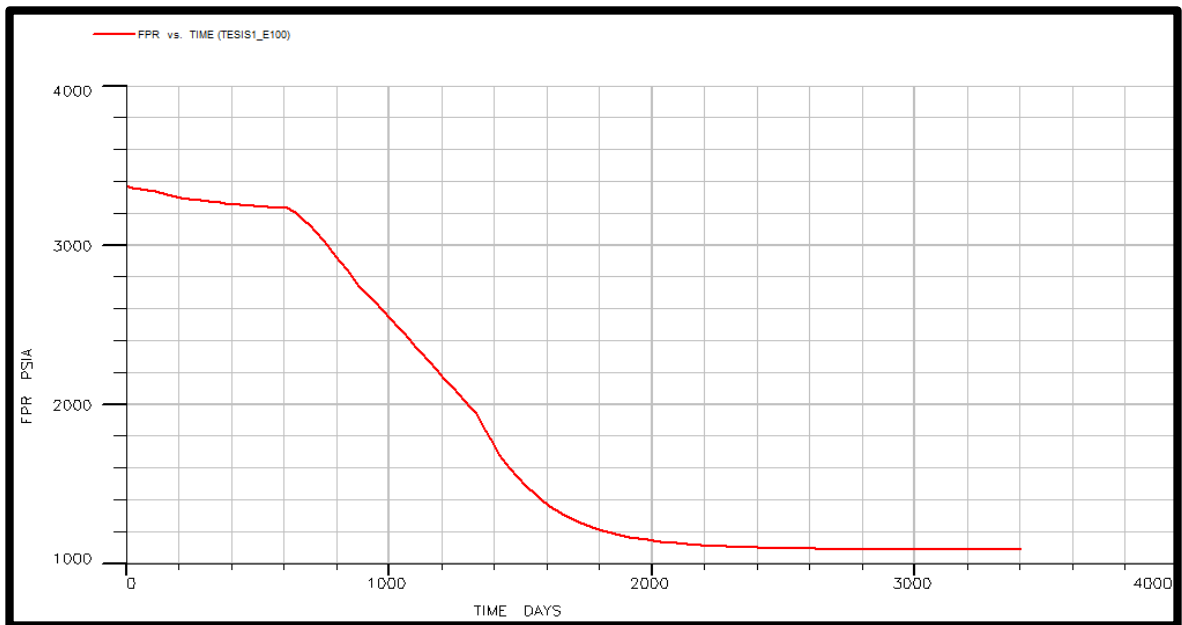
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. Nexus®View Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 59. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Nexus®**



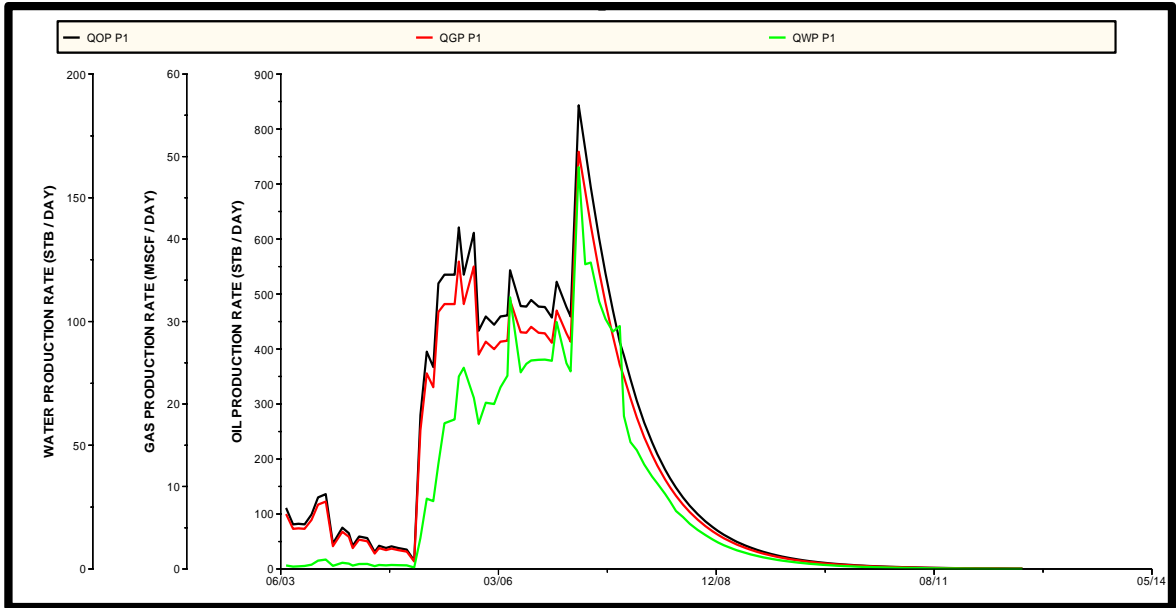
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 60. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Eclipse™**



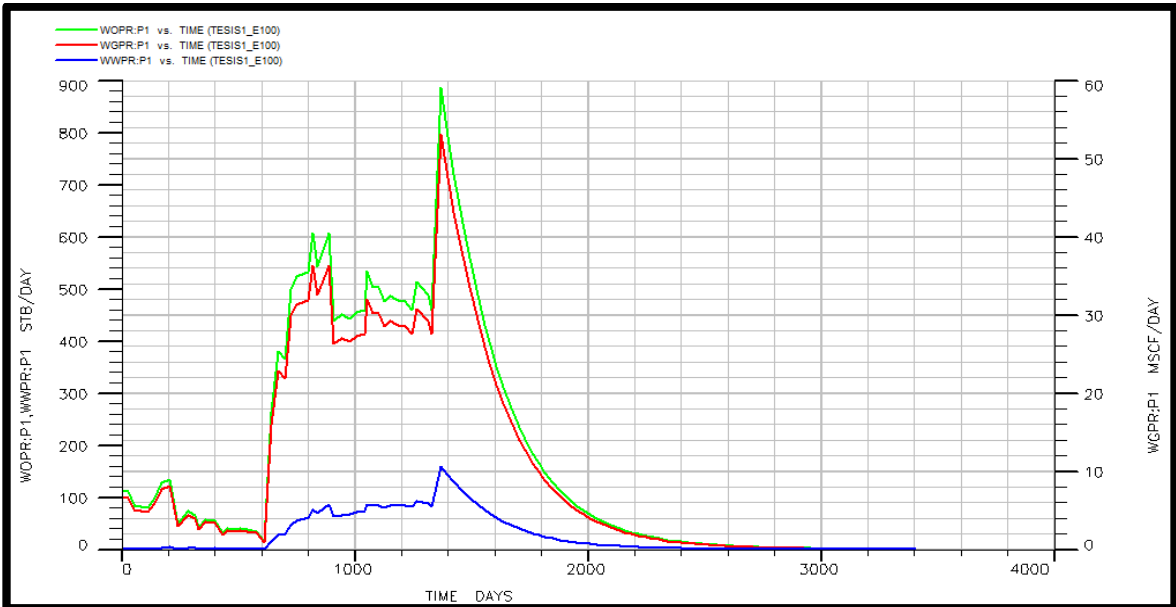
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 61. Tasa de producción por día para el caso 1 con el software Nexus®**



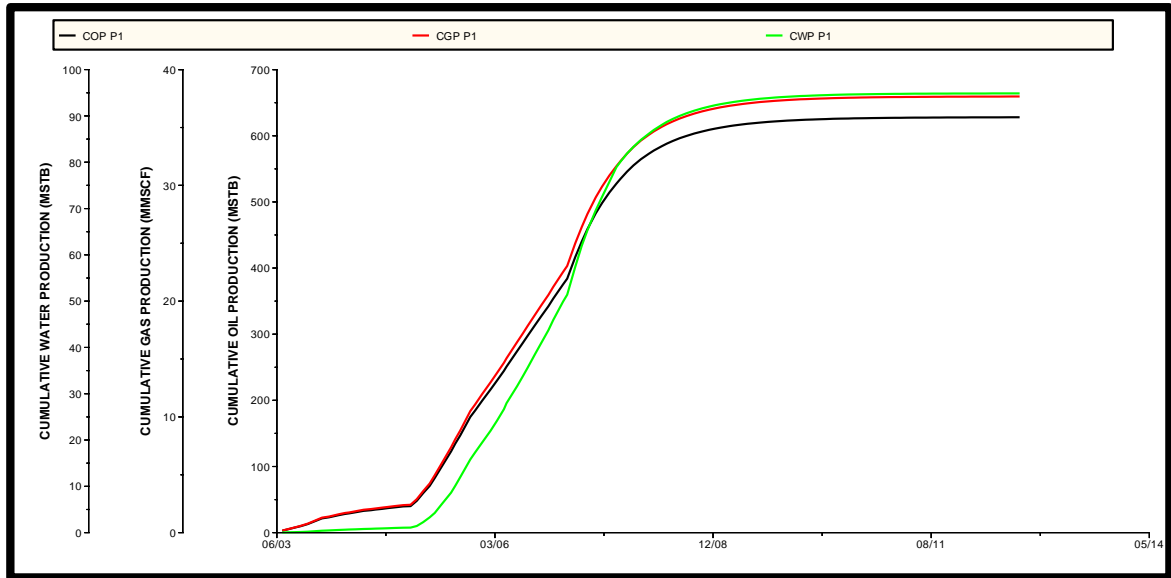
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 62. Tasa de producción por día para el caso 1 con el software Eclipse™**



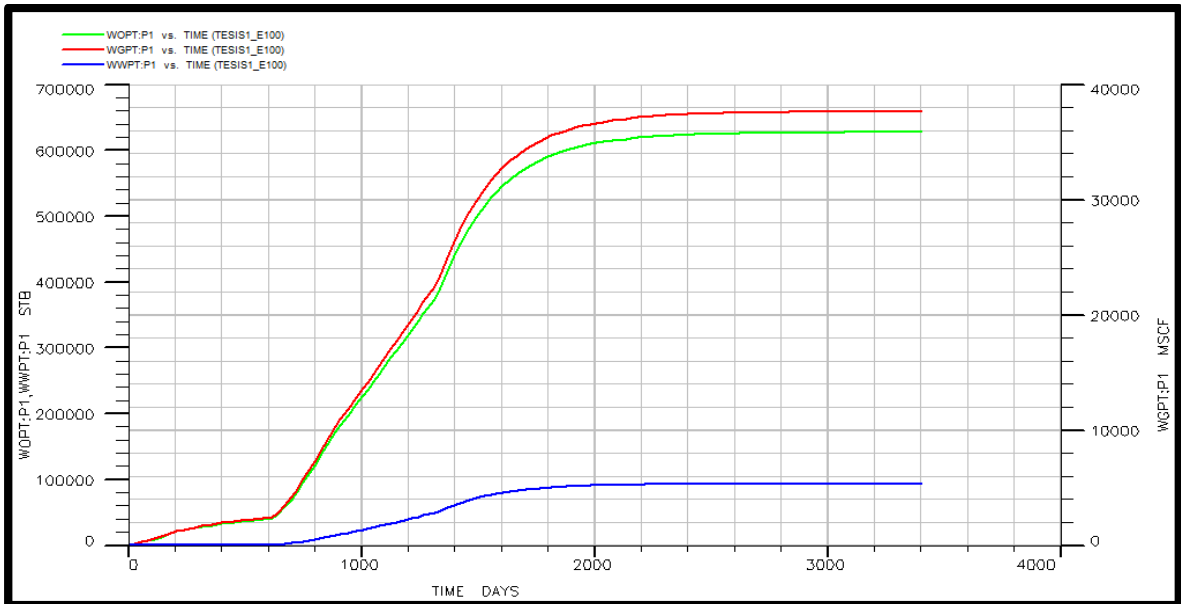
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 63. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Nexus®**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 64. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 1 con el software Eclipse™**

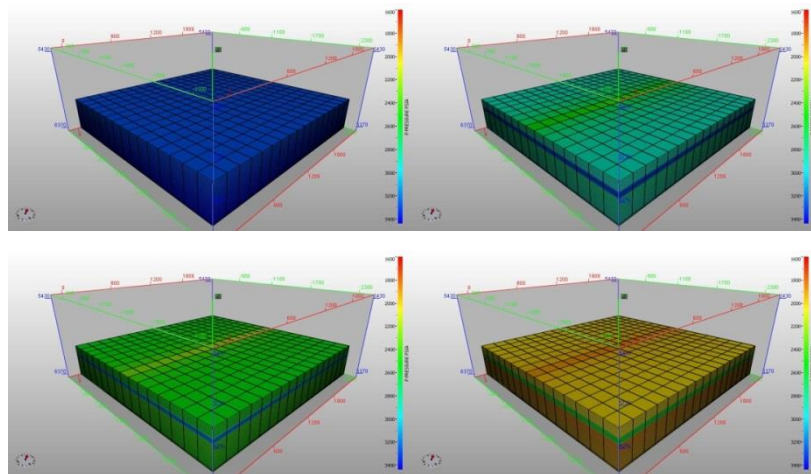


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

Las gráficas 59 a la 64, muestran una declinación contundente de la presión, aproximadamente después de los 2645 días, llegando a una presión por debajo 1090 psia. Una declinación contundente de la tasa de producción de cada uno de los fluidos, Para el agua un leve aumento, pero en términos generales estos caudales disminuyen hasta una producción de cero barriles por día, después de los 3229 días. Un aumento paulatino en la tasa de producción acumulada de los fluidos se observa en esta gráfica. Por ejemplo la producción acumulada de aceite llega a su tope aproximadamente a los 2252 días, en los cuales se evidencia un mantenimiento de la línea en alrededor de los 620.812 barriles de aceite. Información adicional se encuentra en el ANEXO A: Caso 1.

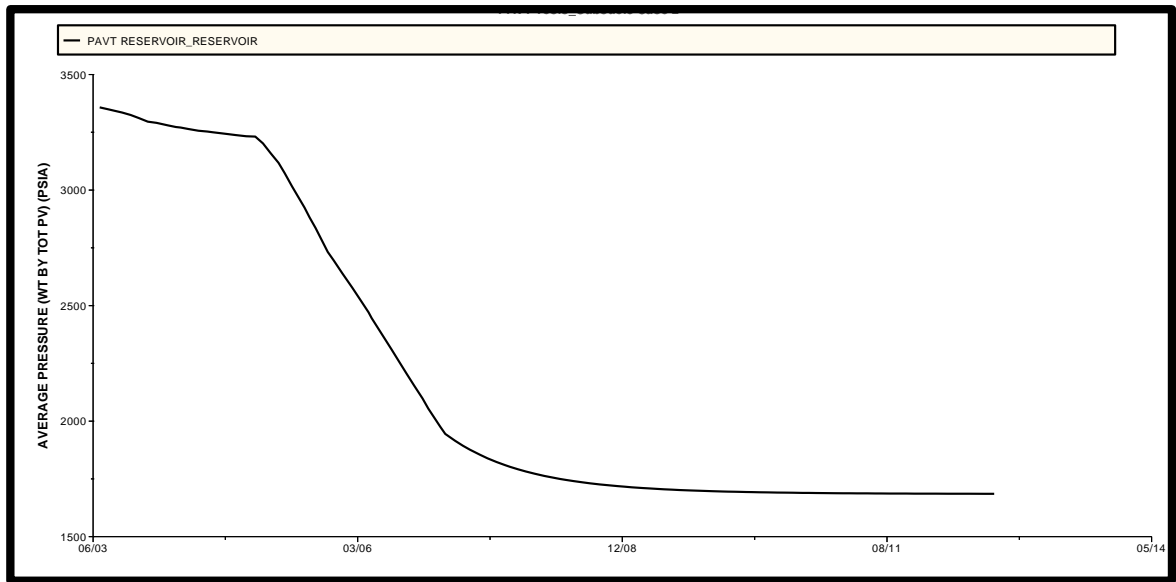
**4.1.3. Caso 2:** La configuración del modelo para este caso cumple con las mismas características implementadas en el caso base. Al igual que el caso anterior, este se sensibiliza de acuerdo a la presión de fondo, parámetro crucial para el análisis.

**Figura 65. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 2**



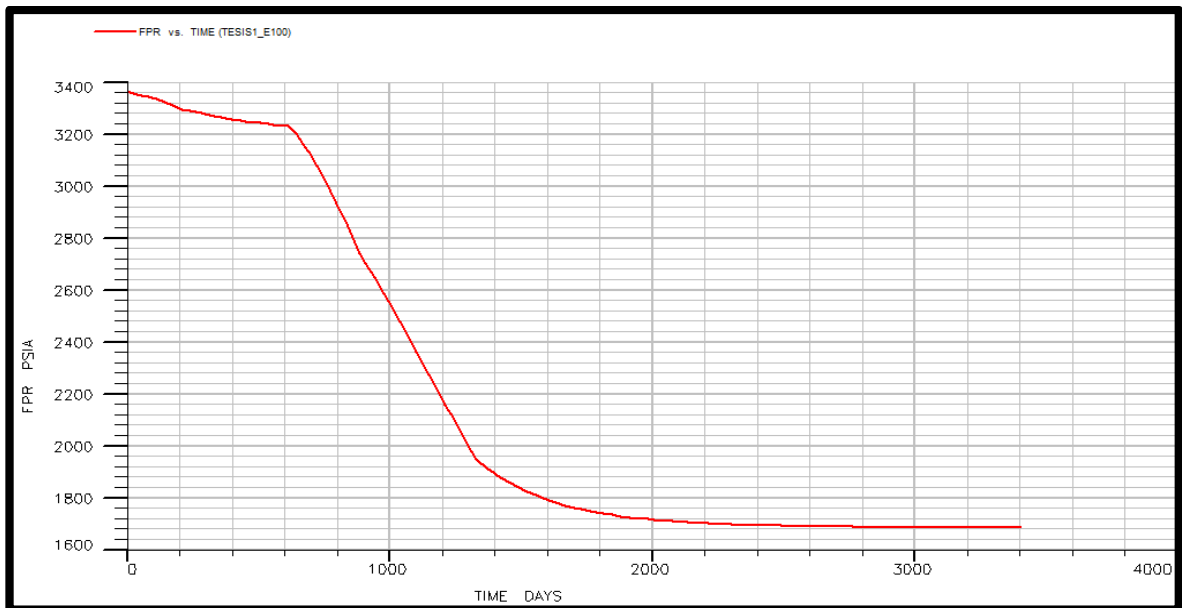
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. Nexus®View Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 66. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Nexus®**



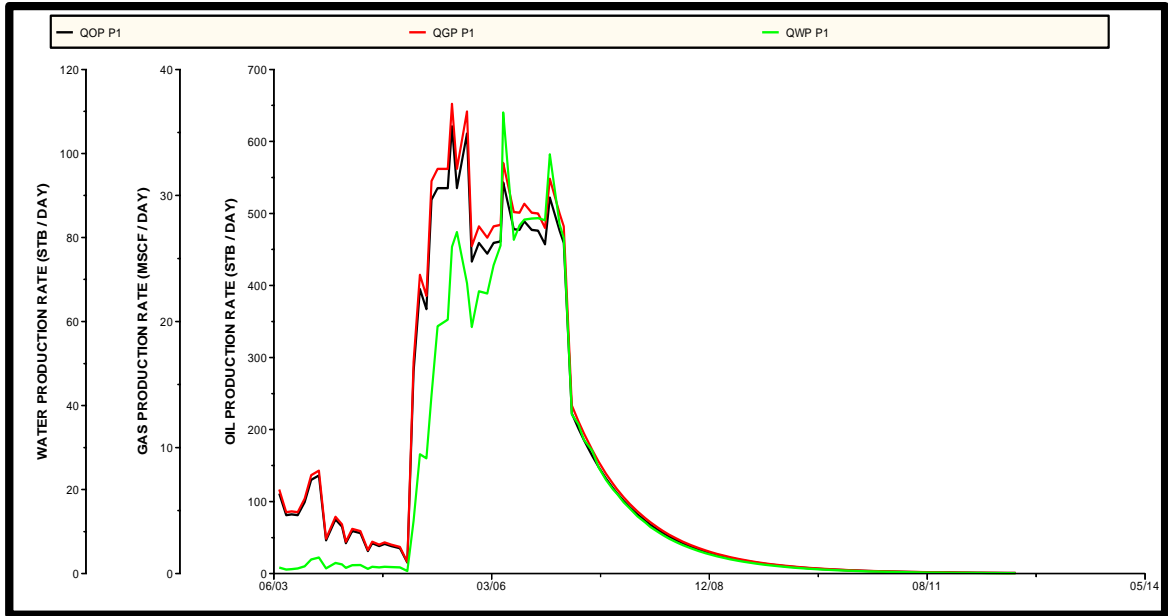
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 67. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Eclipse™**



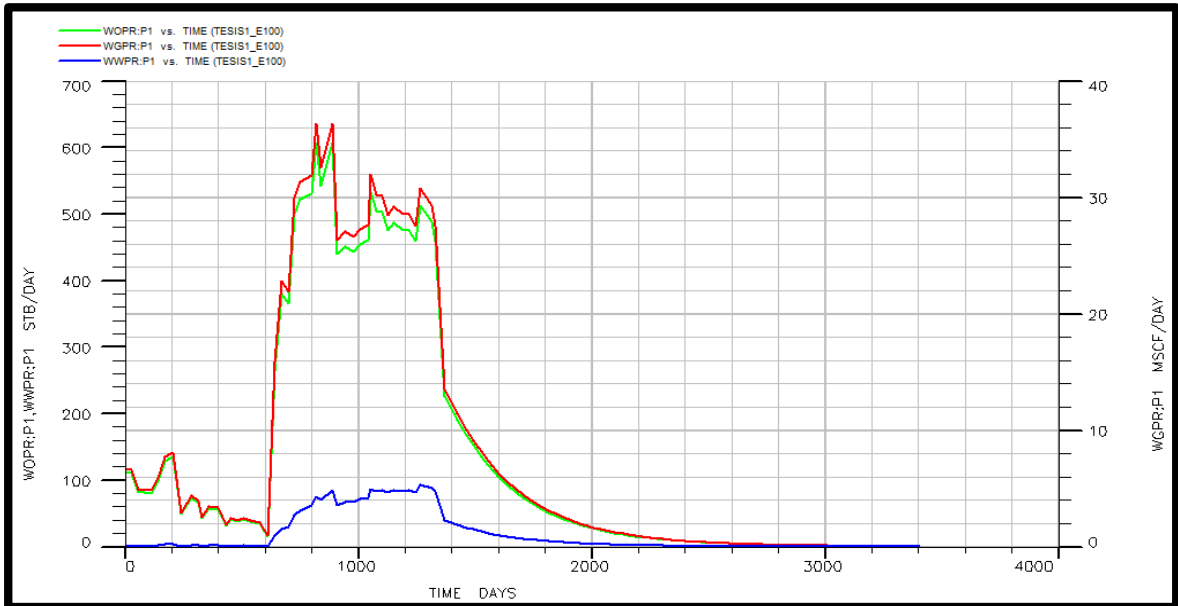
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 68. Tasa de producción por día para el caso 2 con el software Nexus®**



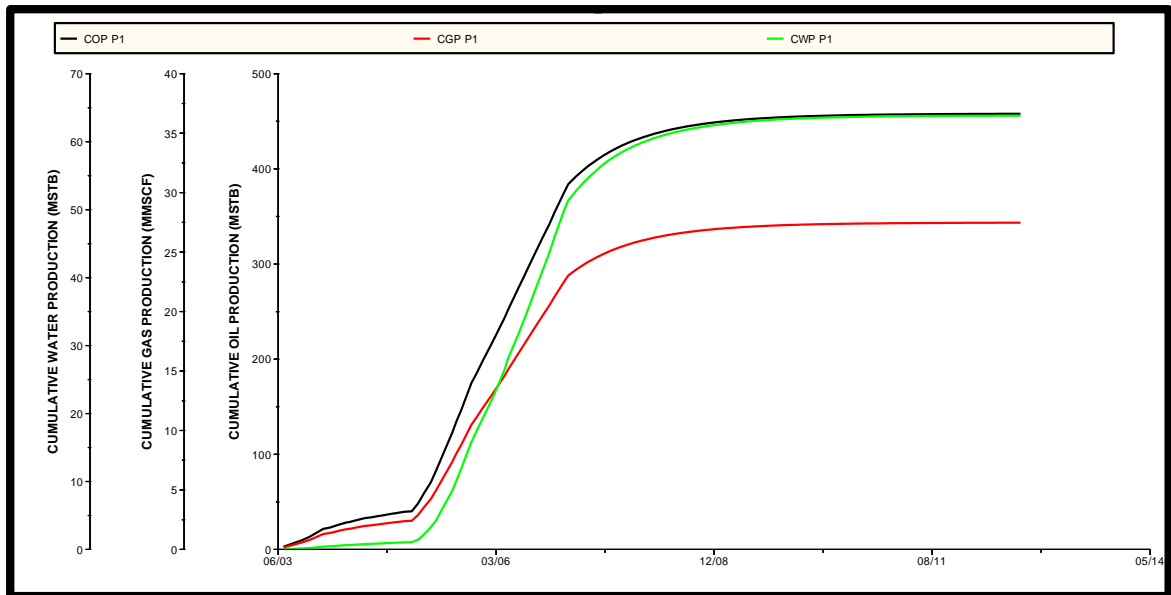
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 69. Tasa de producción por día para el caso 2 con el software Eclipse™**



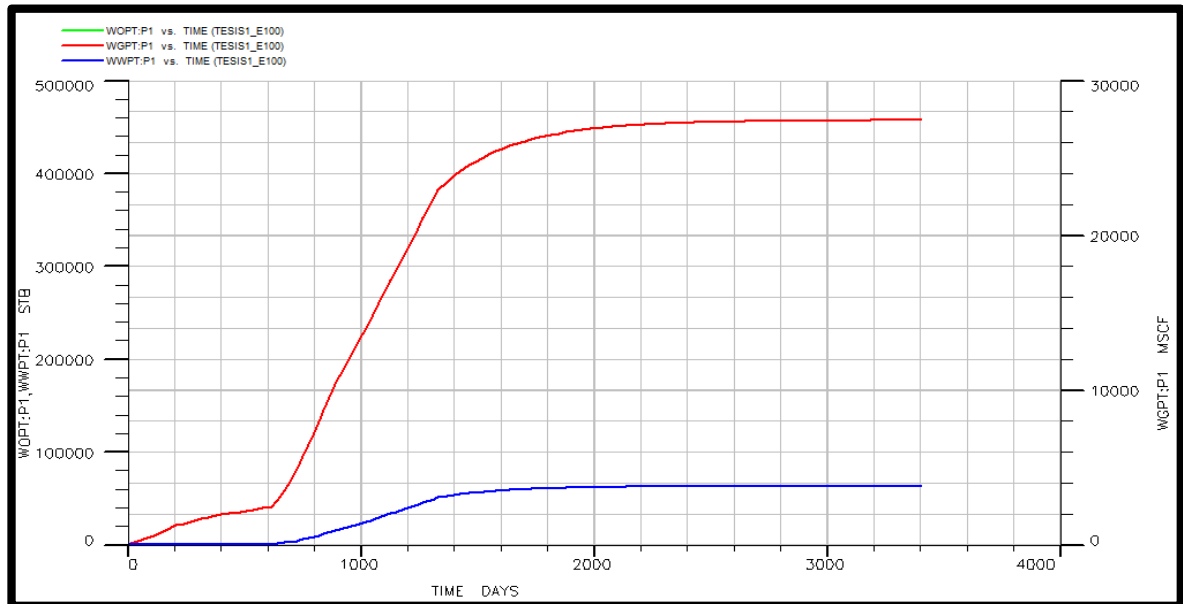
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 70. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Nexus®**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 71. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 2 con el software Eclipse™**

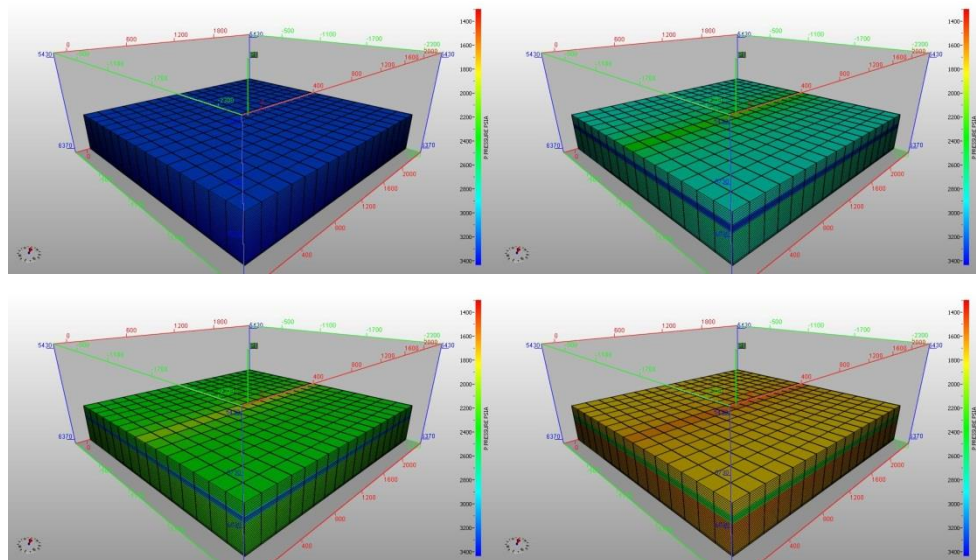


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

Se observa en las gráficas 66 a la 71, una declinación contundente de la presión a medida que el tiempo transcurre, aproximadamente después de los 2585 días, llegando a una presión de 1.690 psia, y después de este tiempo manteniéndose constante. Una declinación notoria de la tasa de producción de cada uno de los fluidos, estos caudales disminuyen hasta alcanzar una producción de cero barriles por día, aproximadamente después de los 3229 días. Un aumento moderado en la tasa de producción acumulada de los fluidos es observado. Por ejemplo la producción acumulada de aceite llega a su tope aproximadamente a los 2077 días y se evidencia un mantenimiento alrededor de los 450.521 barriles de aceite. La información adicional de los demás fluidos se encuentra en el ANEXO A: Caso 2.

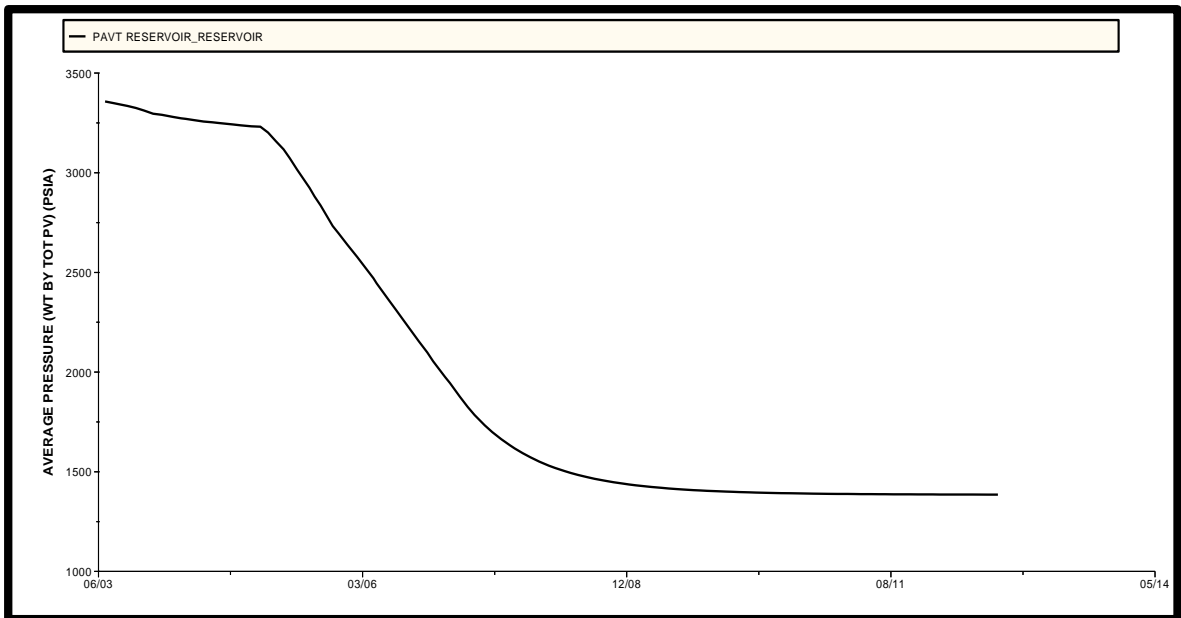
**4.1.4. Caso 3:** Es necesario que la configuración del modelo para este caso cumpla con las mismas características implementadas en el caso base. La diferencia con el caso anterior es que el parámetro a sensibilizar es el radio del pozo, manejando la misma metodología para el desarrollo del análisis.

**Figura 72. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 3**



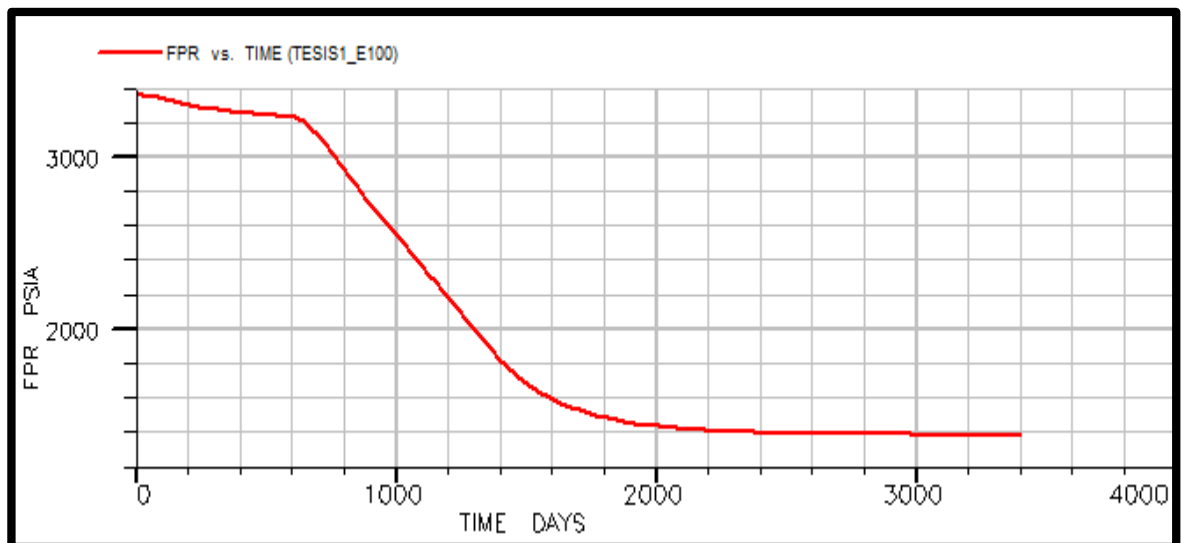
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. Nexus®View Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 73. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Nexus®**



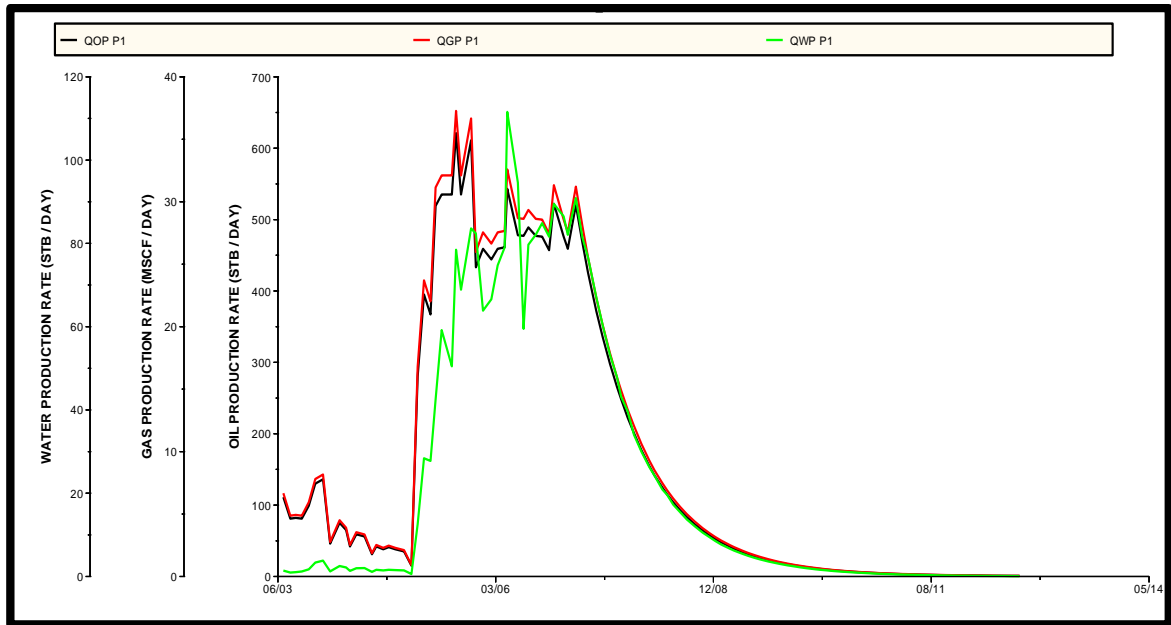
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 74. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Eclipse™**



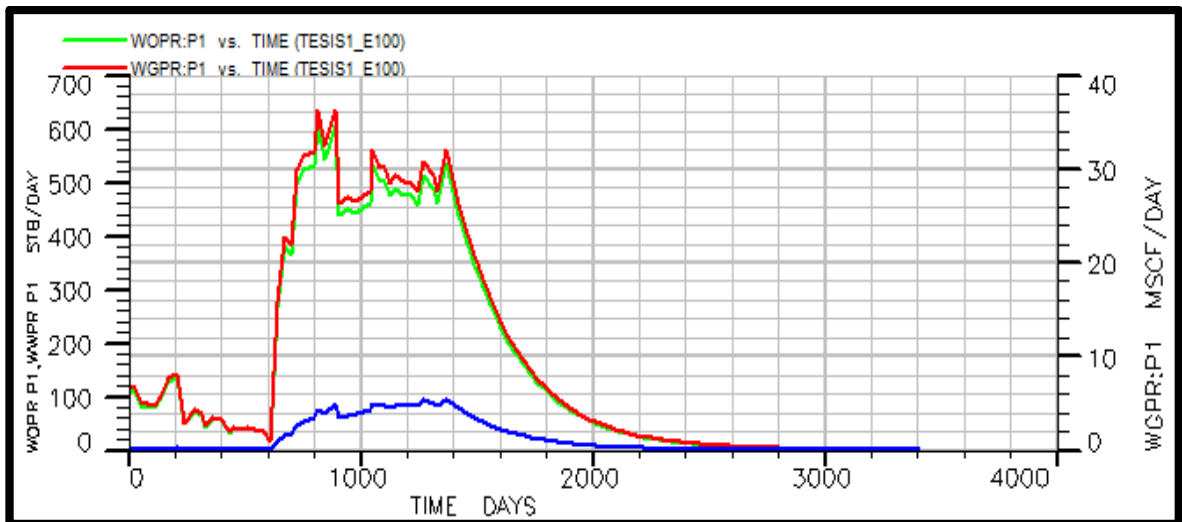
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 75. Tasa de producción por día para el caso 3 con el software Nexus®**



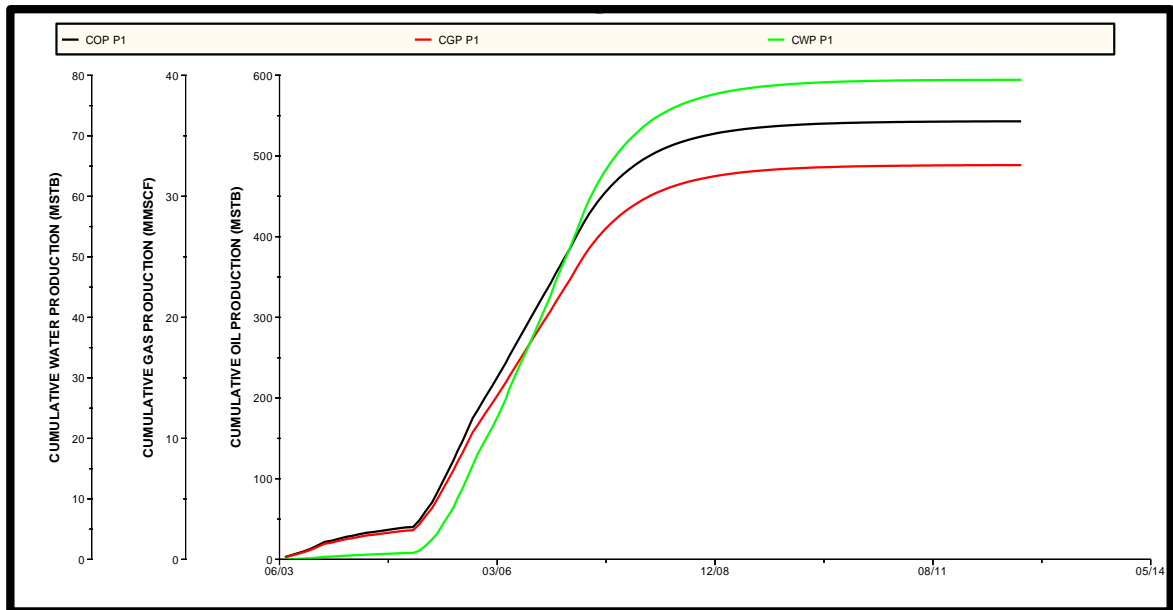
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 76. Tasa de producción por día para el caso 3 con el software Eclipse™**



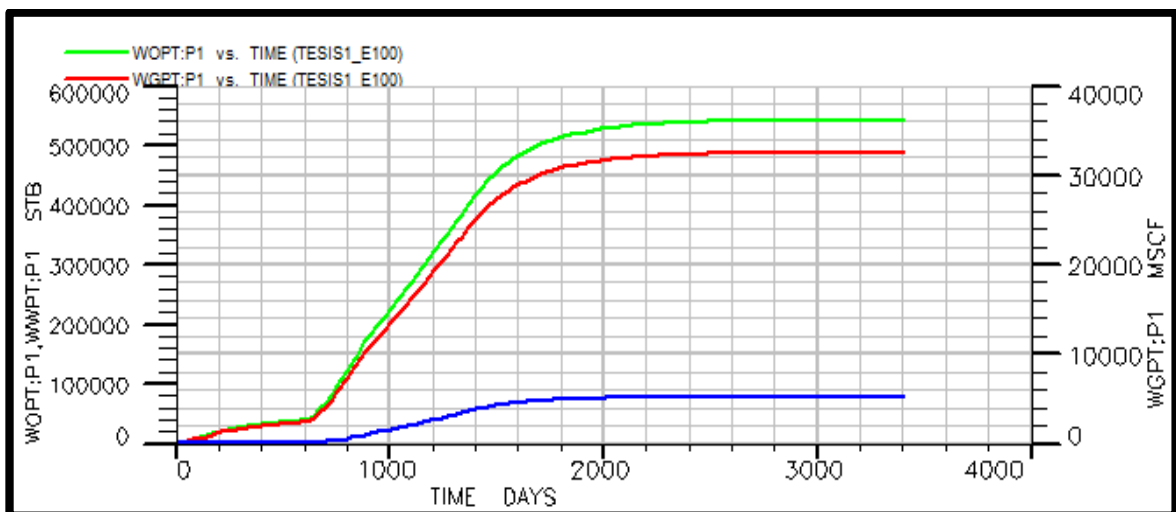
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 77. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Nexus®**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 78. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 3 con el software Eclipse™**

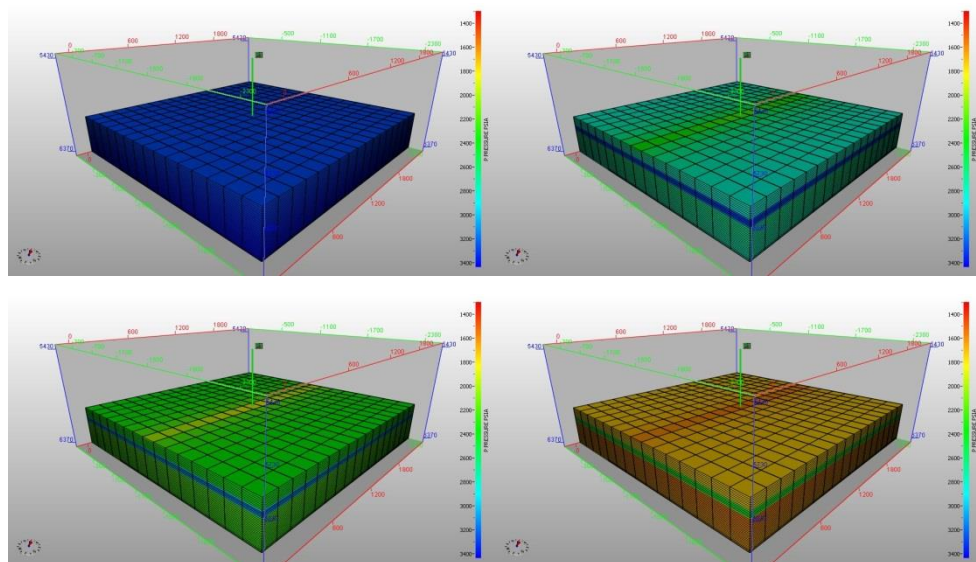


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

Se observa en las gráficas 73 a la 78, una declinación contundente de la presión a medida que el tiempo transcurre. Aproximadamente después de los 2681 días, llegando a una presión por debajo de los 1.390 psia, y después manteniéndose constante. Una declinación progresiva de la tasa de producción de cada uno de los fluidos hasta alcanzar una producción nula aproximadamente después de los 3281 días. La producción acumulada de aceite llega a su tope aproximadamente a los 2518 días, en los cuales se evidencia un mantenimiento de la línea en alrededor de los 540.159 barriles de aceite. La información adicional de los demás fluidos se encuentra en el ANEXO A: Caso 3.

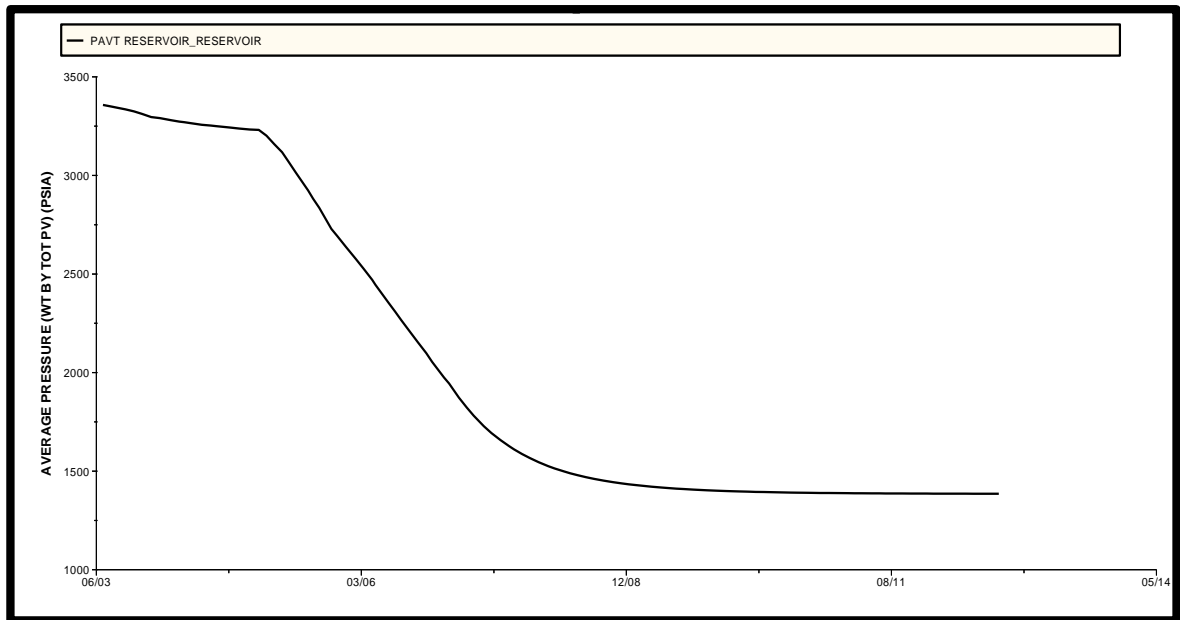
**4.1.5. Caso 4:** La configuración del modelo para este caso debe cumplir con las mismas características implementadas en el caso base. Al igual que el caso anterior el parámetro a sensibilizar es el radio del pozo, manejando la misma metodología para el desarrollo del análisis.

**Figura 79. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 4**



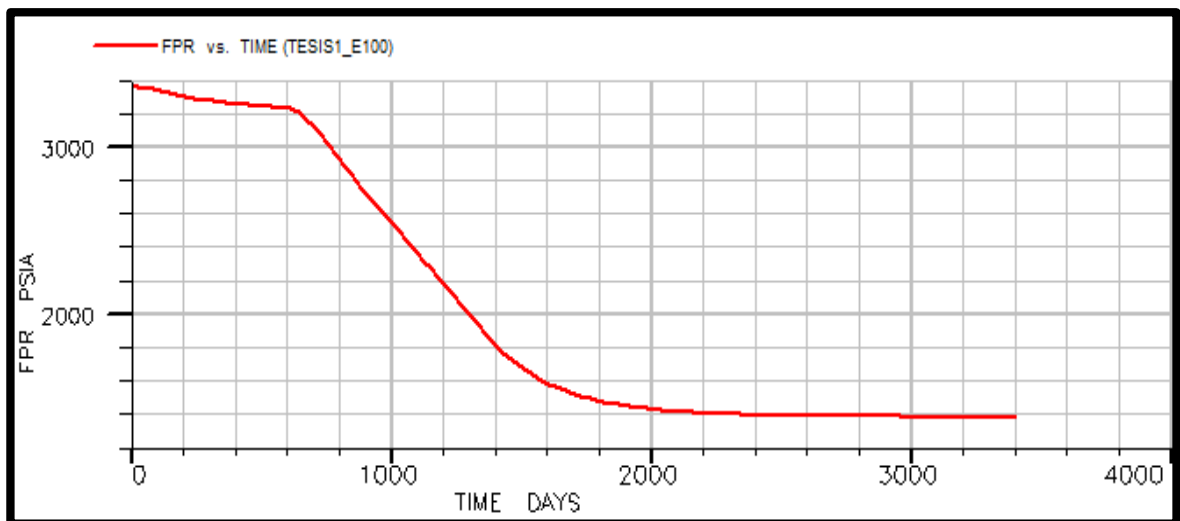
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. Nexus®View Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 80. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Nexus®**



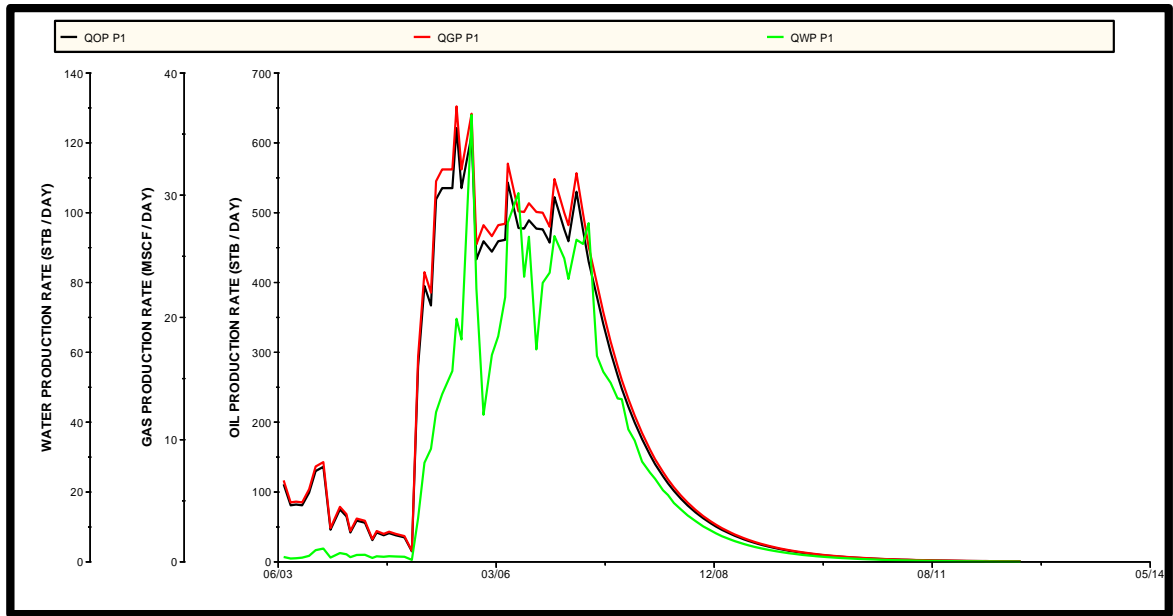
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 81. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Eclipse™**



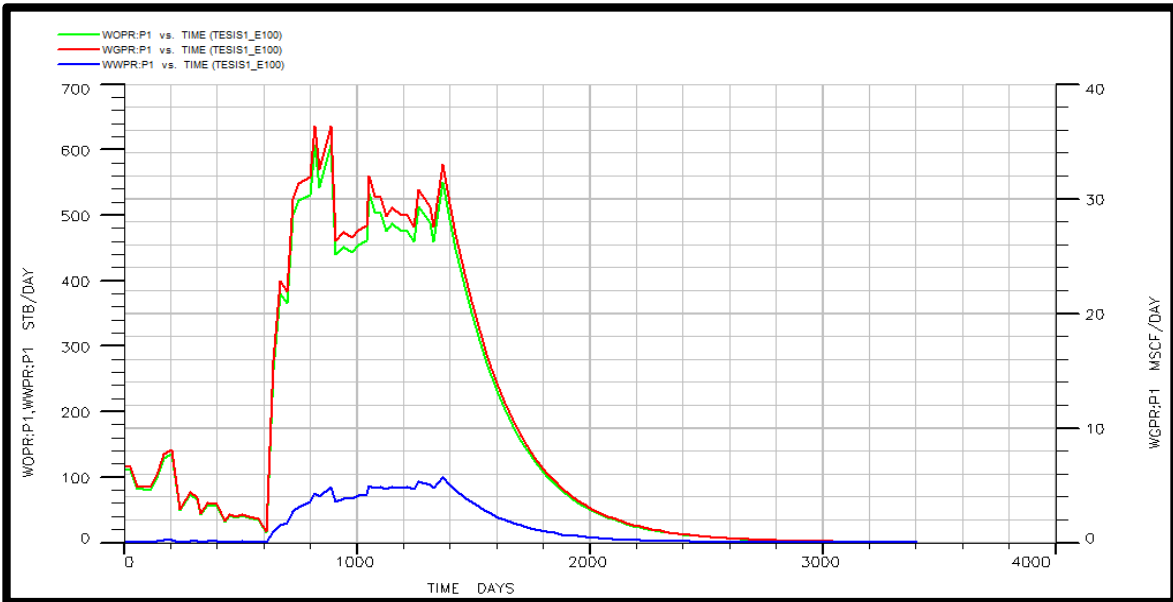
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 82. Tasa de producción por día para el caso 4 con el software Nexus®**



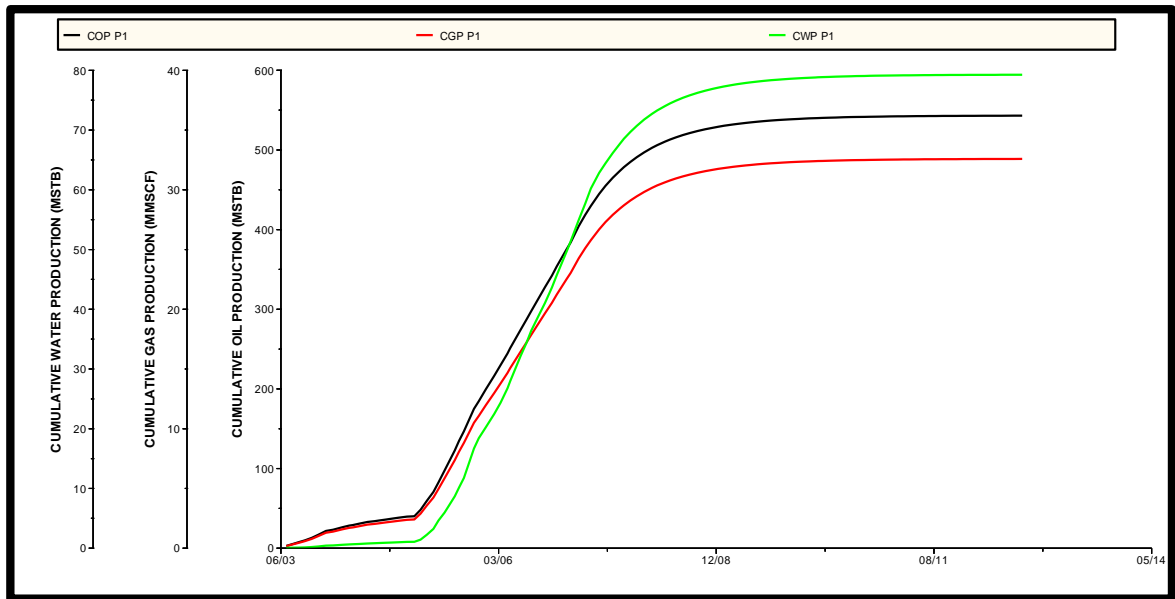
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 83. Tasa de producción por día para el caso 4 con el software Eclipse™**



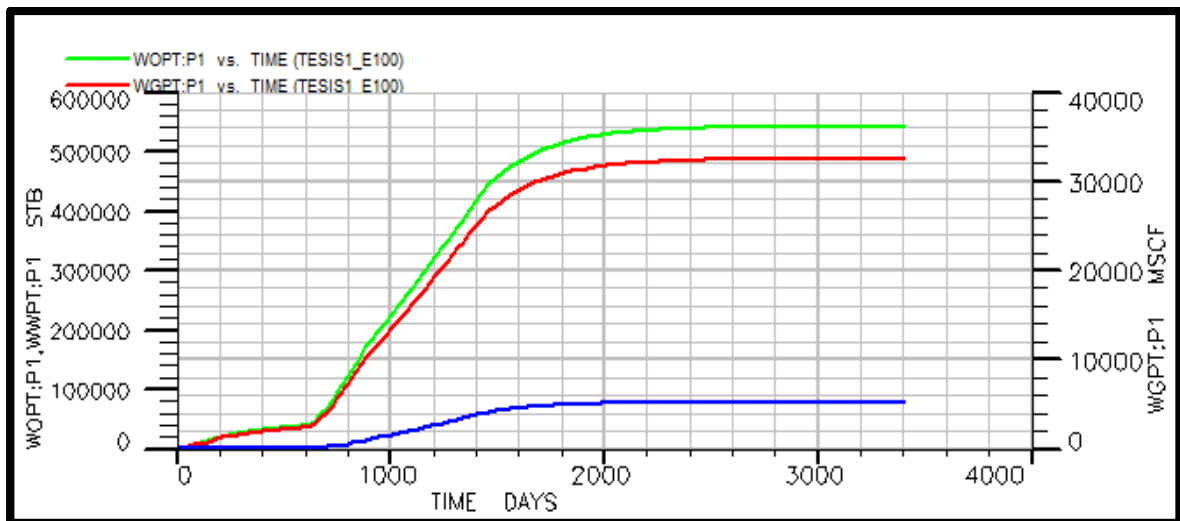
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 84. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Nexus®**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 85. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 4 con el software Eclipse™**

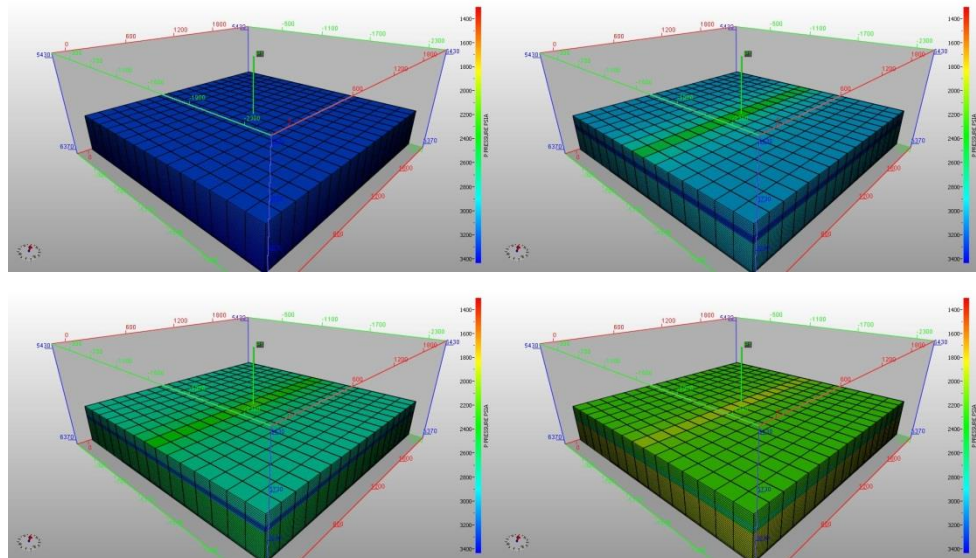


Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

Se observa en las gráficas 80 a la 85, una declinación notoria de la presión a medida que el tiempo transcurre. Aproximadamente después de los 2.645 días, llegando a una presión de 1.390 psia, y después de este tiempo manteniéndose constante. Una declinación progresiva de la tasa de producción de cada uno de los fluidos hasta alcanzar una producción de cero barriles por día, aproximadamente después de los 3.247 días. La producción acumulada de aceite llega a su tope aproximadamente a los 2.488 días, en los cuales se evidencia un mantenimiento de la línea en alrededor de los 540.147 barriles de aceite. La información adicional de los otros fluidos se encuentra en el ANEXO A: Caso 4.

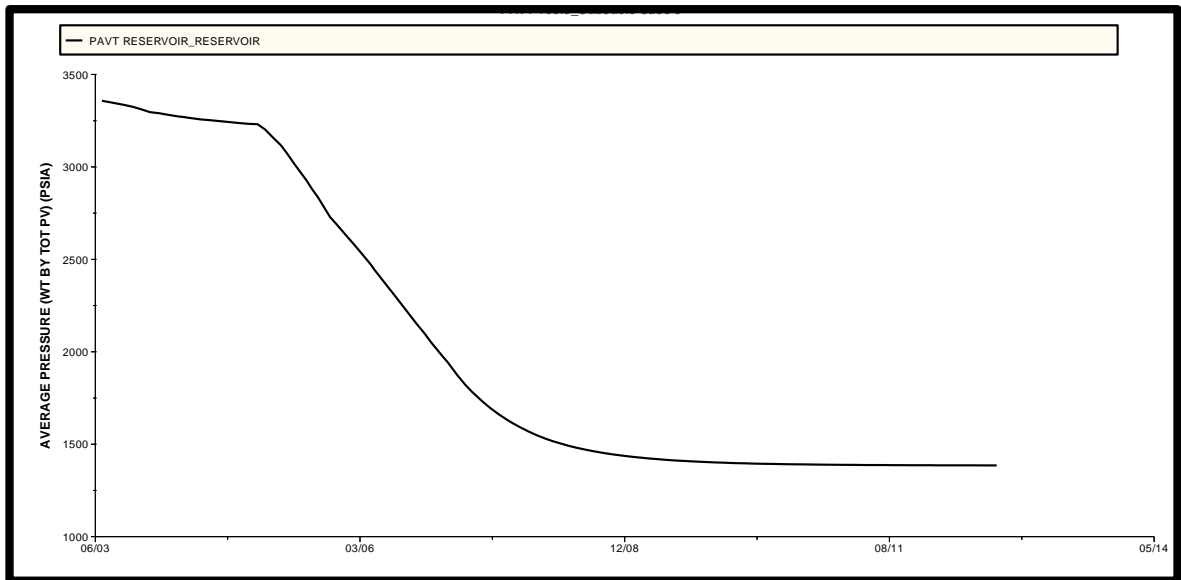
**4.1.6. Caso 5:** La configuración y características del modelo para este caso debe cumplir con los mismos parámetros y metodología implementados en el caso base. Diferenciándose al caso anterior, que el factor a sensibilizar son el número de perforaciones dentro de la zona productora.

**Figura 86. Visualización del comportamiento de la presión del modelo estudiado en NexusView® del caso 5**



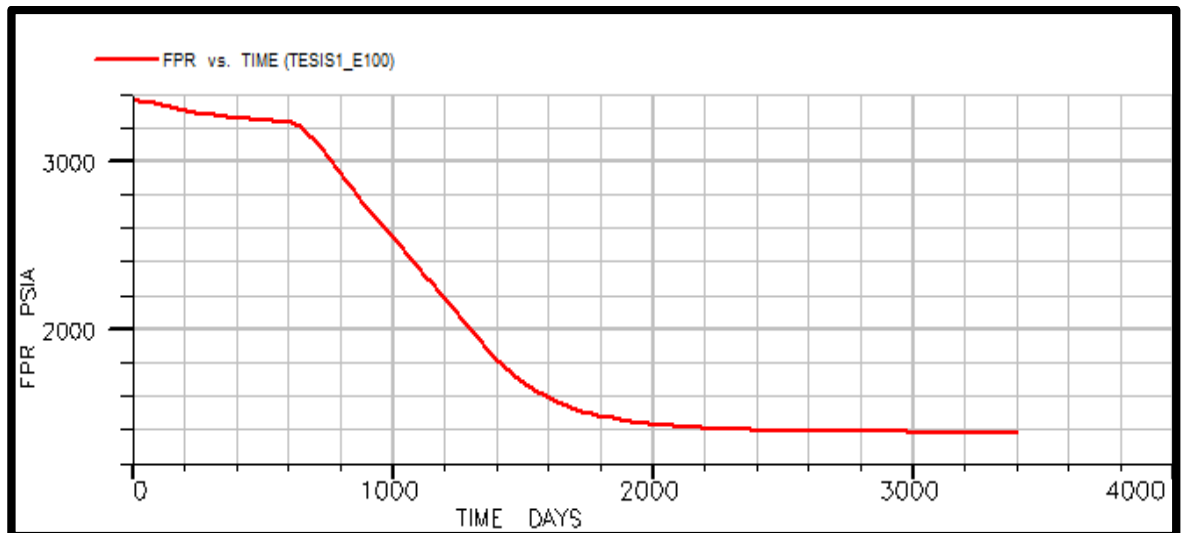
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. Nexus®View Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 87. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Nexus®**



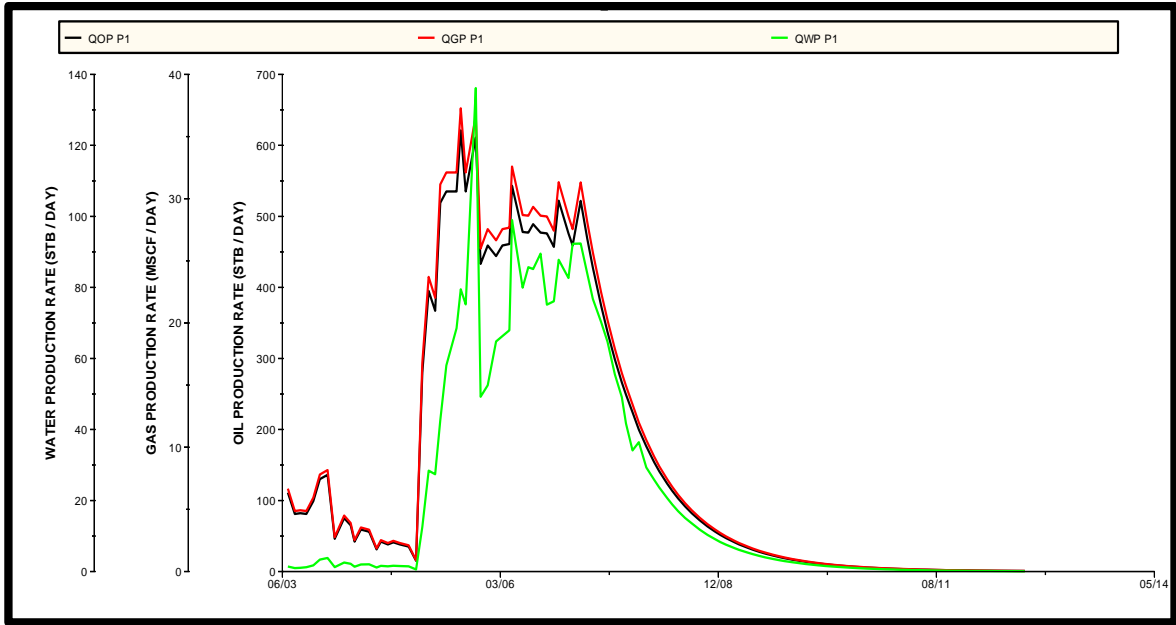
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 88. Presión promedio a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Eclipse™**



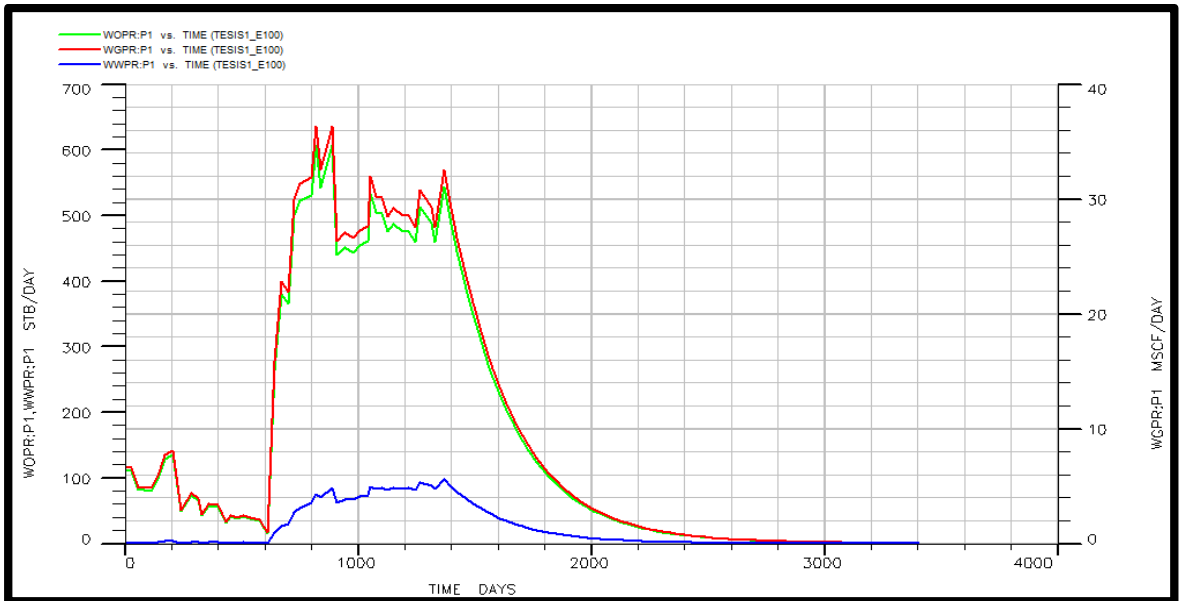
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 89. Tasa de producción por día para el caso 5 con el software Nexus®**



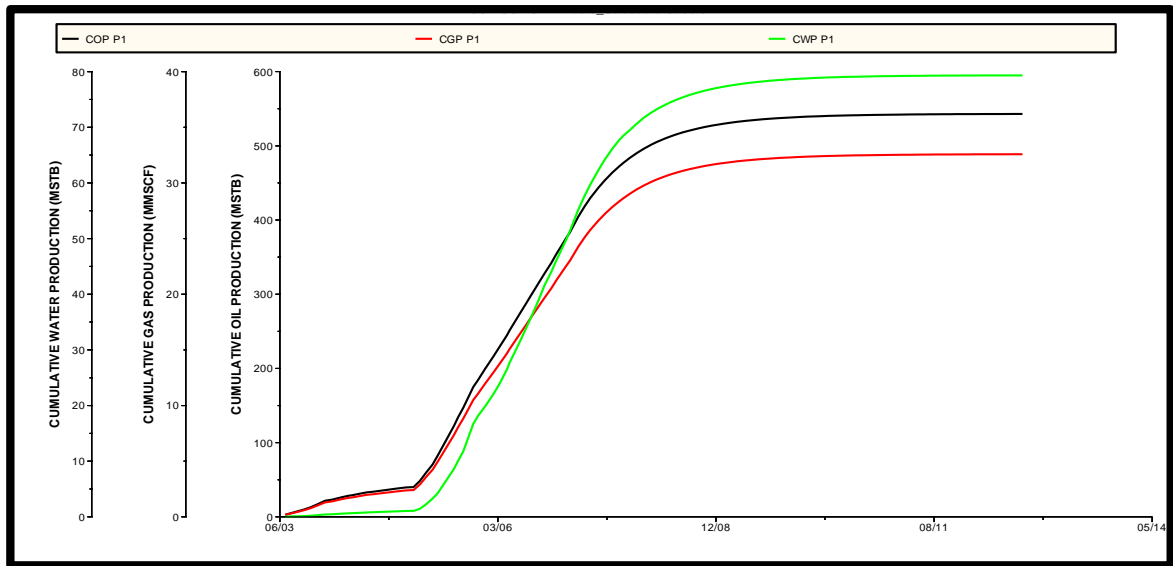
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 90. Tasa de producción por día para el caso 5 con el software Eclipse™**



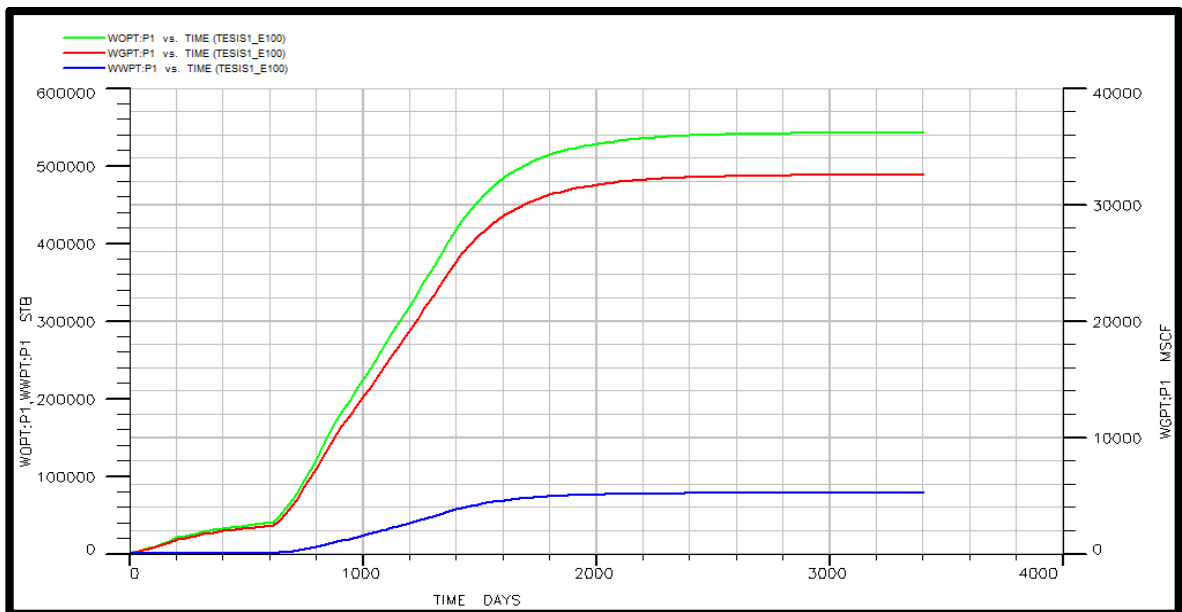
Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

**Figura 91. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Nexus®**



Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. SimResults™ Software. 2013. Houston. E.U.

**Figura 92. Tasa de producción acumulada a lo largo del tiempo para el caso 5 con el software Eclipse™**



Fuente: SCHUMBERGER. Eclipse™ Desktop. V. 2012.1. Eclipse™ Office Software. 2012. Houston. E.U.

Se observa en las gráficas de la 86 a la 91, una declinación notoria de la presión, a medida que el tiempo transcurre, pero este descenso es continuo. Al mirar el comportamiento de las gráficas en la tabla del ANEXO A: Caso 5, se percibe que la presión continua descendiendo paulatinamente hasta el final de los nueve años, con una diferencia de aproximadamente 1 psia por mes, lo cual no venía ocurriendo con los casos anteriores. Una declinación progresiva de la tasa de producción de cada uno de los fluidos hasta alcanzar una producción de cero barriles por día, aproximadamente después de los 3.281 días. Un aumento moderado en la tasa de producción acumulada de los fluidos se puede observar en las gráficas anteriores. La producción acumulada de aceite registra un tope a los 2.585 días pero su aumento se siguen prolongando hasta termina el periodo analizado, con una estimación de alrededor de unos 540.000 barriles de aceite. Información adicional se encuentra en el ANEXO A: Caso 5.

#### **4.2. SECCIÓN DE SUPERFICIE**

En el análisis de esta etapa de la simulación del modelo, es necesaria la implementación de Nexus® y PIPESIM, como herramientas que va a abarcar la sección comprendida desde el pozo hasta el sumidero en superficie. Los cuales a su vez se compararan posteriormente. Bajo la premisa que el modelo a utilizar será el mismo utilizado anteriormente para la sección de subsuelo.

Los parámetros a alterar en esta sección serán aplicados al caso base<sup>(\*)</sup>. En los cuales las condiciones del yacimiento no se cambiarán, se manejará un radio de la tubería de producción ( $R_{tb}$ ) de 4.95 pulgadas, el diámetro de las líneas de flujo en superficie ( $R_{lf}$ ) son de 12 pulgadas, la temperatura en superficie es de 60° F y la presión en cabeza (WHP) es de 100 psia.

---

(\*) Es el caso fundamental del estudio, sección 8.1.1.

Para el análisis del modelo en los dos simuladores y llevar a cabo una simulación congruente, los resultados arrojados por el simulador Eclipse de la sección de subsuelo, servirán de datos de entrada para el programa PIPESIM, conociendo con anterioridad que PIPESIM es estático en el tiempo, los datos serán tomados en un tiempo determinado de 724 Días, puesto que el ajuste de la data de producción del pozo va hasta los 672 días después de iniciada la simulación y la producción hasta este tiempo en los dos simuladores es exactamente la misma, por ende se determina estudiar y analizar el periodo de tiempo más crítico después de la calibración por el historial de producción, tiempo prudente en el cual se registrará la corrida y comparará.

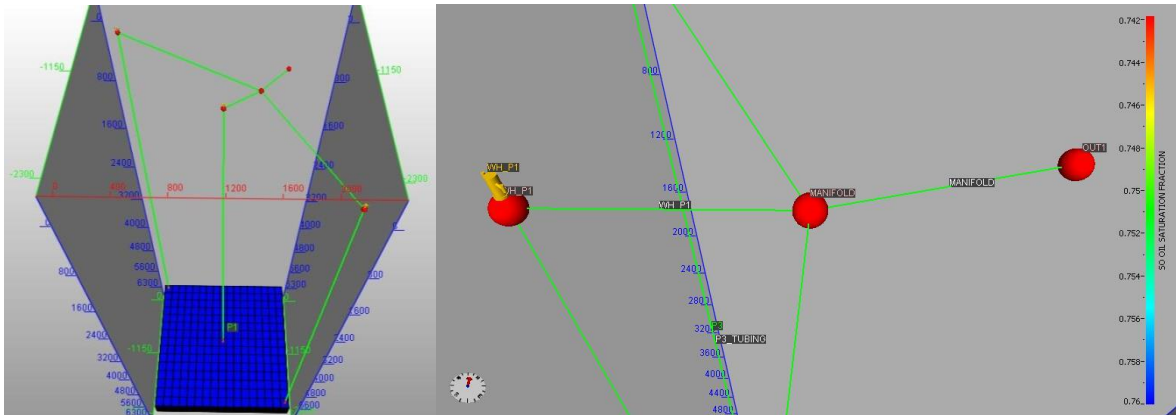
**Tabla 9. Parámetros operacionales de producción en la sección de superficie**

Caso	Magnitudes
Base	4.95 pulg, 12 pulg, 60°F. 100 psia
6	4.95 pulg, 12 pulg, 60°F. 50 psia
7	4.95 pulg, 12 pulg, 60°F. 150 psia

Con los parámetros descritos anteriormente se desarrollará la sensibilización de los resultados.

**4.2.1. Caso base:** Nexus® con su basta y robusta capacidad ha manifestado un desempeño aceptable. A continuación se muestra la distribución en superficie estudiada desde la herramienta NexusView®, la cual permite la visualización de la red de superficie en la región implementada.

**Figura 93. Visualización del modelo estudiado en NexusView® del caso base.**



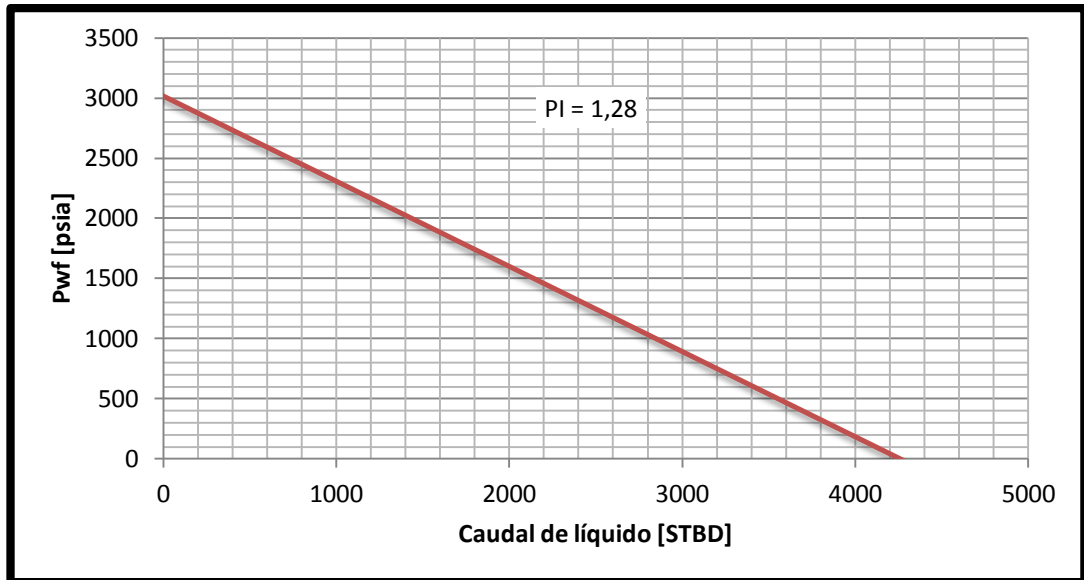
Fuente: Halliburton / Landmark Software and Services. Nexus® Desktop R5000.4.7. Nexus®View Software. 2013. Houston. E.U.

La configuración nodal en superficie está conformada por un cabezal de pozo (WH\_P1), el cual estará conectado por líneas de flujo de 12 pulgadas de diámetro a un Manifold y este a su vez tendrá una salida (OUT1) a través de líneas de flujo de 12 pulgadas hasta el sumidero o Sink.

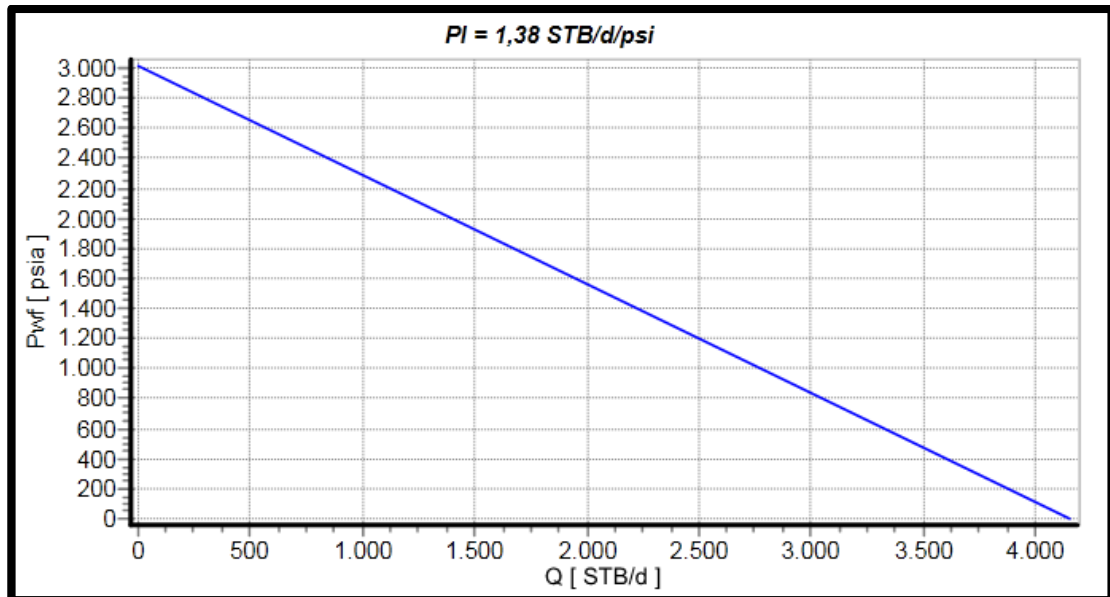
La sensibilización a continuación se sigue de acuerdo a los parámetros descritos anteriormente en la sección 4.2 y se analizarán una propiedad importante: La presión de cabeza.

Los resultados siguientes están basados a la información IPR arrojada a los 724 días después de la fecha de inicio de la corrida (13 Junio de 2003) por los simuladores Nexus® y PIPESIM. Las condiciones son: Un radio de la tubería de producción (R<sub>tb</sub>) de 4.95 pulgadas, el diámetro de las líneas de flujo en superficie (R<sub>lf</sub>) son de 12 pulgadas, la temperatura en superficie es de 60° F y la presión en cabeza (WHP) es de 100 psia.

**Figura 94. IPR para el Caso Base arrojada por el simulador NEXUS®**



**Figura 95. IPR para el Caso Base arrojada por el simulador PIPESIM**



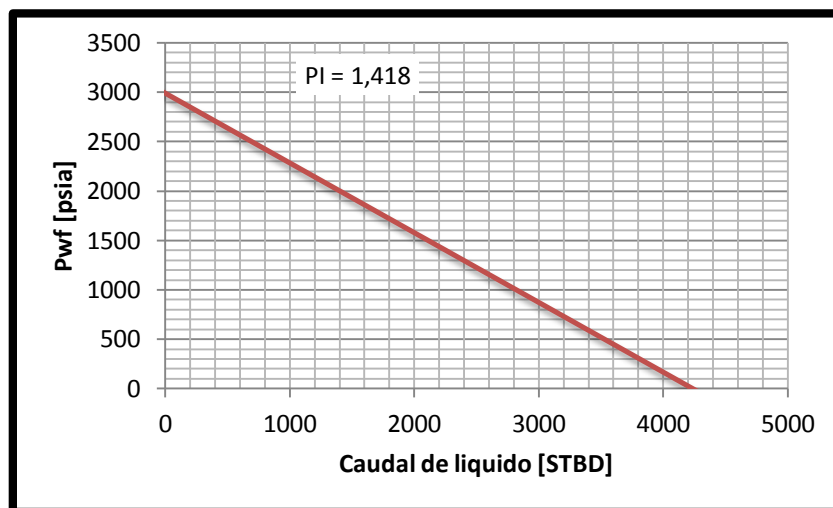
Fuente: SCHUMBERGER. Pipesim. V. 2011.1. Steady-State Multiphase Flow Simulator. 2011. Houston. E.U.

Las gráficas 94 y 95 representan la tendencia de la curva IPR para el modelo estudiado, en el cual se observa el índice de productividad (IP). Para el modelo

desarrollado en Nexus® la pendiente es igual a 0,7081 psi/stb/d, mientras que el índice de productividad para PIPESIM es 1,377910 stb/d/psi. La tasa máxima de producción de líquidos para Nexus® y PIPESIM es 4256,88 stb/d y 4153,43 stb/d respectivamente.

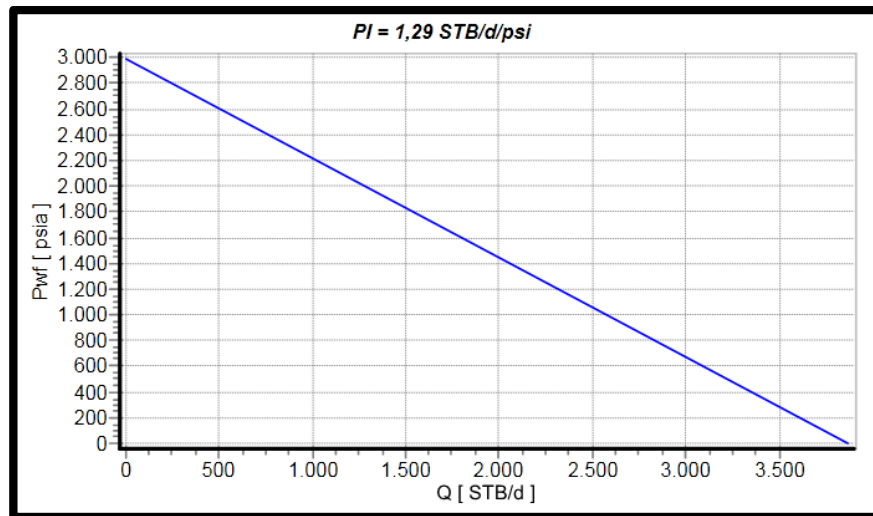
**4.2.2. Caso 6:** El desarrollo de este análisis se ejecuta bajo las mismas características implementadas en el caso base, con la diferencia, que cuando se desea sensibilizar de acuerdo a la afectación que existe en el modelo de acuerdo a la presión de cabeza (WHP), los demás parámetros se mantienen.

**Figura 96. IPR para el Caso 6 arrojada por el simulador NEXUS®**



Las gráficas 96 y 97 representan la tendencia de la curva IPR para el modelo estudiado, en el cual se observa el índice de productividad (IP). Para el modelo desarrollado en Nexus® la pendiente es igual a 0,7051 psi/stb/d, mientras que el índice de productividad para PIPESIM es 1,2943 stb/d/psi. La tasa máxima de producción de líquidos para Nexus® y PIPESIM es 4238,68 stb/d y 3868,44 stb/d respectivamente.

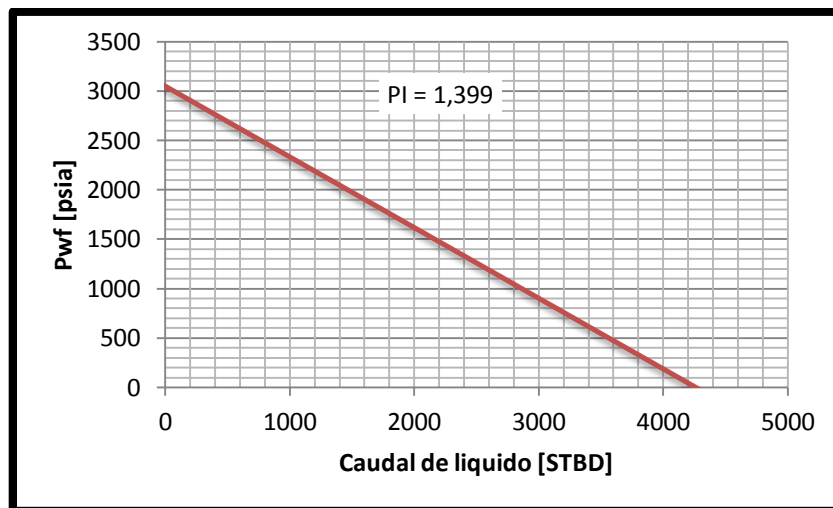
**Figura 97. IPR para el Caso 6 arrojada por el simulador PIPESIM**



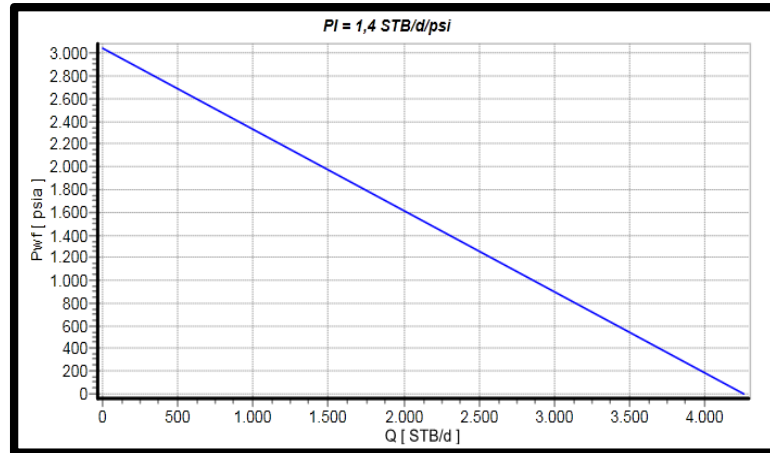
Fuente: SCHUMBERGER. Pipesim. V. 2011.1. Steady-State Multiphase Flow Simulator. 2011. Houston. E.U.

**4.2.3. Caso 7:** El desarrollo de este análisis se ejecuta bajo las mismas características implementadas en el caso base, con la diferencia, que cuando se desea sensibilizar de acuerdo a la afectación que existe en el modelo de acuerdo a la presión de cabeza (WHP), los demás parámetros se mantienen.

**Figura 98. IPR para el Caso 7 arrojada por el simulador NEXUS®**



**Figura 99. IPR para el Caso 7 arrojada por el simulador PIPESIM**



Fuente: Captura de pantalla de la herramienta IPR Module, versión 1.1. Del software PIPESIM. 1999-2002 Schlumberger

Las gráficas 98 y 99 representan la tendencia de la curva IPR para el modelo estudiado, en el cual se observa el índice de productividad (IP). Para el modelo desarrollado en Nexus® la pendiente es igual a 0,7147 psi/stb/d, mientras que el índice de productividad para PIPESIM es 1,398563 stb/d/psi. La tasa máxima de producción de líquidos para Nexus® y PIPESIM es 4260,249 stb/d y 4258,344 stb/d respectivamente. Por consiguiente el análisis se dará de acuerdo a la relación de producción del campo de crudo pesado (7,54439 grados API).

### **4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Una vez interpretados los resultados en el capítulo anterior, se continúa con el análisis de los resultados obtenidos por los diferentes simuladores. Para desarrollar el análisis se toman dos ambientes de trabajo: El subsuelo y superficie.

#### 4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE SUBSUELO

Como se ha especificado anteriormente en esta sección de la simulación las herramientas software a utilizar para el análisis de comparación son Nexus® y Eclipse™. Estos dos simuladores son dinámicos en el tiempo, con lo cual la comparación se verá reflejada por el periodo dado (Junio 13 de 2003 a Octubre 8 de 2012). Los parámetros a analizar en dicho periodo de tiempo son:

- La presión del yacimiento
- La tasa de producción de aceite
- La tasa de producción de agua
- La tasa de producción de gas
- La producción acumulada de aceite
- La producción acumulada de agua
- La tasa de producción de gas

**4.4.1. Presión de yacimiento:** Para realizar el análisis de los resultados descritos por el modelo, de acuerdo a la presión del yacimiento, se propone estudiar previamente los casos mencionados en el capítulo anterior, en el cual se mantienen las propiedades y características del yacimiento y fluidos, En donde los parámetros a evaluar son los cambios de la presión de fondo (BHP), radio del pozo (RDW) y el número de perforaciones (PERF). Los resultados de la caída de la presión de yacimiento tanto para Nexus® como para Eclipse™ se reflejan en la tabla 10, teniendo en cuenta los casos estudiados anteriormente en la tabla 8.

**Tabla 10. Presión final del yacimiento a los 1525 días**

Caso	Presión [psia]		Error [%]
	Nexus®	Eclipse™	
Base	1657,262	1657,6494	0,02337
1	1481,423	1479,6877	0,11727
2	1822,328	1822,5812	0,01389

3	1662,937	1660,4786	0,14805
4	1656,88	1655,0566	0,11017
5	1660,558	1657,9067	0,15992

La tabla 10 evidencian una gran similitud en la tendencia de los reportes de datos de la presión para el modelo analizado, tanto para Nexus® como para Eclipse™, lo cual hace de Nexus® una herramienta novedosa, aplicable y capaz de llevar a cabo la corrida de manera aceptable. Arrojando un error, en el cual los datos teóricos son los resultados arrojados por Eclipse™. Bajo estas condiciones se afirma que la variación de parámetros operativos influye muy poco en la caída de la presión del yacimiento, dando como porcentajes de error valores promedio al 0,09545%

**4.4.2. Tasa de producción de aceite:** El análisis de los resultados descritos por el modelo, de acuerdo a la tasa de producción de aceite del yacimiento, plantea mantener constantes las propiedades y características del yacimiento y fluidos, en donde los parámetros a evaluar son los cambios de la presión de fondo (BHP), radio del pozo (RDW) y el número de perforaciones (PERF). Teniendo en cuenta los casos estudiados anteriormente en la tabla 8. Los resultados de la tasa de producción de aceite en el yacimiento tanto para Nexus® como para Eclipse™ se reflejan en la tabla 11.

**Tabla 11. Tasa de producción de aceite a los 1525 días**

Caso	Caudal de aceite [STB/D]		Error [%]
	Nexus®	Eclipse™	
Base	296,1819	308,15131	3,88426
1	470,9986	489,54855	3,78920
2	131,9373	135,92189	2,93153
3	297,6409	306,75571	2,97136
4	300,1408	309,39594	2,99136
5	298,644	307,96625	3,02704

El desfase ocurrido es debido a que los timesteps que maneja cada simulador son diferentes y este es un factor importante para buscar la concordancia de los resultados. Nexus® maneja un diferencial de tiempo de 0,5 días, lo que quiere decir que cada 12 horas el simulador está reportando resultados, en cambio Eclipse™ maneja un diferencial de tiempo de 1,0 días, lo cual indica que cada 24 horas el simulador está reportando resultados, si se quiere llevarlos al mismo nivel tendría que llevar los dos simuladores a un mismo diferencial de tiempo. Para la versión que se está manejando de Nexus® el máximo diferencial de tiempo que maneja es de 0,5, ya que se está trabajando con permeabilidades muy bajas y el software no arrojaría los resultados esperados, de esta manera la opción sería cambiar los diferenciales de tiempo para Eclipse™, el cual puede manejar cualquier diferencial de tiempo sin problema, pero a la hora de visualizar los reportes en el Viewer, este acepta un mínimo de 2999 reportes para su análisis, para lo cual es un número muy pequeño ya que se estarían trabajando 7362 reportes, lo que quiere decir que 4363 reportes quedarían sin ser leídos. De este modo se optó por trabajar los diferenciales de tiempo para cada simulador por independiente.

Teniendo en cuenta que otra fuente de desfase de los resultado puede estar debido al ajuste automático que cada simulador hace, de esta manera fuera necesario tomar valores después del tiempo de calibración, para observar las diferencias entre ellos.

Bajo estas condiciones se puede observar en la tabla 11 que la influencia del cambio de los parámetros operacionales en el comportamiento de los resultados de la tasa de producción de aceite, arrojados por el simulador muestran un error promedio al 3,26579% en términos generales.

**4.4.3. Tasa de producción de agua:** El análisis de los resultados descritos por el modelo, de acuerdo a la tasa de producción de agua en el yacimiento, plantea

mantener las propiedades y características del yacimiento y fluidos, en donde los parámetros a evaluar son los cambios de la presión de fondo (BHP), radio del pozo (RDW) y el número de perforaciones (PERF). Teniendo en cuenta los casos estudiados anteriormente en la tabla 8. Los resultados de la tasa de producción de agua en el yacimiento tanto para Nexus® como para Eclipse™ a los 1525 días después de iniciada la producción.

**Tabla 12. Tasa de producción de agua del yacimiento a los 1525 días**

Caso	Caudal de agua [STB/D]		Error [%]
	Nexus®	Eclipse™	
Base	52,55898	53,713112	2,14870
1	95,8742500	86,537582	10,78915
2	22,27576	23,056063	3,38437
3	53,19926	53,455647	0,47963
4	51,25909	53,932892	4,95765
5	55,49416	53,676502	3,38632

En la tabla 12 se evidencia una similitud aceptable en los resultados, arrojando un error promedio al 4,19097%, además un pequeño desfase a tiempos tempranos de producción, pero es debido a la diferencia de los timesteps que los simuladores abordan y el ajuste histórico, esto se ve reflejado en el reporte de los resultados de cada uno de los parámetros como se explicó anteriormente.

**4.4.4. Tasa de producción de gas:** El análisis de los resultados descritos por el modelo, de acuerdo a la tasa de producción de gas en el yacimiento, plantea mantener las propiedades y características del yacimiento y fluidos, en donde los parámetros a evaluar son los cambios de la presión de fondo (BHP), radio del pozo (RDW) y el número de perforaciones (PERF). Teniendo en cuenta los casos estudiados anteriormente en la tabla 8. Los resultados de la tasa de producción de gas en el yacimiento al año después de iniciada la producción natural tanto para

Nexus® como para Eclipse™ se reflejan en la tabla 13.

**Tabla 13. Tasa de producción de gas del yacimiento a los 1525 días**

Caso	Caudal de gas [MSCF/D]		Error [%]
	Nexus®	Eclipse™	
Base	17,77092	18,489079	3,88426
1	28,25992	29,372913	3,78920
2	7,916237	8,1553135	2,93153
3	17,85846	18,405344	2,97136
4	18,00845	18,563755	2,99136
5	17,91864	18,477974	3,02704

Bajo estas condiciones también se puede observar que la influencia del cambio de los parámetros operativos en el modelo, en los resultados de la tasa de producción de gas es mínima, arrojando un error promedio al 3,26579%.

**4.4.5. Tasa de producción acumulada de aceite:** Para el análisis de los resultados presentados por el modelo, de acuerdo a la tasa de producción acumulada de aceite del yacimiento, es importante al igual que los estudios de los factores previos, mantener invariantes las propiedades y características del yacimiento y los fluidos, en el cual los parámetros a evaluar se implementaron de la misma forma que en los casos anteriores (mirar tabla 8). Los resultados de la tasa de producción acumulada de aceite en el yacimiento al cabo de un años después para Nexus® como para Eclipse™ como muestra en la tabla 14.

En la tabla 14 se evidencia la poca influencia que tiene la variación de los parámetros operacionales tomados al modelo, respecto a la producción acumulada de aceite, ya que el error marcado promedio a 0,08713%.

**Tabla 14. Tasa de producción acumulada de aceite del yacimiento a los 1525 días**

Caso	Tasa de producción acumulada de aceite [STB]		Error [%]
	Nexus®	Eclipse™	
Base	465017	464430,63	0,12623
1	514245,3	514646,34	0,07793
2	418335,7	417757,37	0,13844
3	463412	463630,47	0,04712
4	465047,3	465163,87	0,02506
5	463855,5	464357,13	0,10803

**4.4.6. Tasa de producción acumulada de agua:** Es importante al igual que en los estudios de los factores anteriores, mantener constantes las propiedades y características del yacimiento y los fluidos para el análisis de los reportes arrojados por los simuladores para el modelo, en el cual los parámetros a evaluar se implementaron de la misma forma que en los casos descritos en la tabla 8. Los resultados de la tasa de producción acumulada de agua en el yacimiento tanto para Nexus® como para Eclipse™, 1525 días después de iniciada la producción, se muestra a continuación.

**Tabla 15. Tasa de producción de agua del yacimiento a los 1525 días**

Caso	Tasa de producción acumulada de agua [STB]		Error [%]
	Nexus®	Eclipse™	
Base	66066,4	65559,328	0,77346
1	75772,58	74727,734	1,39820
2	57421,68	57140,914	0,49136
3	65770,25	65415,125	0,54288
4	66166,36	65691,055	0,72355
5	66134,63	65546,563	0,89717

En la tabla 15 se puede observar que a medida que se produce bajo las mismas condiciones, los resultados al cabo del primer año para Nexus® y Eclipse™, son muy cercanos, arrojando errores inferiores al 0,80444%, lo que indica que la influencia del cambio de los parámetros operacionales es muy poca, pero mostrando que el parámetro que más influye es cuando se altera el número de perforaciones y se seleccionan las que más producen.

**4.4.7. Tasa de producción acumulada de gas:** Al igual que en los estudios de los factores anteriores, mantener constantes las propiedades y características, tanto del yacimiento como de los fluidos es la base fundamental para el análisis de los reportes de la producción acumulada de gas arrojados por los simuladores, en el cual los parámetros a evaluar se implementaron de la misma forma que en los casos anteriores (mirar tabla 8) Los resultados de la tasa de producción acumulada de gas en el yacimiento tanto para Nexus® como para Eclipse™ se ilustran en la tabla 16.

**Tabla 16. Tasa de producción de gas del yacimiento a los 1525 días**

Caso	Tasa de producción acumulada de gas [MSCF]		Error [%]
	Nexus®	Eclipse™	
Base	27901,01	27865,836	0,12623
1	30854,72	30878,781	0,07792
2	25100,14	25065,443	0,13843
3	27804,72	27817,828	0,04712
4	27902,84	27909,832	0,02505
5	27831,33	27861,428	0,10803

En la tabla 16 se puede observar que a medida que se produce bajo las mismas condiciones, los resultados al cabo del primer año para Nexus® y Eclipse™ son muy cercanos, arrojando un error promedio al 0,08713%, lo que indica que la influencia del cambio de los parámetros operacionales es muy poca, pero

mostrando que el parámetro que más influye es cuando se aumenta la presión de fondo y se alteran las perforaciones.

**4.4.8. Análisis general:** Al realizar la comparación entre los datos de producción arrojados por ambos simulados contra los datos reales del campo se obtiene una desviación de alrededor del 9% para Eclipse y del 4% para Nexus®. Al analizar estos resultados se observa que Nexus es más aproximado sin embargo este discrimina factores que son importantes en la producción de crudo pesado como lo es la temperatura.

**Tabla 17. Errores promedios medidos a los 1525 días para los casos de subsuelo**

Factor de análisis	desviación promedio [%]
Presión	0,09545
Tasa de aceite	3,26579
Tasa de agua	4,19097
Tasa de gas	3,26578
Acumulado de aceite	0,08713
Acumulado de agua	0,80444
Acumulado de gas	0,08713

En el desarrollo del análisis general es necesario partir de todas las gráficas generadas por Nexus® como por Eclipse™ y anclarlas de acuerdo al parámetro analizado, es decir de acuerdo a las tasa de producción de fluidos, la caída de presión y las tasas acumuladas de los fluidos, como se muestra en el ANEXO B. En este se demuestra que las tendencias de las curvas son muy similares, observando casi una sola línea para cada uno de los simuladores, además se evidencia el caso con la mayor producción de fluidos es el caso 1, en el cual se alteró la presión de fondo (BHP) a una menor, sin embargo el yacimiento se depletó mas y en un corto

periodo de tiempo, para el cual un arreglo como el que propone en el caso 5 podría ser el indicado, ya que el lapso de producción es más lento y conociendo las capas del yacimiento con mayor permeabilidad, se podría reubicar las perforaciones y optimizar la producción.

#### **4.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE SUPERFICIE.**

En esta sección del análisis de las simulaciones realizadas con los programas Nexus® y PIPESIM, se precisa en la curva de la relación del comportamiento del influjo en un tiempo determinado, debido a que uno de estos simuladores (PIPESIM) es un software estático. De esta manera se desarrolla la comparación tomando como una fecha de predicción, dos años después de iniciada la producción (724 días).

El factor escogido para abordar el análisis fue el índice de productividad (J o PI), en donde a través de la variación la presión de cabeza (WHP), el cual es un parámetro de producción influenciado, de gran importancia y afectación, se procederá el análisis.

**4.5.1. Índice de productividad:** El análisis de los resultados referidos por el modelo, de acuerdo a la curva de relación del comportamiento del influjo (IPR). Para el desarrollo es preciso aclarar que las condiciones del yacimiento y fluidos se mantienen constantes dependiendo del caso (mirar tabla 9.). En donde el parámetro a evaluar es el cambio de la presión en cabeza (WHP). Los resultados de la curva IPR para el pozo tanto en Nexus® como para Eclipse™ se reflejan en las siguientes gráficas.

Figura 100. Curva IPR para el caso base

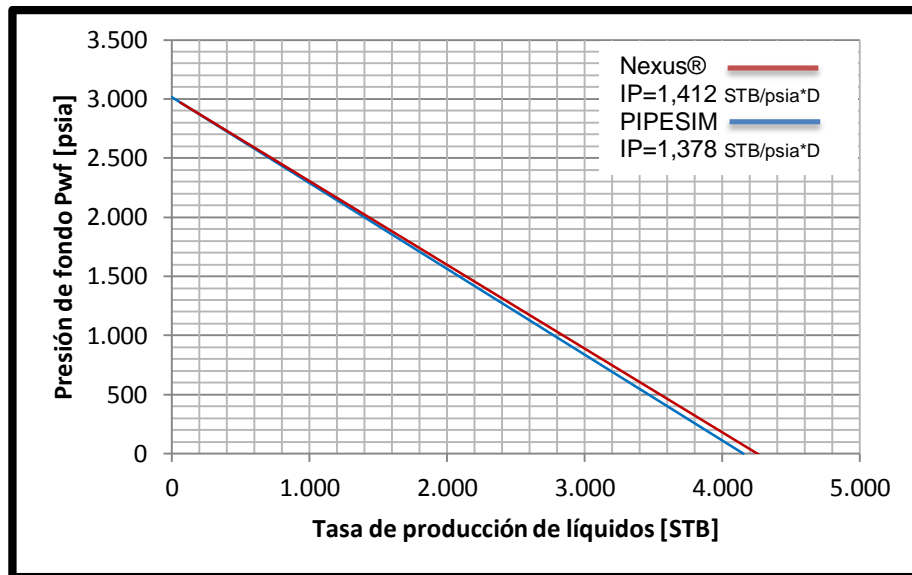
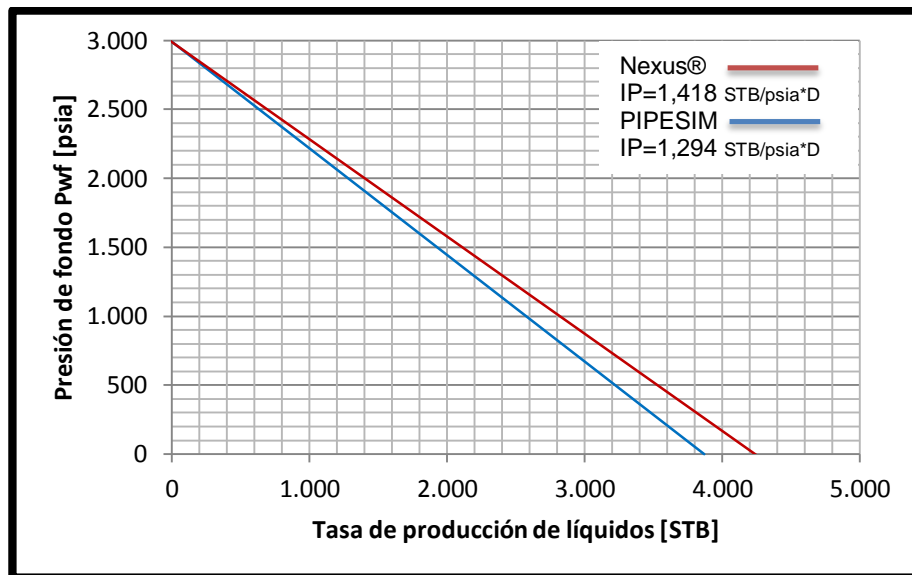
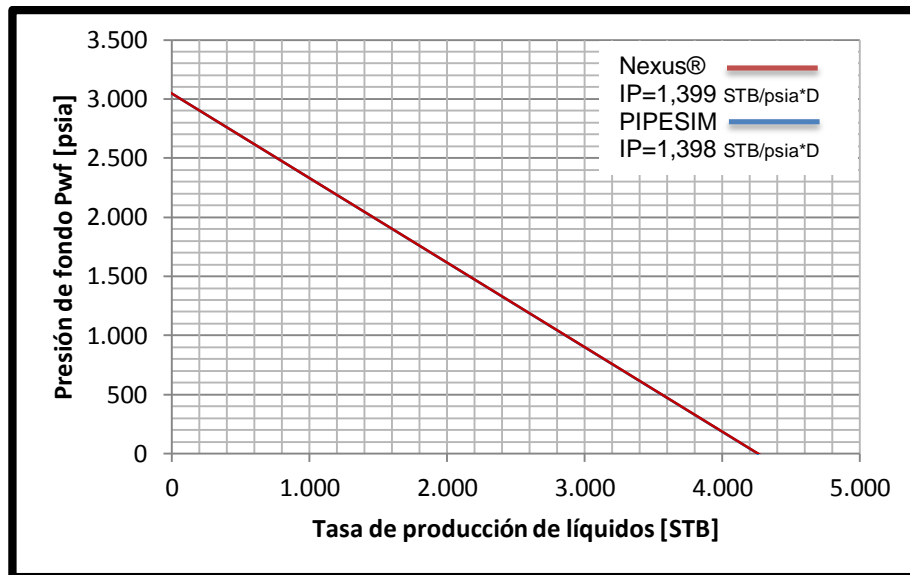


Figura 101. Curva IPR para el caso 6



**Figura 102. Curva IPR para el caso 7**



De acuerdo a lo observado anteriormente en los gráficos de IPR para cada caso, se demuestra que hubo gran similitud en las gráficas proporcionadas por Nexus® y la graficas de PIPESIM. La tabla 18, muestra una desviación para cada caso estudiado, entendiéndose que la influencia en el IPR para el cambio de la presión de cabeza es mayor si se disminuye dicho parámetro a 50 psia, en el cual se reporta una desviación de 9,57090 %., en pocas palabras Nexus es menos sensible a los cambios y elabora una curva IPR más optimista en comparación a PIPESIM.

**Tabla 18. Desviación del índice de productividad del pozo reportado a los 724 días.**

Caso	Índice de productividad [STB/D/psia]		Error [%]
	Nexus®	PIPESIM	
Base	1,41223	1,37791	2,49072
6	1,41824	1,29436	9,57090
7	1,39919	1,39856	0,04472

Algunas cambios en las curvas se deben a la lectura de la presión estática del

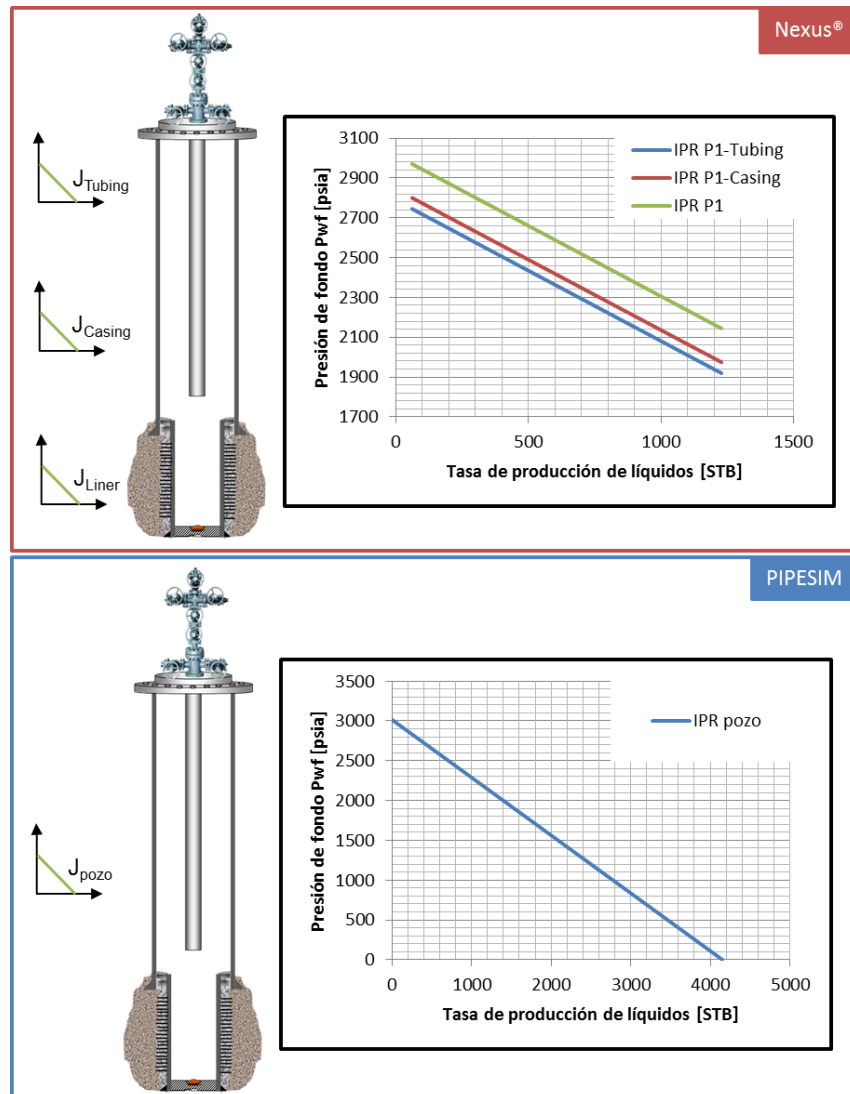
yacimiento en ese tiempo, ya que Nexus® toma como presión promedio del yacimiento que entra al nodo de fondo de pozo en ese tiempo, una presión estática del yacimiento reportada como la extrapolación de la curva IPR, originaria de cálculos implícitos en el simulador desde la presión del yacimiento, a comparación de PIPESIM, el cual la presión estática se tiene que introducir manualmente, además en la simulación para PIPESIM se ha tomado un PVT sintético el cual es un aproximado de PVT obtenido, ya que se ha tenido en cuenta la gravedad API del crudo, pues su calibración en un trabajo más extenso que incluye pruebas de laboratorio, por otro lado se ha discriminado en PIPESIM la tabla de relación entre viscosidades y temperatura para el crudo, lo cual es un parámetro que afectaría los resultados, pero se ha tomado un aproximado de acuerdo a su gravedad API, por falta de datos tan específicos como estos.

A razón de indagar un poco más sobre las desviaciones generadas en la sección del pozo, con relación a la curva IPR generada por ambos simuladores, (Nexus® y PIPESIM) se determina observar que parámetro influye de manera significativa el reporte de los resultados, de este modo se prueba y establece que al fijar una temperatura en superficie para Nexus®, se garantiza que el fluido llega a superficie con esa temperatura exclusivamente, es decir pasa de una temperatura de fondo de 184 °F a 60°F en superficie. Mientras que en PIPESIM se fija una temperatura en superficie pero esta temperatura no es un parámetro asegurado, es decir la temperatura del fluido puede variar, mostrando que pasa de una temperatura de fondo de 184°F a 68°F.

Por otro lado se comprobó que Nexus® no toma en cuenta la temperatura en superficie como un factor predominante a la hora de predecir el comportamiento de la curva IPR, mientras que PIPESIM si lo hace, ya que si se varia la temperatura en superficie para PIPESIM la curva IPR cambia dramáticamente, arrojando resultado completamente diferentes.

Nexus® demuestra una ventaja contundente al frente de PIPESIM, contribuyendo con análisis IPR dependiendo del estado mecánico que se esté trabajando. Para el caso de estudio se generan tres curvas IPR, una para cada tramo: Tubería de producción, Casing y liner. Estas graficas poseen el mismo índice de productividad y difieren en la presión de entrada y caudal máximo, tal como se observa en la gráfica 102. Gracias a esta ventaja de Nexus®, se puede determinar los tramos en los cuales el flujo es vulnerable y precisar en los caudales y presiones que se manejarían sección por sección.

**Figura 103. IPRs generados por Nexus® y PIPESIM**



#### 4.6 IMPLEMENTACIÓN DE NEXUS® PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN

En este espacio se pretende con la implementación del simulador Nexus®, optimizar la producción del campo estudiado, ya que se ha demostrado que el programa cuenta con un sistema robusto y la capacidad de predecir de manera acertada el comportamiento del yacimiento.

De acuerdo a la sensibilización realizada se puede indicar que una buena alternativa para el aumento de la producción sería, perforar más pozos con la intención de abarcar más espacio en el campo, en el cual debido a la movilidad del crudo, le hace difícil desplazarse hasta la cara del pozo, un segundo parámetro es disminuir las perforaciones, es decir eliminar la perforaciones en las cuales el aporte a la producción es casi nula como lo fue en las capas 2, 8, 9, 10 y 12, de esta manera amortigua un poco los sobre costos y por ultimo disminuir a presión de fondo a 1000 psia y la presión de cabeza a 50 psia, ya que demostró un aumento en el aporte en el yacimiento de casi 10.000 STB.

Si se estudia el comportamiento de la curva de la tasa de producción acumulada de los fluidos se puede inferir que el aumento de la producción aumentó de manera contundente alcanzando una tasa de producción acumulada de los fluidos al cabo del primer año como se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19. Tasa de producción acumulada de fluidos del yacimiento a los 1525 días**

Caso	Aceite [STB]	Agua [STB]	Gas [MSCF]
Plus	177438,6	14838,91	10646,32
Base	164843,9	13042,01	9890,637

## 5. CONCLUSIONES

Queda demostrado que Nexus® podría convertirse en una muy buena herramienta ya que los errores arrojados en la investigación han sido inferiores Al 4%, Por consiguiente este simulador es confiable y ayuda a minimizar procesos y tiempos de simulación, gracias a la integración de los dos ambientes de simulación: subsuelo y superficie, además al ser dinámico ayuda a predecir el comportamiento del yacimiento durante un periodo de tiempo establecido a diferencia de PIPESIM, el cual es estático, pues solo permite obtener los datos de una fecha específica de ese periodo de tiempo.

Nexus® realiza un análisis significativo de las curvas IPR, pues arroja un índice de productividad para tubing, casing y liner permitiendo identificar el tramo que más o menos aporta en la producción y así realizar una optimización de la misma. Caso contrario ocurre con PIPESIM, quien realiza un promedio de dichos tramos, arrojando una desviación menor al 10%.

Nexus® por ser un simulador reciente y en continuas mejoras, para un caso en el cual las permeabilidades relativas para el agua son significativamente bajas, presenta una discordancia en la curva de producción para el agua, por lo que es necesario disminuir los timesteps de 1 a 0,5, de los usados por defecto. En el caso de Eclipse™ al realizar esta disminución en los timestep, lo que ocurre es que si quiero visualizar los resultados, este no me toma los reportes en su totalidad, pues tiene un máximo de 2999 reportes por defecto. Además a esto Nexus® no asocia la temperatura como un factor predominante a la hora de predecir el comportamiento en superficie, ya que en sus ecuaciones para cálculos del IPR discrimina la temperatura y el factor de transferencia de calor.

Nexus® ofrece una serie de ventajas adicionales pues a la hora de determinar la presión estática para cálculos en superficie, esta es calculada con la información

del yacimiento, algo que se acerca más a la realidad, mientras que en PIPESIM esta presión tiene que ser introducida.

Además proporciona gran facilidad a la hora de introducir datos más complejos, ya que a través de archivos planos o de extensión .txt, el simulador tiene la capacidad de leerlos. Otra ventaja es que al ingresar la información del PVT al yacimiento, el automáticamente calcula el comportamiento en la propiedades hasta separador a través del tiempo, mientras que PIPESIM requiere introducir datos básicos del fluido para asociarlo a un PVT mediante correlaciones, con el cual predice el comportamiento a cambios de presión y temperatura.

## RECOMENDACIONES

Estudiar y analizar la implementación de los diferentes métodos de estimulación a través del simulador Nexus®, ya que es una herramienta novedosa y se puede examinar comparativamente las diferentes técnicas no térmicas como:

- Bombas de subsuelo
- Inyección de polímeros
- Inyección de gas miscible y no miscible
- Inyección de agua

## BIBLIOGRAFÍA

AZIZ, Khalid. SETTARI, Antonin. Petroleum reservoir simulation. Londres. Applied science publishers LTD. 1979

BEADER, Al-Matar. *Et al.* Next generation modeling of a Middle Eastern multireservoir complex. Society of Petroleum Engineering. [online], 2007. SPE 106069. Disponible en: Base de datos One Petro: Universidad Industrial de Santander.

BEGGS, Dale. Production optimization using nodal analysis. Tulsa, E.U. OGCI and petroskills publications. Ed. 2. 2003

BRIGGS, Peter. BARON, R. FULLEYLOVE, Richard. WRIGHT, Mervyn. Development of heavy oil reservoir. Jurnal of petroleum technology. Society of Petroleum Engineering. [online], 1988. SPE 15748. Disponible en: Base de datos One Petro: Universidad Industrial de Santander.

CÉDRIC, Clara. *Et al.* Stacked reservoirs development optimization based on a fully implicit surface-subsurface nexus modelling. Society of Petroleum Engineering. [online], 2013. SPE 166050. Disponible en: Base de datos One Petro: Universidad Industrial de Santander.

CHOPRA, Satinder. LINES, Larry. SCHMITT, Douglas. BATZLE, Mike. Heavy oil reservoirs: Their caracterizacion and production. Tulsa. E.U. Society of Exploration Geophysicists. 2010.

FANCHI, John. Principles of Applied Reservoir Simulation. USA. Elsevier. Ed. 3. 2006

GARNICA, Lisseth. HERNANDEZ, Johanna. Evaluación de modelos de aceite negro mediante casos de estudio en tres simuladores numéricos de yacimientos de bajo costo comercial. Trabajo de grado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad ingenierías Físico-químicas. Escuela de petróleo. 2013.

HALLIBURTON / Landmark. Nexus® Reservoir Simulation. [online]. Halliburton. [Houston, E.U.] Landmark, 2015. [Cited: 9 Feb. 2015] Available from Internet: [http://www.software.slb.com/store/\\_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1](http://www.software.slb.com/store/_layouts/SLB/Pages/ProductDetailPage.aspx?pid=AFS2-P1)

HALLIBURTON / Landmark. Nexus® Reservoir Simulation Manual. Houston, USA. Halliburton. Landmark, 2013.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México. McGraw Hill. 1991.

MEHMET, Tarman. WANG, Kefei. KILLOUGH, Joh. Automatic decomposition for parallel reservoir simulation. Society of Petroleum Engineering. [online], 2011. SPE 141716. Disponible en: Base de datos One Petro: Universidad Industrial de Santander.

ORTIZ Jenifer. JIMÉNEZ, Edith. Optimización de la producción de un clúster de crudo extrapesado del campo Chichimene utilizando la técnica de análisis nodal. Trabajo de grado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad ingenierías Físico-químicas. Escuela de petróleo. 2011.

ROMERO, Carlos; BAUTISTA, Fausto. Evaluación de la producción del campo llanito utilizando el método de análisis nodal. Trabajo de grado. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad ingenierías Físico-químicas. Escuela de petróleo. 2012.

SAPUTELLI, Luigi Alfonso *Et al.* How integrated field studies help asset teams make optimal field development decisions. Society of Petroleum Engineering. [online] 29 March-4 April, 2008. SPE 110250. Disponible en: Base de datos One Petro: Universidad Industrial de Santander.

SCHLUMBERGER. Eclipse blackoil reservoir simulation: Training and exercise guide. Houston. E.U. Version 02. Schlumberger Information Solutions. 2008

WEI, Liu. ZHIPING, Li. DKUANG, Han. JIANG, Hanqiao. Novel approach in the development of next-generation numerical reservoir simulator. Society of Petroleum Engineering. [online], 2010. SPE 132206. Disponible en: Base de datos One Petro: Universidad Industrial de Santander.

## ANEXOS

## ANEXOS A: Tablas del comportamiento de la caída de presión y tasas de producción de los fluidos para los casos de estudio

### 1. Caso base

#### Presión promedio del yacimiento en el tiempo de producción.

Eclipse™		Nexus®	
Tiempo [Días]	Presión [Psia]	Tiempo [Días]	Presión [Psia]
0	3366,2256	25	3357,325
1	3365,8677	57	3348,933
4	3364,793	82	3342,272
13	3361,5686	110	3334,874
25	3357,2637	142	3324,514
57	3348,8445	172	3311,595
82	3342,1973	207	3295,547
110	3334,822	240	3290,341
142	3324,5208	283	3279,274
172	3311,6953	313	3272,48
207	3295,6904	331	3269,853
240	3290,2993	360	3263,884
283	3279,3833	398	3256,406
313	3272,6047	432	3252,659
331	3269,9385	452	3249,673
360	3264,0369	484	3245,344
398	3256,5789	509	3241,677
432	3252,7551	539	3237,589
452	3249,8064	579	3232,544
484	3245,4629	613	3230,697
509	3241,813	642	3201,327
539	3237,7195	671	3158,854
579	3232,6726	701	3117,247
613	3230,7366	724	3072,772
642	3202,5806	752	3015,589
671	3161,6951	799	2924,04
701	3120,6746	818	2881,02
724	3077,3149	841	2835,059
752	3021,8711	887	2731,412
799	2929,6653	909	2695,58
818	2887,6145	942	2639,347
841	2841,8313	980	2576,387
887	2738,3733	1009	2526,284
909	2702,4729	1041	2470,311
942	2646,9578	1053	2444,935
980	2583,8215	1102	2356,931
1009	2534,2625	1128	2309,803

1041	2478,6675	1150	2268,874
1053	2454,4387	1184	2206,673
1077,5	2407,6277	1213	2153,911
1102	2360,8091	1245	2097,734
1128	2313,76	1267	2053,524
1150	2272,8367	1312	1975,121
1184	2210,7461	1331	1944,1
1213	2157,8533	1368	1873,37
1245	2101,4868	1398	1821,597
1267	2058,4414	1424	1781,337
1312	1977,6807	1462	1729,385
1331	1946,3315	1491	1693,77
1368	1875,0532	1525	1657,262
1398	1823,3217	1557	1627,535
1424	1782,4736	1576	1611,059
1462	1730,3407	1606	1587,78
1491	1694,5952	1635	1567,095
1525	1657,6494	1669	1545,376
1557	1626,8212	1705	1525,593
1576	1609,8076	1729	1513,96
1606	1585,8307	1765	1498,656
1635	1565,0923	1788	1489,675
1669	1543,7667	1815	1480,14
1705	1524,1096	1847	1470,083
1729	1512,1709	1878	1461,38
1765	1496,5417	1914	1452,496
1788	1487,4103	1950	1444,683
1815	1477,7441	1983	1438,315
1847	1467,593	2008	1433,905
1878	1458,8451	2035	1429,579
1914	1449,9581	2077	1423,758
1950	1442,1787	2095	1421,419
1983	1435,8663	2134	1416,985
2008	1431,5123	2158	1414,476
2035	1427,2568	2188	1411,648
2077	1421,5549	2215	1409,33
2095	1419,2748	2252	1406,524
2134	1414,969	2282	1404,469
2158	1412,5377	2303	1403,131
2188	1409,8073	2340	1401,045
2215	1407,5748	2377	1399,199
2252	1404,8866	2400	1398,137
2282	1402,9237	2426	1397,036
2303	1401,6512	2456	1395,885
2340	1399,6729	2467	1395,478
2377	1397,9281	2488	1394,754
2400	1396,9259	2518	1393,816
2426	1395,8938	2550	1392,915
2456	1394,8143	2585	1392,033
2467	1394,4332	2620	1391,245
2488	1393,7577	2645	1390,726
2518	1392,8838	2681	1390,058
2550	1392,045	2705	1389,646

2585	1391,2275	2731	1389,236
2620	1390,5031	2763	1388,779
2645	1390,0232	2798	1388,331
2681	1389,4078	2834	1387,918
2705	1389,0289	2860	1387,644
2731	1388,6506	2886	1387,391
2763	1388,2325	2925	1387,054
2798	1387,8204	2955	1386,818
2834	1387,4408	2977	1386,656
2860	1387,188	3009	1386,443
2886	1386,954	3040	1386,255
2925	1386,6449	3073	1386,073
2953	1386,4391	3103	1385,923
2977	1386,275	3133	1385,785
3009	1386,0746	3158	1385,678
3040	1385,8982	3184	1385,575
3073	1385,7255	3229	1385,419
3103	1385,5831	3247	1385,36
3133	1385,4489	3281	1385,258
3158	1385,3478	3309	1385,18
3184	1385,2389	3368	1385,041
3229	1385,1213	3405	1384,961
3247	1385,0614		
3281	1385,0098		
3309	1384,9331		
3368	1384,8619		
3405	1384,7736		

### Tasa de producción del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]	Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]
0	0	0	0	25	111	6,66	1,395097
1	111,3775	6,6826501	1,1229334	57	81	4,86	0,9323522
4	110,96249	6,6577492	1,5379496	82	82	4,92	1,030426
13	110,96892	6,6581349	1,5315156	110	81	4,86	1,181576
25	110,95217	6,6571302	1,5482672	142	99	5,94	1,702897
57	81,347748	4,8808646	1,0473515	172	130	7,8	3,331057
82	81,727623	4,9036574	1,2047296	207	136	8,16	3,79424
110	80,67408	4,8404446	1,3563478	240	46	2,76	1,215404
142	98,123146	5,8873887	2,0584323	283	75	4,5	2,503052
172	128,16957	7,6901741	3,5333242	313	65	3,9	2,143157
207	134,95497	8,0972986	4,3555994	331	42	2,52	1,335424
240	48,751747	2,9251049	1,042493	360	59	3,54	1,963396
283	73,850098	4,431006	2,3653052	398	56	3,36	2,019011
313	65,283958	3,9170375	2,2190955	432	31	1,86	1,098717
331	42,783096	2,5669858	1,3600622	452	42	2,52	1,582062
360	58,264324	3,4958596	2,0710969	484	38	2,28	1,437173
398	55,845699	3,3507421	2,1176937	509	41	2,46	1,593743
432	31,888584	1,9133151	1,1304274	539	38	2,28	1,509048
452	41,515114	2,490907	1,5836023	579	35	2,1	1,436116

484	38,090561	2,2854338	1,4915004	613	15	0,9	0,5694897
509	40,786552	2,4471931	1,650619	642	280	16,8	12,5218
539	38,02821	2,2816927	1,565531	671	395	23,7	28,36959
579	35,036057	2,1021633	1,4729929	701	367	22,02	27,40259
613	15,83086	0,94985163	0,60525477	724	519	31,14	42,43213
642	263,97552	15,838531	16,593973	752	535	32,1	58,83943
671	380,40475	22,824286	27,117035	799	535	32,1	60,42001
701	365,48898	21,92934	29,880606	818	621	37,26	77,76374
724	499,23999	29,954399	47,162598	841	535	32,1	81,26308
752	523,10712	31,386427	54,325008	887	611	36,66	69,09316
799	531,46057	31,887636	62,378819	909	433	25,98	58,66052
818	606,26935	36,37616	75,150627	942	459	27,54	67,15622
841	542,59369	32,555622	70,170044	980	444	26,64	66,64626
887	606,46906	36,388142	85,794006	1009	459	27,54	73,37862
909	439,57187	26,374313	62,521294	1041	461	27,66	78,07225
942	451,0351	27,062105	66,625443	1053	543	32,58	109,7327
980	443,2876	26,597256	67,868614	1102	478	28,68	79,42634
1009	454,32962	27,259777	71,31662	1128	477	28,62	82,84776
1041	460,29538	27,617723	74,083214	1150	489	29,34	84,23157
1053	533,75336	32,0252	87,318901	1184	477	28,62	84,47594
1077,5	503,95462	30,237276	83,778114	1213	476	28,56	84,57294
1102	502,85172	30,171103	84,881027	1245	457	27,42	84,09625
1128	475,17725	28,510635	81,249069	1267	522	31,32	99,7696
1150	487,46701	29,24802	84,380783	1312	476	28,56	83,11108
1184	477,32855	28,639713	83,903015	1331	459	27,54	79,82514
1213	475,84824	28,550894	84,627731	1368	522,98	31,3788	93,34798
1245	459,1701	27,550207	82,402824	1398	470,3722	28,22233	85,66874
1267	513,4024	30,804146	92,693825	1424	428,2514	25,69508	78,3837
1312	487,79572	29,267744	87,973862	1462	373,3418	22,40051	67,95699
1331	459,42453	27,565472	82,686554	1491	335,9311	20,15586	58,29714
1368	543,51538	32,61092	97,648521	1525	296,1819	17,77092	52,55898
1398	487,95908	29,277546	87,23761	1557	263,6825	15,82095	46,71882
1424	444,64969	26,67898	79,116592	1576	245,8288	14,74973	44,02845
1462	388,46417	23,30785	68,610153	1606	220,2234	13,21341	38,95975
1491	349,21161	20,952696	61,301941	1635	197,8323	11,86994	33,93871
1525	308,15131	18,489079	53,713112	1669	173,7224	10,42335	29,92872
1557	273,46167	16,4077	47,338024	1705	151,7078	9,102467	25,93981
1576	254,20105	15,252063	43,824581	1729	138,749	8,324941	23,63176
1606	226,9442	13,616652	38,879276	1765	121,7399	7,304392	20,61403
1635	203,19817	12,191891	34,592709	1788	111,8056	6,708335	18,95008
1669	178,63031	10,717818	30,171318	1815	101,3082	6,078491	16,92903
1705	155,97467	9,3584805	26,127686	1847	90,22685	5,413611	14,98496
1729	142,21986	8,5331917	23,697399	1878	80,68134	4,84088	13,30479
1765	124,21992	7,4531951	20,538746	1914	70,96752	4,258051	11,63391
1788	113,68791	6,8212748	18,705339	1950	62,47614	3,748568	10,16758
1815	102,58359	6,1550155	16,784422	1983	55,59005	3,335403	8,996998
1847	90,965294	5,4579177	14,78959	2008	50,8468	3,050808	8,184256
1878	80,981422	4,8588853	13,088225	2035	46,20454	2,772272	7,41191
1914	70,896286	4,253777	11,383498	2077	39,99115	2,399469	6,392843
1950	62,109898	3,726594	9,910347	2095	37,51555	2,250933	5,975555
1983	55,017139	3,3010285	8,7299662	2134	32,83001	1,969801	5,212718
2008	50,121281	3,0072768	7,9175601	2158	30,1973	1,811838	4,781412
2035	45,383984	2,7230389	7,1360073	2188	27,23919	1,634351	4,30503
2077	39,116993	2,3470194	6,1140723	2215	24,82828	1,489697	3,909408

2095	36,519936	2,1911962	5,6875396	2252	21,92435	1,315461	3,449211
2134	31,85095	1,911057	4,9294209	2282	19,81332	1,188799	3,10285
2158	29,23959	1,7543755	4,5083866	2303	18,44378	1,106627	2,88254
2188	26,284367	1,577062	4,0344882	2340	16,3173	0,979038	2,544507
2215	23,888742	1,4333245	3,6516192	2377	14,44848	0,866909	2,244729
2252	21,006847	1,2604108	3,1919944	2400	13,37845	0,8027071	2,074008
2282	18,930496	1,1358298	2,8617151	2426	12,27283	0,7363697	1,897063
2303	17,542116	1,052527	2,6395597	2456	11,12233	0,6673397	1,714066
2340	15,491368	0,9294821	2,3145998	2467	10,71778	0,6430668	1,649185
2377	13,675268	0,82051605	2,0270944	2488	9,997702	0,5998621	1,534813
2400	12,646431	0,75878584	1,8645476	2518	9,06877	0,5441262	1,387633
2426	11,530215	0,69181287	1,6868155	2550	8,180026	0,4908016	1,246788
2456	10,461585	0,62769514	1,5185176	2585	7,315437	0,4389262	1,109905
2467	10,078889	0,60473335	1,4582206	2620	6,546089	0,3927653	0,9881287
2488	9,364007	0,56184042	1,3449572	2645	6,041567	0,362494	0,9081424
2518	8,4904699	0,50942814	1,2073939	2681	5,394943	0,3236966	0,8061196
2550	7,6500115	0,45900071	1,0751383	2705	4,998129	0,2998878	0,7432567
2585	6,8292818	0,4097569	0,94594276	2731	4,603148	0,2761889	0,680906
2620	6,0647316	0,36388388	0,8243078	2763	4,165047	0,2499028	0,6118279
2645	5,6311851	0,3378711	0,75673121	2798	3,73753	0,2242518	0,5443974
2681	5,0264354	0,30158612	0,66155469	2834	3,346208	0,2007725	0,4826556
2705	4,650002	0,2790001	0,60297054	2860	3,087554	0,1852532	0,4417415
2731	4,2939072	0,25763443	0,54740876	2886	2,849295	0,1709577	0,4041369
2763	3,8659689	0,23195814	0,48009706	2925	2,532422	0,1519453	0,3542218
2798	3,4935539	0,20961323	0,42300481	2955	2,312927	0,1387756	0,319485
2834	3,1388502	0,18833101	0,36850411	2977	2,163543	0,1298126	0,295833
2860	2,9007947	0,17404768	0,33348665	3009	1,965056	0,1179033	0,2645195
2886	2,6914828	0,16148898	0,30209592	3040	1,792191	0,1075315	0,2371715
2925	2,3802009	0,14281206	0,25432014	3073	1,62627	0,0975762	0,2109167
2953	2,209476	0,13256855	0,233348	3103	1,49E+00	8,94E-02	0,1893333
2977	2,0612876	0,12367726	0,21081722	3133	1,37E+00	8,20E-02	0,1696751
3009	1,8934972	0,11360984	0,18831247	3158	1,271978	0,0763187	0,1547031
3040	1,7258165	0,10354899	0,16466159	3184	1,180877	0,0708526	0,140232
3073	1,5903913	0,095423482	0,14962247	3229	1,04E+00	6,24E-02	0,1179703
3103	1,4478886	0,086873323	0,12762812	3247	9,96E-01	5,98E-02	0,1108148
3133	1,3613969	0,081683815	0,12653092	3281	9,05E-01	5,43E-02	9,63E-02
3158	1,2465023	0,074790135	0,095943496	3309	8,42E-01	5,05E-02	8,62E-02
3184	1,2475982	0,074855886	0,14554679	3368	7,19E-01	4,32E-02	0,0666799
3229	0,80213761	0,048128258	0,064599149	3405	6,65E-01	3,99E-02	5,79E-02
3247	0,96541387	0,057924829	0,14564997				
3281	0,46260333	0,027756199	0,041044742				
3309	0,79772502	0,047863498	0,11253297				
3368	0,37062064	0,022237238	0,029410789				
3405	0,69492245	0,041695345	0,099564634				

### Tasa de producción acumulada del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]	Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]
0	0	0	0	25	2775	166,5	3,51E+01
1	111,3775	6,6826501	1,1229334	57	5367	322,02	6,48E+01

4	444,26495	26,655897	5,7367821	82	7417	445,02	9,06E+01
13	1442,9852	86,579117	19,520422	110	9685	581,1	123,6424
25	2774,4111	166,46468	38,099628	142	12853	771,18	178,1351
57	5377,5391	322,65234	71,614876	172	16753	1005,18	278,0668
82	7420,7295	445,24377	101,73312	207	21513	1290,78	410,8652
110	9679,6035	580,77625	139,71086	240	23031	1381,86	450,9735
142	12819,545	769,17267	205,58069	283	26256	1575,36	558,6047
172	16664,631	999,87787	311,58041	313	28206	1692,36	622,8994
207	21388,057	1283,2833	464,0264	331	28962	1737,72	646,9371
240	22996,863	1379,8118	498,42865	360	30673	1840,38	703,8755
283	26172,418	1570,3451	600,13678	398	32801	1968,06	780,598
313	28130,936	1687,8562	666,70966	432	33855	2031,3	817,9544
331	28901,031	1734,0619	691,1908	452	34695	2081,7	849,5956
360	30590,697	1835,4419	751,25256	484	35911	2154,66	895,5851
398	32712,834	1962,77	831,72498	509	36936	2216,16	935,4287
432	33797,047	2027,8228	870,15948	539	38076	2284,56	980,7001
452	34627,348	2077,6409	901,83154	579	39476	2368,56	1038,145
484	35846,246	2150,7747	949,55951	613	39986	2399,16	1057,507
509	36865,91	2211,9546	990,82501	642	48106	2886,36	1420,64
539	38006,758	2280,4053	1037,7909	671	59561	3573,66	2243,358
579	39408,199	2364,4919	1096,7107	701	70571	4234,26	3280,371
613	39946,449	2396,7869	1117,2893	724	82508	4950,48	4231,677
642	47601,738	2856,1042	1598,5145	752	97488	5849,28	5879,18
671	58633,477	3518,0085	2384,9084	799	122633	7357,98	8607,678
701	69598,148	4175,8887	3281,3267	818	134432	8065,92	10085,19
724	81080,664	4864,8398	4366,0664	841	146737	8804,22	11954,24
752	95727,664	5743,6597	5887,167	887	174843	10490,58	15787,51
799	120706,31	7242,3789	8818,9707	909	184369	11062,14	17305,39
818	132225,44	7933,5259	10246,833	942	199516	11970,96	19482,64
841	144705,08	8682,3047	11860,744	980	216388	12983,28	22006,29
887	172602,66	10356,16	15807,269	1009	229699	13781,94	24134,27
909	182273,25	10936,395	17182,736	1041	244451	14667,06	26632,58
942	197157,41	11829,444	19381,377	1053	250967	15058,02	27949,37
980	214002,33	12840,14	21960,383	1102	274389	16463,34	31640,07
1009	227177,89	13630,673	24028,566	1128	286791	17207,46	33760,96
1041	241907,34	14514,44	26399,229	1150	297549	17852,94	35614,05
1053	248312,38	14898,743	27447,055	1184	313767	18826,02	38563,39
1077,5	260659,27	15639,557	29499,619	1213	327571	19654,26	41016,01
1102	272979,13	16378,748	31579,205	1245	342195	20531,7	43707,09
1128	285333,75	17120,025	33691,68	1267	353679	21220,74	45902,02
1150	296058,03	17763,48	35548,059	1312	375099	22505,94	49871,26
1184	312287,19	18737,23	38400,762	1331	383820	23029,2	51372,84
1213	326086,78	19565,207	40854,965	1368	403890	24233,41	54924,12
1245	340780,22	20446,814	43491,855	1398	418498	25109,86	57647,24
1267	352075,09	21124,506	45531,117	1424	429902	25794,1	59709,56
1312	374025,91	22441,553	49489,941	1462	444590	26675,39	62390,61
1331	382754,97	22965,297	51060,988	1491	454652	27279,11	64231,84
1368	402865,03	24171,902	54673,98	1525	465017	27901,01	66066,4
1398	417503,81	25050,229	57291,109	1557	473455	28407,29	67561,4
1424	429064,69	25743,881	59348,141	1576	478126	28687,53	68397,94
1462	443826,34	26629,58	61955,328	1606	484732	29083,93	69566,73
1491	453953,47	27237,207	63733,082	1635	490630	29437,8	70574,76
1525	464430,63	27865,836	65559,328	1669	496763	29805,81	71697,95
1557	473181,38	28390,883	67074,148	1705	502416	30144,95	72666,3

1576	478011,22	28680,672	67906,813	1729	505746	30344,75	73233,46
1606	484819,53	29089,172	69073,195	1765	510129	30607,71	73975,56
1635	490712,28	29442,736	70076,383	1788	512700	30762	74411,42
1669	496785,72	29807,143	71102,203	1815	515435	30926,12	74868,5
1705	502400,78	30144,047	72042,805	1847	518323	31099,36	75348,01
1729	505814,06	30348,844	72611,539	1878	520824	31249,42	75760,47
1765	510286	30617,16	73350,938	1914	523379	31402,71	76179,29
1788	512900,81	30774,049	73781,156	1950	525628	31537,66	76545,32
1815	515670,56	30940,234	74234,336	1983	527462	31647,73	76842,22
1847	518581,47	31114,887	74707,602	2008	528733	31724	77046,83
1878	521091,87	31265,514	75113,336	2035	529981	31798,85	77246,95
1914	523644,16	31418,648	75523,141	2077	531661	31899,63	77515,45
1950	525880,13	31552,807	75879,914	2095	532336	31940,15	77623,01
1983	527695,69	31661,74	76168,008	2134	533616	32016,97	77826,3
2008	528948,69	31736,922	76365,945	2158	534341	32060,45	77941,06
2035	530174,06	31810,443	76558,617	2188	535158	32109,49	78070,21
2077	531817	31909,02	76815,406	2215	535828	32149,7	78175,77
2095	532474,31	31948,461	76917,781	2252	536640	32198,38	78303,38
2134	533716,5	32022,992	77110,031	2282	537234	32234,04	78396,47
2158	534418,25	32065,098	77218,234	2303	537621	32257,28	78457
2188	535206,81	32112,408	77339,266	2340	538225	32293,51	78551,15
2215	535851,81	32151,107	77437,859	2377	538760	32325,58	78634,21
2252	536629,06	32197,744	77555,961	2400	539067	32344,04	78681,91
2282	537197	32231,818	77641,813	2426	539387	32363,19	78731,23
2303	537565,38	32253,922	77697,25	2456	539720	32383,21	78782,65
2340	538138,56	32288,313	77782,883	2467	539838	32390,28	78800,8
2377	538644,5	32318,672	77857,891	2488	540048	32402,88	78833,02
2400	538935,38	32336,123	77900,773	2518	540320	32419,2	78874,66
2426	539235,19	32354,111	77944,633	2550	540582	32434,91	78914,55
2456	539549	32372,941	77990,188	2585	540838	32450,27	78953,4
2467	539659,88	32379,594	78006,227	2620	541067	32464,02	78987,98
2488	539856,56	32391,393	78034,469	2645	541218	32473,08	79010,69
2518	540111,25	32406,676	78070,695	2681	541412	32484,73	79039,7
2550	540356,06	32421,363	78105,094	2705	541532	32491,93	79057,54
2585	540595,06	32435,705	78138,203	2731	541652	32499,11	79075,25
2620	540807,31	32448,441	78167,055	2763	541785	32507,11	79094,83
2645	540948,13	32456,887	78185,977	2798	541916	32514,96	79113,88
2681	541129,06	32467,744	78209,789	2834	542036	32522,19	79131,26
2705	541240,69	32474,441	78224,258	2860	542117	32527	79142,74
2731	541352,31	32481,139	78238,492	2886	542191	32531,45	79153,25
2763	541476	32488,563	78253,859	2925	542290	32537,37	79167,06
2798	541598,31	32495,898	78268,664	2955	542359	32541,53	79176,65
2834	541711,31	32502,678	78281,93	2977	542407	32544,39	79183,16
2860	541786,75	32507,203	78290,602	3009	542469	32548,16	79191,62
2886	541856,69	32511,402	78298,453	3040	542525	32551,5	79198,97
2925	541949,5	32516,971	78308,375	3073	542579	32554,72	79205,93
2953	542011,38	32520,684	78314,906	3103	542623	3,26E+04	79211,62
2977	542060,88	32523,652	78319,969	3133	542664	3,26E+04	79216,71
3009	542121,44	32527,287	78325,992	3158	542696	32561,77	79220,57
3040	542174,94	32530,498	78331,094	3184	542727	32563,61	79224,22
3073	542227,44	32533,646	78336,031	3229	542774	3,26E+04	79229,52
3103	542270,88	32536,252	78339,859	3247	542792	3,26E+04	79231,52
3133	542311,69	32538,703	78343,656	3281	542822	3,26E+04	7,92E+04
3158	542342,88	32540,572	78346,055	3309	542846	3,26E+04	7,92E+04

3184	542375,31	32542,52	78349,844	3368	542888	3,26E+04	79241,14
3229	542411,44	32544,686	78352,75	3405	542913	3,26E+04	7,92E+04
3247	542428,81	32545,727	78355,367				
3281	542444,5	32546,672	78356,766				
3309	542466,88	32548,012	78359,914				
3368	542488,75	32549,324	78361,648				
3405	542514,44	32550,865	78365,336				

## 2. Caso 1

### Presión promedio del yacimiento en el tiempo de producción.

Eclipse™		Nexus®	
Tiempo [Días]	Presión [Psia]	Tiempo [Días]	Presión [Psia]
0	3366,2256	25	3357,325
1	3365,8677	57	3348,933
4	3364,793	82	3342,272
13	3361,5686	110	3334,874
25	3357,2637	142	3324,514
57	3348,8445	172	3311,595
82	3342,1973	207	3295,547
110	3334,822	240	3290,341
142	3324,5208	283	3279,274
172	3311,6953	313	3272,48
207	3295,6904	331	3269,853
240	3290,2993	360	3263,884
283	3279,3833	398	3256,406
313	3272,6047	432	3252,659
331	3269,9385	452	3249,673
360	3264,0369	484	3245,344
398	3256,5789	509	3241,677
432	3252,7551	539	3237,589
452	3249,8064	579	3232,544
484	3245,4629	613	3230,697
509	3241,813	642	3201,327
539	3237,7195	671	3158,854
579	3232,6726	701	3117,247
613	3230,7366	724	3072,772
642	3202,5806	752	3015,589
671	3161,6951	799	2924,04
701	3120,6746	818	2881,02
724	3077,3149	841	2835,059
752	3021,8711	887	2731,412
799	2929,6653	909	2695,58
818	2887,6145	942	2639,347
841	2841,8313	980	2576,387
887	2738,3733	1009	2526,284
909	2702,4729	1041	2470,311

942	2646,9578	1053	2444,935
980	2583,8215	1102	2356,931
1009	2534,2625	1128	2309,803
1041	2478,6675	1150	2268,874
1053	2454,4387	1184	2206,673
1077,5	2407,6277	1213	2153,911
1102	2360,8091	1245	2097,734
1128	2313,76	1267	2053,524
1150	2272,8367	1312	1975,121
1184	2210,7461	1331	1944,1
1213	2157,8533	1368	1828,54
1245	2101,4868	1398	1744,657
1267	2058,4414	1424	1678,883
1312	1977,6807	1462	1594,395
1331	1946,3315	1491	1539,025
1368	1830,1909	1525	1481,423
1398	1746,155	1557	1432,645
1424	1679,9453	1576	1406,482
1462	1595,8459	1606	1368,897
1491	1538,5023	1635	1337,001
1525	1479,6877	1669	1304,524
1557	1431,0138	1705	1275,72
1576	1404,3037	1729	1258,247
1606	1367,0758	1765	1235,544
1635	1335,2369	1788	1222,342
1669	1302,8402	1815	1208,514
1705	1273,3013	1847	1194,068
1729	1255,516	1878	1181,726
1765	1232,5444	1914	1169,297
1788	1219,2473	1950	1158,51
1815	1205,3206	1983	1149,835
1847	1190,8749	2008	1143,889
1878	1178,5756	2035	1138,12
1914	1166,2512	2077	1130,476
1950	1155,6067	2095	1127,426
1983	1147,076	2134	1121,728
2008	1141,2496	2158	1118,534
2035	1135,6128	2188	1114,974
2077	1128,1687	2215	1112,084
2095	1125,2062	2252	1108,633
2134	1119,6899	2282	1106,134
2158	1116,6069	2303	1104,518
2188	1113,1814	2340	1102,033
2215	1110,407	2377	1099,862
2252	1107,1071	2400	1098,623
2282	1104,7212	2426	1097,35
2303	1103,1865	2456	1096,034
2340	1100,8271	2467	1095,57
2377	1098,77	2488	1094,752
2400	1097,6018	2518	1093,703
2426	1096,4001	2550	1092,706
2456	1095,1592	2585	1091,742
2467	1094,7229	2620	1090,89
2488	1093,9552	2645	1090,334

2518	1092,9711	2681	1089,627
2550	1092,0356	2705	1089,195
2585	1091,1334	2731	1088,768
2620	1090,3368	2763	1088,297
2645	1089,8184	2798	1087,842
2681	1089,1593	2834	1087,427
2705	1088,7565	2860	1087,154
2731	1088,3567	2886	1086,904
2763	1087,9194	2925	1086,576
2798	1087,4917	2955	1086,348
2834	1087,1011	2977	1086,193
2860	1086,8428	3009	1085,99
2886	1086,605	3040	1085,814
2925	1086,2949	3073	1085,645
2953	1086,0891	3103	1085,506
2977	1085,9255	3133	1085,38
3009	1085,729	3158	1085,283
3040	1085,5548	3184	1085,19
3073	1085,3898	3229	1085,051
3103	1085,2487	3247	1084,998
3133	1085,1287	3281	1084,908
3158	1085,0244	3309	1084,84
3184	1084,9744	3368	1084,72
3229	1084,8385	3405	1084,65
3247	1084,8101		
3281	1084,718		
3309	1084,6864		
3368	1084,5656		
3405	1084,5377		

### Tasa de producción del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]	Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]
0	0	0	0	25	111	6,66	1,395097
1	111,3775	6,6826501	1,1229334	57	81	4,86	0,9323522
4	110,96249	6,6577492	1,5379496	82	82	4,92	1,030426
13	110,96892	6,6581349	1,5315156	110	81	4,86	1,181576
25	110,95217	6,6571302	1,5482672	142	99	5,94	1,702897
57	81,347748	4,8808646	1,0473515	172	130	7,8	3,331057
82	81,727623	4,9036574	1,2047296	207	136	8,16	3,79424
110	80,67408	4,8404446	1,3563478	240	46	2,76	1,215404
142	98,123146	5,8873887	2,0584323	283	75	4,5	2,503052
172	128,16957	7,6901741	3,5333242	313	65	3,9	2,143157
207	134,95497	8,0972986	4,3555994	331	42	2,52	1,335424
240	48,751747	2,9251049	1,042493	360	59	3,54	1,963396
283	73,850098	4,431006	2,3653052	398	56	3,36	2,019011
313	65,283958	3,9170375	2,2190955	432	31	1,86	1,098717
331	42,783096	2,5669858	1,3600622	452	42	2,52	1,582062
360	58,264324	3,4958596	2,0710969	484	38	2,28	1,437173
398	55,845699	3,3507421	2,1176937	509	41	2,46	1,593743

432	31,888584	1,9133151	1,1304274	539	38	2,28	1,509048
452	41,515114	2,490907	1,5836023	579	35	2,1	1,436116
484	38,090561	2,2854338	1,4915004	613	15	0,9	0,5694897
509	40,786552	2,4471931	1,650619	642	280	16,8	12,5218
539	38,02821	2,2816927	1,565531	671	395	23,7	28,36959
579	35,036057	2,1021633	1,4729929	701	367	22,02	27,40259
613	15,83086	0,94985163	0,60525477	724	519	31,14	42,43213
642	263,97552	15,838531	16,593973	752	535	32,1	58,83943
671	380,40475	22,824286	27,117035	799	535	32,1	60,42001
701	365,48898	21,92934	29,880606	818	621	37,26	77,76374
724	499,23999	29,954399	47,162598	841	535	32,1	81,26308
752	523,10712	31,386427	54,325008	887	611	36,66	69,09316
799	531,46057	31,887636	62,378819	909	433	25,98	58,66052
818	606,26935	36,37616	75,150627	942	459	27,54	67,15622
841	542,59369	32,555622	70,170044	980	444	26,64	66,64626
887	606,46906	36,388142	85,794006	1009	459	27,54	73,37862
909	439,57187	26,374313	62,521294	1041	461	27,66	78,07225
942	451,0351	27,062105	66,625443	1053	543	32,58	109,7327
980	443,2876	26,597256	67,868614	1102	478	28,68	79,42634
1009	454,32962	27,259777	71,31662	1128	477	28,62	82,84776
1041	460,29538	27,617723	74,083214	1150	489	29,34	84,23157
1053	533,75336	32,0252	87,318901	1184	477	28,62	84,47594
1077,5	503,95462	30,237276	83,778114	1213	476	28,56	84,57294
1102	502,85172	30,171103	84,881027	1245	457	27,42	84,09625
1128	475,17725	28,510635	81,249069	1267	522	31,32	99,7696
1150	487,46701	29,24802	84,380783	1312	476	28,56	83,11108
1184	477,32855	28,639713	83,903015	1331	459	27,54	79,82514
1213	475,84824	28,550894	84,627731	1368	842,9143	50,57486	162,3271
1245	459,1701	27,550207	82,402824	1398	763,6006	45,81604	123,1166
1267	513,4024	30,804146	92,693825	1424	693,6653	41,61992	123,7892
1312	487,79572	29,267744	87,973862	1462	601,0008	36,06005	108,0865
1331	459,42453	27,565472	82,686554	1491	537,6443	32,25866	101,006
1368	886,13837	53,168301	160,37396	1525	470,9986	28,25992	95,87425
1398	791,84039	47,510426	142,89424	1557	412,3181	24,73908	98,13199
1424	719,69904	43,181942	129,45963	1576	388,0458	23,28275	61,7469
1462	625,63788	37,538273	111,89498	1606	345,097	20,70582	51,24505
1491	559,24139	33,554485	99,511971	1635	305,8823	18,35294	48,00691
1525	489,54855	29,372913	86,537582	1669	265,9853	15,95912	42,1991
1557	430,63986	25,83839	75,623734	1705	230,3029	13,81817	37,29134
1576	397,96118	23,87767	69,610023	1729	208,9325	12,53595	34,58703
1606	351,78983	21,107389	61,119091	1765	180,6194	10,83716	30,29451
1635	311,87744	18,712646	53,806931	1788	164,6986	9,881914	27,26706
1669	271,0918	16,265507	46,402859	1815	147,8085	8,868512	23,39718
1705	233,67923	14,020754	39,662907	1847	129,9641	7,797845	20,96809
1729	211,12346	12,667408	35,636971	1878	114,8416	6,890498	18,23699
1765	181,93753	10,916252	30,450438	1914	99,61984	5,97719	15,77642
1788	164,99741	9,8998442	27,464367	1950	86,464	5,19E+00	13,68878
1815	147,31914	8,8391476	24,366606	1983	75,96757	4,56E+00	11,8821
1847	129,04204	7,7425222	21,187592	2008	68,79691	4,13E+00	10,68283
1878	113,51523	6,8109136	18,507326	2035	61,85756	3,71E+00	9,541615
1914	98,041489	5,8824892	15,85597	2077	52,71413	3,16E+00	8,10E+00
1950	84,759644	5,0855789	13,604373	2095	49,10186	2,95E+00	7,52E+00
1983	74,165817	4,4499488	11,824692	2134	42,35062	2,54E+00	6,46E+00
2008	66,9132	4,014792	10,609751	2158	38,59923	2,32E+00	5,87E+00

2035	59,982029	3,5989218	9,4567175	2188	34,43059	2,07E+00	5,22E+00
2077	50,960751	3,0576448	7,97786	2215	31,06577	1,86E+00	4,70E+00
2095	47,346638	2,8407984	7,3875384	2252	27,07163	1,62E+00	4,08E+00
2134	40,715641	2,4429386	6,3139286	2282	24,19739	1,45E+00	3,64E+00
2158	36,99918	2,2199507	5,7130275	2303	22,34867	1,34E+00	3,35E+00
2188	32,909153	1,9745493	5,0543571	2340	19,51684	1,17E+00	2,92E+00
2215	29,631763	1,7779058	4,5292273	2377	17,06001	1,02E+00	2,55E+00
2252	25,739658	1,5443795	3,9079454	2400	15,66575	9,40E-01	2,33E+00
2282	22,966969	1,378018	3,4674153	2426	14,2383	8,54E-01	2,11E+00
2303	21,119263	1,2671558	3,1720634	2456	12,76823	7,66E-01	1,89E+00
2340	18,443771	1,1066263	2,7496498	2467	12,25389	7,35E-01	1,81E+00
2377	16,096472	0,96578825	2,3799462	2488	11,34456	6,81E-01	1,67E+00
2400	14,718063	0,88308382	2,1612253	2518	10,18394	6,11E-01	1,50E+00
2426	13,403142	0,80418855	1,9550593	2550	9,085629	5,45E-01	1,33E+00
2456	12,007339	0,72044033	1,7364291	2585	8,029718	4,82E-01	1,17E+00
2467	11,521315	0,69127887	1,6602613	2620	7,101068	4,26E-01	1,03E+00
2488	10,625783	0,63754702	1,5190889	2645	6,497365	3,90E-01	9,36E-01
2518	9,5492544	0,57295525	1,3504517	2681	5,732648	3,44E-01	8,20E-01
2550	8,5210295	0,51126176	1,1894807	2705	5,267353	3,16E-01	7,50E-01
2585	7,5285726	0,45171437	1,0341049	2731	4,808193	2,88E-01	6,80E-01
2620	6,6608663	0,39965197	0,89837456	2763	4,304213	2,58E-01	6,04E-01
2645	6,0800796	0,36480477	0,80741483	2798	3,818119	2,29E-01	5,30E-01
2681	5,3804383	0,3228263	0,69787061	2834	3,378458	2,03E-01	4,64E-01
2705	4,9435821	0,29661492	0,63020235	2860	3,090602	1,85E-01	4,20E-01
2731	4,5381756	0,27229053	0,56750989	2886	2,827661	1,70E-01	3,80E-01
2763	4,045404	0,24272422	0,49082166	2925	2,482128	1,49E-01	3,28E-01
2798	3,628618	0,21771708	0,42795333	2955	2,25E+00	1,35E-01	2,92E-01
2834	3,2323239	0,19393943	0,36785889	2977	2,086149	1,25E-01	2,68E-01
2860	2,9676995	0,17806196	0,33003271	3009	1,88E+00	1,13E-01	2,36E-01
2886	2,7371583	0,1642295	0,29613596	3040	1,69E+00	1,02E-01	2,09E-01
2925	2,3933299	0,14359978	0,24440376	3073	1,52E+00	9,14E-02	1,83E-01
2953	2,2126937	0,13276161	0,22481751	3103	1,38E+00	8,31E-02	1,61E-01
2977	2,0604846	0,12362908	0,20102449	3133	1,26E+00	7,55E-02	1,42E-01
3009	1,8607754	0,11164652	0,175258	3158	1,17E+00	6,99E-02	1,28E-01
3040	1,7060863	0,10236517	0,15679659	3184	1,07E+00	6,45E-02	1,14E-01
3073	1,5273846	0,09164307	0,13152289	3229	9,37E-01	5,62E-02	9,31E-02
3103	1,4290098	0,08574059	0,13065296	3247	8,97E-01	5,38E-02	8,70E-02
3133	1,234973	0,07409837	0,09011052	3281	8,07E-01	4,84E-02	7,32E-02
3158	1,2024211	0,07214526	0,18373325	3309	7,50E-01	4,50E-02	6,44E-02
3184	0,58327615	0,03499657	0,05347675	3368	6,33E-01	3,80E-02	4,64E-02
3229	0,88263488	0,05295809	0,12020964	3405	5,90E-01	3,54E-02	3,97E-02
3247	0,48164591	0,02889876	0,04158864				
3281	0,79085833	0,0474515	0,1083568				
3309	0,34580055	0,02074803	0,02862698				
3368	0,60350561	0,03621034	0,07645247				
3405	0,23149723	0,01388983	0,01720774				

### Tasa de producción acumulada del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]	Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]

0	0	0	0	25	2775	166,5	3,51E+01
1	111,3775	6,6826501	1,1229334	57	5367	322,02	6,48E+01
4	444,26495	26,655897	5,7367821	82	7417	445,02	9,06E+01
13	1442,9852	86,579117	19,520422	110	9685	581,1	123,6424
25	2774,4111	166,46468	38,099628	142	12853	771,18	178,1351
57	5377,5391	322,65234	71,614876	172	16753	1005,18	278,0668
82	7420,7295	445,24377	101,73312	207	21513	1290,78	410,8652
110	9679,6035	580,77625	139,71086	240	23031	1381,86	450,9735
142	12819,545	769,17267	205,58069	283	26256	1575,36	558,6047
172	16664,631	999,87787	311,58041	313	28206	1692,36	622,8994
207	21388,057	1283,2833	464,0264	331	28962	1737,72	646,9371
240	22996,863	1379,8118	498,42865	360	30673	1840,38	703,8755
283	26172,418	1570,3451	600,13678	398	32801	1968,06	780,598
313	28130,936	1687,8562	666,70966	432	33855	2031,3	817,9544
331	28901,031	1734,0619	691,1908	452	34695	2081,7	849,5956
360	30590,697	1835,4419	751,25256	484	35911	2154,66	895,5851
398	32712,834	1962,77	831,72498	509	36936	2216,16	935,4287
432	33797,047	2027,8228	870,15948	539	38076	2284,56	980,7001
452	34627,348	2077,6409	901,83154	579	39476	2368,56	1038,145
484	35846,246	2150,7747	949,55951	613	39986	2399,16	1057,507
509	36865,91	2211,9546	990,82501	642	48106	2886,36	1420,64
539	38006,758	2280,4053	1037,7909	671	59561	3573,66	2243,358
579	39408,199	2364,4919	1096,7107	701	70571	4234,26	3280,371
613	39946,449	2396,7869	1117,2893	724	82508	4950,48	4231,677
642	47601,738	2856,1042	1598,5145	752	97488	5849,28	5879,18
671	58633,477	3518,0085	2384,9084	799	122633	7357,98	8607,678
701	69598,148	4175,8887	3281,3267	818	134432	8065,92	10085,19
724	81080,664	4864,8398	4366,0664	841	146737	8804,22	11954,24
752	95727,664	5743,6597	5887,167	887	174843	10490,58	15787,51
799	120706,31	7242,3789	8818,9707	909	184369	11062,14	17305,39
818	132225,44	7933,5259	10246,833	942	199516	11970,96	19482,64
841	144705,08	8682,3047	11860,744	980	216388	12983,28	22006,29
887	172602,66	10356,16	15807,269	1009	229699	13781,94	24134,27
909	182273,25	10936,395	17182,736	1041	244451	14667,06	26632,58
942	197157,41	11829,444	19381,377	1053	250967	15058,02	27949,37
980	214002,33	12840,14	21960,383	1102	274389	16463,34	31640,07
1009	227177,89	13630,673	24028,566	1128	286791	17207,46	33760,96
1041	241907,34	14514,44	26399,229	1150	297549	17852,94	35614,05
1053	248312,38	14898,743	27447,055	1184	313767	18826,02	38563,39
1077,5	260659,27	15639,557	29499,619	1213	327571	19654,26	41016,01
1102	272979,13	16378,748	31579,205	1245	342195	20531,7	43707,09
1128	285333,75	17120,025	33691,68	1267	353679	21220,74	45902,02
1150	296058,03	17763,48	35548,059	1312	375099	22505,94	49871,26
1184	312287,19	18737,23	38400,762	1331	383820	23029,2	51372,84
1213	326086,78	19565,207	40854,965	1368	416477,7	24988,66	57385,65
1245	340780,22	20446,814	43491,855	1398	440001,6	26400,1	61955,73
1267	352075,09	21124,506	45531,117	1424	458685,9	27521,15	65280,02
1312	374025,91	22441,553	49489,941	1462	482639,7	28958,38	69583,69
1331	382754,97	22965,297	51060,988	1491	498231,4	29893,88	72512,86
1368	415542,09	24932,525	56994,824	1525	514245,3	30854,72	75772,58
1398	439297,28	26357,838	61281,652	1557	527439,5	31646,37	78912,8
1424	458009,47	27480,568	64647,602	1576	534940,7	32096,44	80142,27
1462	481783,72	28907,021	68899,609	1606	545759,6	32745,58	81874,71
1491	498001,72	29880,102	71785,461	1635	554993,7	33299,62	83297,58

1525	514646,34	30878,781	74727,734	1669	564361,4	33861,68	84792,09
1557	528426,81	31705,609	77147,695	1705	572652,3	34359,14	86134,58
1576	535988,06	32159,285	78470,281	1729	577666,7	34660	86964,67
1606	546541,81	32792,508	80303,859	1765	584169	35050,14	88055,27
1635	555586,25	33335,176	81864,258	1788	587957	35277,42	88682,41
1669	564803,38	33888,203	83441,953	1815	591947,9	35516,87	89314,14
1705	573215,81	34392,949	84869,82	1847	596106,8	35766,4	89985,12
1729	578282,75	34696,965	85725,109	1878	599666,8	35980,01	90550,46
1765	584832,5	35089,953	86821,32	1914	603253,1	36195,19	91118,42
1788	588627,44	35317,648	87453,008	1950	606365,8	36381,95	91611,21
1815	592605,06	35556,305	88110,906	1983	608872,7	36532,37	92003,32
1847	596734,44	35804,066	88788,906	2008	610592,7	36635,56	92270,39
1878	600253,38	36015,203	89362,633	2035	612262,8	36735,77	92528,02
1914	603782,88	36226,973	89933,445	2077	614476,8	36868,61	92868,29
1950	606834,25	36410,055	90423,203	2095	615360,7	36921,64	93003,62
1983	609281,69	36556,902	90813,422	2134	617012,3	37020,74	93255,73
2008	610954,56	36657,273	91078,664	2158	617938,7	37076,32	93396,51
2035	612574,06	36754,441	91333,992	2188	618971,6	37138,3	93553,08
2077	614714,38	36882,863	91669,063	2215	619810,4	37188,63	93679,94
2095	615566,63	36934	91802,039	2252	620812,1	37248,73	93830,99
2134	617154,56	37029,273	92048,281	2282	621538	37292,28	93940,19
2158	618042,56	37082,551	92185,398	2303	622007,3	37320,44	94010,6
2188	619029,81	37141,789	92337,023	2340	622729,4	37363,77	94118,7
2215	619829,88	37189,793	92459,313	2377	623360,7	37401,64	94212,87
2252	620782,25	37246,934	92603,914	2400	623720,9	37423,26	94266,47
2282	621471,25	37288,273	92707,93	2426	624091,2	37445,47	94321,4
2303	621914,75	37314,887	92774,547	2456	624474,2	37468,45	94378,07
2340	622597,19	37355,828	92876,281	2467	624609	37476,54	94397,97
2377	623192,75	37391,563	92964,344	2488	624847,2	37490,83	94433,07
2400	623531,25	37411,875	93014,047	2518	625152,8	37509,17	94477,94
2426	623879,75	37432,785	93064,883	2550	625443,5	37526,61	94520,45
2456	624239,94	37454,398	93116,977	2585	625724,5	37543,47	94561,36
2467	624366,69	37462	93135,234	2620	625973,1	37558,38	94597,32
2488	624589,81	37475,391	93167,141	2645	626135,5	37568,13	94620,72
2518	624876,31	37492,578	93207,648	2681	626341,9	37580,51	94650,25
2550	625149	37508,938	93245,711	2705	626468,3	37588,1	94668,24
2585	625412,5	37524,75	93281,906	2731	626593,3	37595,6	94685,93
2620	625645,63	37538,738	93313,352	2763	626731,1	37603,86	94705,26
2645	625797,63	37547,855	93333,539	2798	626864,7	37611,88	94723,82
2681	625991,31	37559,48	93358,656	2834	626986,3	37619,18	94740,52
2705	626109,94	37566,598	93373,781	2860	627066,7	37624	94751,46
2731	626227,94	37573,676	93388,539	2886	627140,2	37628,41	94761,34
2763	626357,38	37581,445	93404,25	2925	627237	37634,22	94774,15
2798	626484,38	37589,063	93419,227	2955	627304,4	37638,26	94782,91
2834	626600,75	37596,047	93432,469	2977	627350,3	37641,01	94788,81
2860	626677,94	37600,676	93441,047	3009	627410,3	37644,62	94796,37
2886	626749,06	37604,945	93448,75	3040	627462,8	37647,77	94802,84
2925	626842,44	37610,547	93458,281	3073	627513,1	37650,78	94808,87
2953	626904,38	37614,262	93464,578	3103	627554,6	37653,28	94813,71
2977	626953,81	37617,23	93469,398	3133	627592,4	37655,54	94817,98
3009	627013,38	37620,805	93475,008	3158	627621,5	37657,29	94821,18
3040	627066,25	37623,977	93479,867	3184	627649,5	37658,97	94824,15
3073	627116,69	37627	93484,211	3229	627691,6	37661,5	94828,34
3103	627159,56	37629,574	93488,125	3247	627707,8	37662,46	94829,9

3133	627196,63	37631,797	93490,828	3281	627735,2	37664,11	94832,4
3158	627226,69	37633,598	93495,422	3309	627756,2	37665,37	94834,2
3184	627241,81	37634,508	93496,813	3368	627793,6	37667,61	94836,94
3229	627281,56	37636,891	93502,227	3405	627815,4	37668,93	94838,41
3247	627290,19	37637,414	93502,977				
3281	627317,13	37639,027	93506,656				
3309	627326,81	37639,605	93507,461				
3368	627362,38	37641,742	93511,969				
3405	627370,94	37642,258	93512,609				

### 3. Caso 2

#### Presión promedio del Yacimiento en el tiempo de producción.

Eclipse™		Nexus®	
Tiempo [Días]	Presión [Psia]	Tiempo [Días]	Presión [Psia]
0	3366,2256	25	3357,325
1	3365,8677	57	3348,933
4	3364,793	82	3342,272
13	3361,5686	110	3334,874
25	3357,2637	142	3324,514
57	3348,8445	172	3311,595
82	3342,1973	207	3295,547
110	3334,822	240	3290,341
142	3324,5208	283	3279,274
172	3311,6953	313	3272,48
207	3295,6904	331	3269,853
240	3290,2993	360	3263,884
283	3279,3833	398	3256,406
313	3272,6047	432	3252,659
331	3269,9385	452	3249,673
360	3264,0369	484	3245,344
398	3256,5789	509	3241,677
432	3252,7551	539	3237,589
452	3249,8064	579	3232,544
484	3245,4629	613	3230,697
509	3241,813	642	3201,327
539	3237,7195	671	3158,854
579	3232,6726	701	3117,247
613	3230,7366	724	3072,772
642	3202,5806	752	3015,589
671	3161,6951	799	2924,04
701	3120,6746	818	2881,02
724	3077,3149	841	2835,059
752	3021,8711	887	2731,412
799	2929,6653	909	2695,58
818	2887,6145	942	2639,347
841	2841,8313	980	2576,387

887	2738,3733	1009	2526,284
909	2702,4729	1041	2470,311
942	2646,9578	1053	2444,935
980	2583,8215	1102	2356,931
1009	2534,2625	1128	2309,803
1041	2478,6675	1150	2268,874
1053	2454,4387	1184	2206,673
1077,5	2407,6277	1213	2153,911
1102	2360,8091	1245	2097,734
1128	2313,76	1267	2053,524
1150	2272,8367	1312	1975,121
1184	2210,7461	1331	1944,1
1213	2157,8533	1368	1914,361
1245	2101,4868	1398	1893,084
1267	2058,4414	1424	1876,177
1312	1977,6807	1462	1854,251
1331	1946,3315	1491	1838,529
1368	1916,4783	1525	1822,328
1398	1894,4528	1557	1808,997
1424	1876,9589	1576	1801,565
1462	1854,4321	1606	1790,956
1491	1838,8599	1635	1781,635
1525	1822,5812	1669	1771,869
1557	1808,8368	1705	1762,655
1576	1801,2025	1729	1756,985
1606	1790,3176	1765	1749,407
1635	1780,7896	1788	1744,927
1669	1770,8212	1815	1740,131
1705	1761,4581	1847	1734,999
1729	1755,707	1878	1730,489
1765	1748,0455	1914	1725,81
1788	1743,5322	1950	1721,628
1815	1738,7031	1983	1718,168
1847	1733,5532	2008	1715,744
1878	1729,0453	2035	1713,337
1914	1724,3853	2077	1710,039
1950	1720,2332	2095	1708,703
1983	1716,8085	2134	1706,13
2008	1714,4146	2158	1704,658
2035	1712,0435	2188	1702,978
2077	1708,8087	2215	1701,584
2095	1707,5016	2252	1699,873
2134	1704,9891	2282	1698,604
2158	1703,5591	2303	1697,77
2188	1701,9264	2340	1696,452
2215	1700,5798	2377	1695,268
2252	1698,9259	2400	1694,581
2282	1697,7074	2426	1693,861
2303	1696,9076	2456	1693,1
2340	1695,6422	2467	1692,83
2377	1694,5088	2488	1692,346
2400	1693,8527	2518	1691,711
2426	1693,1656	2550	1691,094
2456	1692,4437	2585	1690,482

2467	1692,1854	2620	1689,928
2488	1691,7245	2645	1689,56
2518	1691,1221	2681	1689,081
2550	1690,5396	2705	1688,783
2585	1689,9611	2731	1688,483
2620	1689,4408	2763	1688,145
2645	1689,093	2798	1687,81
2681	1688,6438	2834	1687,499
2705	1688,3633	2860	1687,289
2731	1688,0796	2886	1687,094
2763	1687,762	2925	1686,832
2798	1687,4448	2955	1686,645
2834	1687,1509	2977	1686,517
2860	1686,951	3009	1686,346
2886	1686,7657	3040	1686,193
2925	1686,5145	3073	1686,045
2953	1686,3467	3103	1685,92
2977	1686,2098	3133	1685,805
3009	1686,0443	3158	1685,715
3040	1685,8951	3184	1685,627
3073	1685,7522	3229	1685,493
3103	1685,6273	3247	1685,441
3133	1685,5171	3281	1685,352
3158	1685,4135	3309	1685,284
3184	1685,3661	3368	1685,159
3229	1685,2341	3405	1685,087
3247	1685,2045		
3281	1685,1143		
3309	1685,0774		
3368	1684,9504		
3405	1684,9181		

### Tasa de producción del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]	Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]
0	0	0	0	25	111	6,66	1,395097
1	111,3775	6,6826501	1,1229334	57	81	4,86	0,9323522
4	110,96249	6,6577492	1,5379496	82	82	4,92	1,030426
13	110,96892	6,6581349	1,5315156	110	81	4,86	1,181576
25	110,95217	6,6571302	1,5482672	142	99	5,94	1,702897
57	81,347748	4,8808646	1,0473515	172	130	7,8	3,331057
82	81,727623	4,9036574	1,2047296	207	136	8,16	3,79424
110	80,67408	4,8404446	1,3563478	240	46	2,76	1,215404
142	98,123146	5,8873887	2,0584323	283	75	4,5	2,503052
172	128,16957	7,6901741	3,5333242	313	65	3,9	2,143157
207	134,95497	8,0972986	4,3555994	331	42	2,52	1,335424
240	48,751747	2,9251049	1,042493	360	59	3,54	1,963396
283	73,850098	4,431006	2,3653052	398	56	3,36	2,019011
313	65,283958	3,9170375	2,2190955	432	31	1,86	1,098717
331	42,783096	2,5669858	1,3600622	452	42	2,52	1,582062

360	58,264324	3,4958596	2,0710969	484	38	2,28	1,437173
398	55,845699	3,3507421	2,1176937	509	41	2,46	1,593743
432	31,888584	1,9133151	1,1304274	539	38	2,28	1,509048
452	41,515114	2,490907	1,5836023	579	35	2,1	1,436116
484	38,090561	2,2854338	1,4915004	613	15	0,9	0,5694897
509	40,786552	2,4471931	1,650619	642	280	16,8	12,5218
539	38,02821	2,2816927	1,565531	671	395	23,7	28,36959
579	35,036057	2,1021633	1,4729929	701	367	22,02	27,40259
613	15,83086	0,94985163	0,60525477	724	519	31,14	42,43213
642	263,97552	15,838531	16,593973	752	535	32,1	58,83943
671	380,40475	22,824286	27,117035	799	535	32,1	60,42001
701	365,48898	21,92934	29,880606	818	621	37,26	77,76374
724	499,23999	29,954399	47,162598	841	535	32,1	81,26308
752	523,10712	31,386427	54,325008	887	611	36,66	69,09316
799	531,46057	31,887636	62,378819	909	433	25,98	58,66052
818	606,26935	36,37616	75,150627	942	459	27,54	67,15622
841	542,59369	32,555622	70,170044	980	444	26,64	66,64626
887	606,46906	36,388142	85,794006	1009	459	27,54	73,37862
909	439,57187	26,374313	62,521294	1041	461	27,66	78,07225
942	451,0351	27,062105	66,625443	1053	543	32,58	109,7327
980	443,2876	26,597256	67,868614	1102	478	28,68	79,42634
1009	454,32962	27,259777	71,31662	1128	477	28,62	82,84776
1041	460,29538	27,617723	74,083214	1150	489	29,34	84,23157
1053	533,75336	32,0252	87,318901	1184	477	28,62	84,47594
1077,5	503,95462	30,237276	83,778114	1213	476	28,56	84,57294
1102	502,85172	30,171103	84,881027	1245	457	27,42	84,09625
1128	475,17725	28,510635	81,249069	1267	522	31,32	99,7696
1150	487,46701	29,24802	84,380783	1312	476	28,56	83,11108
1184	477,32855	28,639713	83,903015	1331	459	27,54	79,82514
1213	475,84824	28,550894	84,627731	1368	222,2101	13,3326	37,84362
1245	459,1701	27,550207	82,402824	1398	201,5451	12,09271	35,53354
1267	513,4024	30,804146	92,693825	1424	185,1362	11,10817	31,78249
1312	487,79572	29,267744	87,973862	1462	163,2227	9,793365	29,19984
1331	459,42453	27,565472	82,686554	1491	147,8175	8,86905	25,23911
1368	226,71945	13,603168	40,074429	1525	131,9373	7,916237	22,27576
1398	207,82961	12,469776	36,447044	1557	118,6764	7,120583	20,03087
1424	190,57805	11,434684	33,195545	1576	111,347	6,680818	18,94492
1462	168,02249	10,081349	28,970188	1606	100,8655	6,05193	16,94796
1491	152,33383	9,1400299	26,065725	1635	91,686	5,501161	15,45431
1525	135,92189	8,1553135	23,056063	1669	82,12283	4,92737	13,61207
1557	122,033	7,3219805	20,533173	1705	73,11805	4,387083	12,14673
1576	114,2665	6,8559899	19,129763	1729	67,62901	4,057741	11,04858
1606	103,30875	6,198525	17,169725	1765	60,27518	3,616511	9,833394
1635	93,690575	5,6214347	15,464775	1788	55,94804	3,356882	9,073088
1669	83,662468	5,0197482	13,704567	1815	51,29708	3,077825	8,285518
1705	74,270332	4,4562201	12,073163	1847	46,34279	2,780568	7,451858
1729	68,475044	4,1085029	11,071891	1878	42,01524	2,520915	6,737078
1765	60,867111	3,6520267	9,7751446	1914	37,5512	2,253072	5,994222
1788	56,337547	3,3802528	9,0069914	1950	33,58086	2,014852	5,352523
1815	51,516697	3,0910017	8,1949768	1983	30,31804	1,819082	4,811742
1847	46,39883	2,7839298	7,3396449	2008	28,03826	1,682295	4,454545
1878	41,949791	2,5169873	6,6027908	2035	25,787	1,55E+00	4,077136
1914	37,366482	2,2419889	5,8495297	2077	22,71677	1,36E+00	3,59E+00
1950	33,313503	1,9988102	5,1886315	2095	21,48286	1,29E+00	3,38E+00

1983	29,992088	1,7995254	4,6508794	2134	19,11012	1,15E+00	3,00E+00
2008	27,685261	1,6611156	4,2795768	2158	17,75961	1,07E+00	2,79E+00
2035	25,399467	1,5239681	3,9129899	2188	16,22445	9,73E-01	2,54E+00
2077	22,289761	1,3373857	3,4147539	2215	14,95616	8,97E-01	2,34E+00
2095	21,027216	1,261633	3,2115135	2252	13,40692	8,04E-01	2,09E+00
2134	18,663172	1,1197903	2,8352294	2282	12,26375	7,36E-01	1,91E+00
2158	17,274155	1,0364493	2,612118	2303	11,51562	6,91E-01	1,79E+00
2188	15,784991	0,94709951	2,3764808	2340	10,33676	6,20E-01	1,60E+00
2215	14,475549	0,8685329	2,1669497	2377	9,284164	5,57E-01	1,43E+00
2252	12,983747	0,77902478	1,9317493	2400	8,6757	5,21E-01	1,33E+00
2282	11,808625	0,70851755	1,7440312	2426	8,039925	4,82E-01	1,23E+00
2303	11,079259	0,66475558	1,6278473	2456	7,370165	4,42E-01	1,13E+00
2340	9,9573774	0,59744263	1,4519855	2467	7,133708	4,28E-01	1,09E+00
2377	8,9295807	0,53577483	1,2905942	2488	6,708658	4,03E-01	1,02E+00
2400	8,3208981	0,4992539	1,194487	2518	6,154146	3,69E-01	9,34E-01
2426	7,7152424	0,46291456	1,0994828	2550	5,61673	3,37E-01	8,49E-01
2456	7,0351143	0,42210686	0,99162626	2585	5,086917	3,05E-01	7,65E-01
2467	6,8688817	0,41213289	0,9650597	2620	4,609196	2,77E-01	6,89E-01
2488	6,4256058	0,38553634	0,89537358	2645	4,292948	2,58E-01	6,39E-01
2518	5,8865356	0,35319215	0,81090105	2681	3,882033	2,33E-01	5,74E-01
2550	5,3455195	0,32073116	0,72554332	2705	3,627841	2,18E-01	5,34E-01
2585	4,8611946	0,29167169	0,649921	2731	3,372191	2,02E-01	4,93E-01
2620	4,3821955	0,26293173	0,57461542	2763	3,085295	1,85E-01	4,48E-01
2645	4,1069388	0,24641633	0,53232616	2798	2,801901	1,68E-01	4,03E-01
2681	3,6923971	0,22154382	0,46703041	2834	2,539231	1,52E-01	3,62E-01
2705	3,4644046	0,20786427	0,43269709	2860	2,364238	1,42E-01	3,34E-01
2731	3,2389266	0,19433559	0,39779958	2886	2,201405	1,32E-01	3,08E-01
2763	2,9543755	0,17726253	0,35353199	2925	1,981758	1,19E-01	2,73E-01
2798	2,7038038	0,16222823	0,31586975	2955	1,82843	1,10E-01	2,49E-01
2834	2,4450541	0,14670324	0,27642697	2977	1,723311	1,03E-01	2,32E-01
2860	2,3035984	0,1382159	0,25739303	3009	1,581758	9,49E-02	2,10E-01
2886	2,1413705	0,12848224	0,23211758	3040	1,457406	8,74E-02	1,90E-01
2925	1,9430692	0,11658415	0,20346066	3073	1,34E+00	8,02E-02	1,71E-01
2953	1,810155	0,1086093	0,18615605	3103	1,24E+00	7,42E-02	1,55E-01
2977	1,7241209	0,10344725	0,17450009	3133	1,14E+00	6,87E-02	1,40E-01
3009	1,5708539	0,09425124	0,15119945	3158	1,07E+00	6,45E-02	1,29E-01
3040	1,4615885	0,08769531	0,14107502	3184	1,01E+00	6,03E-02	1,18E-01
3073	1,3248315	0,07948989	0,11703973	3229	8,98E-01	5,39E-02	1,01E-01
3103	1,2628093	0,07576855	0,12331256	3247	8,64E-01	5,19E-02	9,53E-02
3133	1,1379055	0,06827433	0,08439162	3281	7,93E-01	4,76E-02	8,39E-02
3158	1,1814886	0,07088932	0,20226739	3309	7,44E-01	4,46E-02	7,60E-02
3184	0,55296934	0,03317816	0,052735	3368	6,46E-01	3,87E-02	6,02E-02
3229	0,8552438	0,05131463	0,1235923	3405	6,01E-01	3,61E-02	5,30E-02
3247	0,50212878	0,03012773	0,0446143				
3281	0,77405399	0,04644324	0,11158812				
3309	0,40241641	0,02414499	0,03478111				
3368	0,62947398	0,03776844	0,08856608				
3405	0,26796916	0,01607815	0,02223498				

### Tasa de producción acumulada del yacimiento por día.

Eclipse™	Nexus®
----------	--------

Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]	Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]
0	0	0	0	25	2775	166,5	3,51E+01
1	111,3775	6,6826501	1,1229334	57	5367	322,02	6,48E+01
4	444,26495	26,655897	5,7367821	82	7417	445,02	9,06E+01
13	1442,9852	86,579117	19,520422	110	9685	581,1	123,6424
25	2774,4111	166,46468	38,099628	142	12853	771,18	178,1351
57	5377,5391	322,65234	71,614876	172	16753	1005,18	278,0668
82	7420,7295	445,24377	101,73312	207	21513	1290,78	410,8652
110	9679,6035	580,77625	139,71086	240	23031	1381,86	450,9735
142	12819,545	769,17267	205,58069	283	26256	1575,36	558,6047
172	16664,631	999,87787	311,58041	313	28206	1692,36	622,8994
207	21388,057	1283,2833	464,0264	331	28962	1737,72	646,9371
240	22996,863	1379,8118	498,42865	360	30673	1840,38	703,8755
283	26172,418	1570,3451	600,13678	398	32801	1968,06	780,598
313	28130,936	1687,8562	666,70966	432	33855	2031,3	817,9544
331	28901,031	1734,0619	691,1908	452	34695	2081,7	849,5956
360	30590,697	1835,4419	751,25256	484	35911	2154,66	895,5851
398	32712,834	1962,77	831,72498	509	36936	2216,16	935,4287
432	33797,047	2027,8228	870,15948	539	38076	2284,56	980,7001
452	34627,348	2077,6409	901,83154	579	39476	2368,56	1038,145
484	35846,246	2150,7747	949,55951	613	39986	2399,16	1057,507
509	36865,91	2211,9546	990,82501	642	48106	2886,36	1420,64
539	38006,758	2280,4053	1037,7909	671	59561	3573,66	2243,358
579	39408,199	2364,4919	1096,7107	701	70571	4234,26	3280,371
613	39946,449	2396,7869	1117,2893	724	82508	4950,48	4231,677
642	47601,738	2856,1042	1598,5145	752	97488	5849,28	5879,18
671	58633,477	3518,0085	2384,9084	799	122633	7357,98	8607,678
701	69598,148	4175,8887	3281,3267	818	134432	8065,92	10085,19
724	81080,664	4864,8398	4366,0664	841	146737	8804,22	11954,24
752	95727,664	5743,6597	5887,167	887	174843	10490,58	15787,51
799	120706,31	7242,3789	8818,9707	909	184369	11062,14	17305,39
818	132225,44	7933,5259	10246,833	942	199516	11970,96	19482,64
841	144705,08	8682,3047	11860,744	980	216388	12983,28	22006,29
887	172602,66	10356,16	15807,269	1009	229699	13781,94	24134,27
909	182273,25	10936,395	17182,736	1041	244451	14667,06	26632,58
942	197157,41	11829,444	19381,377	1053	250967	15058,02	27949,37
980	214002,33	12840,14	21960,383	1102	274389	16463,34	31640,07
1009	227177,89	13630,673	24028,566	1128	286791	17207,46	33760,96
1041	241907,34	14514,44	26399,229	1150	297549	17852,94	35614,05
1053	248312,38	14898,743	27447,055	1184	313767	18826,02	38563,39
1077,5	260659,27	15639,557	29499,619	1213	327571	19654,26	41016,01
1102	272979,13	16378,748	31579,205	1245	342195	20531,7	43707,09
1128	285333,75	17120,025	33691,68	1267	353679	21220,74	45902,02
1150	296058,03	17763,48	35548,059	1312	375099	22505,94	49871,26
1184	312287,19	18737,23	38400,762	1331	383820	23029,2	51372,84
1213	326086,78	19565,207	40854,965	1368	392239,3	23534,36	52813,65
1245	340780,22	20446,814	43491,855	1398	398285,7	23897,14	53879,66
1267	352075,09	21124,506	45531,117	1424	403099,2	24185,95	54706,01
1312	374025,91	22441,553	49489,941	1462	409301,7	24558,1	55815,6
1331	382754,97	22965,297	51060,988	1491	413717,2	24823,03	56642,92
1368	391143,59	23468,615	52543,742	1525	418335,7	25100,14	57421,68
1398	397378,47	23842,709	53637,152	1557	422133,3	25328	58062,66
1424	402333,5	24140,01	54500,234	1576	424248,9	25454,93	58422,62

1462	408718,34	24523,102	55601,102	1606	427274,8	25636,49	58931,06
1491	413136,03	24788,162	56357,008	1635	429933,7	25796,02	59379,23
1525	417757,37	25065,443	57140,914	1669	432725,9	25963,56	59842,04
1557	421662,44	25299,746	57797,977	1705	435358,2	26121,49	60279,32
1576	423833,5	25430,01	58161,441	1729	436981,3	26218,88	60544,49
1606	426932,75	25615,965	58676,535	1765	439151,2	26349,07	60898,49
1635	429649,78	25778,986	59125,012	1788	440438	26426,28	61107,17
1669	432494,31	25949,658	59590,969	1815	441823	26509,38	61330,88
1705	435168,03	26110,082	60025,602	1847	443306	26598,36	61569,34
1729	436811,44	26208,688	60291,328	1878	444608,5	26676,51	61778,19
1765	439002,66	26340,16	60643,234	1914	445960,3	26757,62	61993,98
1788	440298,44	26417,906	60850,395	1950	447169,2	26830,15	62186,67
1815	441689,38	26501,363	61071,656	1983	448169,7	26890,18	62345,46
1847	443174,13	26590,447	61306,527	2008	448870,7	26932,24	62456,83
1878	444474,59	26668,475	61511,211	2035	449566,9	26974,01	62566,91
1914	445819,78	26749,186	61721,797	2077	450521	27031,26	62717,76
1950	447019,06	26821,143	61908,586	2095	450907,7	27054,46	62778,64
1983	448008,81	26880,527	62062,066	2134	451653	27099,18	62895,73
2008	448700,94	26922,057	62169,055	2158	452079,2	27124,75	62962,62
2035	449386,72	26963,203	62274,707	2188	452565,9	27153,96	63038,79
2077	450322,88	27019,373	62418,125	2215	452969,8	27178,19	63101,91
2095	450701,38	27042,082	62475,934	2252	453465,8	27207,95	63179,18
2134	451429,25	27085,754	62586,508	2282	453833,7	27230,02	63236,39
2158	451843,81	27110,629	62649,199	2303	454075,6	27244,53	63273,9
2188	452317,38	27139,043	62720,492	2340	454458	27267,48	63333,06
2215	452708,22	27162,492	62779	2377	454801,5	27288,09	63386,02
2252	453188,59	27191,316	62850,473	2400	455001,1	27300,07	63416,7
2282	453542,88	27212,572	62902,797	2426	455210,1	27312,61	63448,76
2303	453775,53	27226,531	62936,98	2456	455431,2	27325,87	63482,57
2340	454143,94	27248,637	62990,703	2467	455509,7	27330,58	63494,55
2377	454474,34	27268,461	63038,457	2488	455650,6	27339,04	63516
2400	454665,72	27279,943	63065,93	2518	455835,2	27350,11	63544,02
2426	454866,31	27291,979	63094,516	2550	456015	27360,9	63571,19
2456	455077,37	27304,643	63124,266	2585	456193	27371,58	63597,96
2467	455152,94	27309,176	63134,879	2620	456354,3	27381,26	63622,08
2488	455287,88	27317,271	63153,684	2645	456461,6	27387,7	63638,06
2518	455464,47	27327,867	63178,008	2681	456601,4	27396,08	63658,73
2550	455635,53	27338,131	63201,227	2705	456688,4	27401,31	63671,54
2585	455805,66	27348,34	63223,973	2731	456776,1	27406,57	63684,37
2620	455959,03	27357,543	63244,086	2763	456874,8	27412,49	63698,71
2645	456061,72	27363,703	63257,395	2798	456972,9	27418,38	63712,82
2681	456194,66	27371,678	63274,207	2834	457064,3	27423,86	63725,84
2705	456277,78	27376,668	63284,59	2860	457125,8	27427,55	63734,52
2731	456362	27381,721	63294,934	2886	457183	27430,98	63742,53
2763	456456,53	27387,393	63306,246	2925	457260,3	27435,62	63753,19
2798	456551,19	27393,07	63317,305	2955	457315,2	27438,91	63760,65
2834	456639,19	27398,352	63327,254	2977	457353,1	27441,18	63765,76
2860	456699,09	27401,945	63333,945	3009	457403,7	27444,22	63772,47
2886	456754,78	27405,285	63339,98	3040	457448,9	27446,93	63778,36
2925	456830,53	27409,832	63347,918	3073	457493	27449,58	63784
2953	456881,22	27412,873	63353,129	3103	457530,1	27451,81	63788,64
2977	456922,59	27415,357	63357,316	3133	457564,5	27453,87	63792,85
3009	456972,88	27418,373	63362,156	3158	457591,3	27455,48	63796,07
3040	457018,19	27421,092	63366,527	3184	457617,5	27457,05	63799,14

3073	457061,91	27423,715	63370,391	3229	457657,9	27459,47	63803,67
3103	457099,78	27425,988	63374,09	3247	457673,4	27460,41	63805,39
3133	457133,94	27428,035	63376,621	3281	457700,4	27462,02	63808,24
3158	457163,47	27429,809	63381,68	3309	457721,2	27463,27	63810,37
3184	457177,84	27430,67	63383,051	3368	457759,3	27465,56	63813,92
3229	457216,31	27432,98	63388,613	3405	457781,6	27466,89	63815,88
3247	457225,37	27433,521	63389,414				
3281	457251,69	27435,102	63393,207				
3309	457262,94	27435,777	63394,184				
3368	457300,09	27438,006	63399,406				
3405	457310	27438,6	63400,23				

#### 4. Caso 3

#### Presión promedio del Yacimiento en el tiempo de producción.

Eclipse™		Nexus®	
Tiempo [Días]	Presión [Psia]	Tiempo [Días]	Presión [Psia]
0	3366,2256	25	3357,325
1	3365,8677	57	3348,933
4	3364,793	82	3342,272
13	3361,5686	110	3334,875
25	3357,2637	142	3324,514
57	3348,8445	172	3311,596
82	3342,1973	207	3295,547
110	3334,822	240	3290,34
142	3324,521	283	3279,274
172	3311,6956	313	3272,48
207	3295,6909	331	3269,853
240	3290,2998	360	3263,884
283	3279,3838	398	3256,407
313	3272,6055	432	3252,658
331	3269,939	452	3249,672
360	3264,0369	484	3245,343
398	3256,5784	509	3241,676
432	3252,7544	539	3237,588
452	3249,8057	579	3232,544
484	3245,4619	613	3230,696
509	3241,812	642	3201,326
539	3237,7183	671	3158,853
579	3232,6714	701	3117,211
613	3230,7354	724	3072,733
642	3202,5796	752	3015,522
671	3161,6938	799	2924,347
701	3120,6733	818	2880,857
724	3077,3135	841	2835,792
752	3021,8699	887	2732,229
799	2929,6643	909	2695,388

818	2887,6138	942	2639,256
841	2841,8306	980	2576,449
887	2738,3728	1009	2526,333
909	2702,4724	1041	2470,27
942	2646,9573	1053	2444,83
980	2583,821	1102	2355,938
1009	2534,262	1128	2309,084
1041	2478,6665	1150	2268,456
1053	2454,4377	1184	2206,809
1077,5	2407,6267	1213	2154,022
1102	2360,8081	1245	2098,094
1128	2313,759	1267	2053,959
1150	2272,8357	1312	1975,247
1184	2210,7454	1331	1944,513
1213	2157,8525	1368	1876,216
1245	2101,4868	1398	1824,957
1267	2058,4492	1424	1784,391
1312	1977,7076	1462	1732,982
1331	1946,3527	1491	1698,634
1368	1876,0231	1525	1662,937
1398	1824,9006	1557	1632,919
1424	1784,4734	1576	1616,355
1462	1732,7683	1606	1592,804
1491	1697,256	1635	1572,409
1525	1660,4786	1669	1550,467
1557	1629,7356	1705	1530,244
1576	1612,75	1729	1518,354
1606	1588,7708	1765	1502,708
1635	1567,9955	1788	1493,497
1669	1546,5892	1815	1483,721
1705	1526,8196	1847	1473,387
1729	1514,7969	1878	1464,435
1765	1499,0281	1914	1455,278
1788	1489,8036	1950	1447,215
1815	1480,025	1983	1440,632
1847	1469,7393	2008	1436,072
1878	1460,8617	2035	1431,596
1914	1451,8279	2077	1425,566
1950	1443,9069	2095	1423,14
1983	1437,4702	2134	1418,536
2008	1433,0254	2158	1415,929
2035	1428,6761	2188	1412,988
2077	1422,8387	2215	1410,573
2095	1420,5026	2252	1407,65
2134	1416,0793	2282	1405,506
2158	1413,5822	2303	1404,109
2188	1410,7749	2340	1401,93
2215	1408,4777	2377	1399,999
2252	1405,7078	2400	1398,888
2282	1403,6831	2426	1397,734
2303	1402,3696	2456	1396,528
2340	1400,325	2467	1396,102
2377	1398,5195	2488	1395,343
2400	1397,4851	2518	1394,359

2426	1396,412	2550	1393,411
2456	1395,2924	2585	1392,485
2467	1394,897	2620	1391,655
2488	1394,1959	2645	1391,109
2518	1393,2881	2681	1390,406
2550	1392,4164	2705	1389,972
2585	1391,5659	2731	1389,538
2620	1390,8066	2763	1389,056
2645	1390,3082	2798	1388,583
2681	1389,6677	2834	1388,147
2705	1389,2731	2860	1387,858
2731	1388,8788	2886	1387,59
2763	1388,4429	2925	1387,234
2798	1388,0125	2955	1386,984
2834	1387,6161	2977	1386,812
2860	1387,3521	3009	1386,586
2886	1387,1088	3040	1386,387
2925	1386,7837	3073	1386,194
2953	1386,5685	3103	1386,034
2977	1386,3967	3133	1385,888
3009	1386,1877	3158	1385,775
3040	1386,0031	3184	1385,666
3073	1385,8248	3229	1385,5
3103	1385,6749	3247	1385,437
3133	1385,5371	3281	1385,329
3158	1385,4269	3309	1385,247
3184	1385,3248	3368	1385,099
3229	1385,155	3405	1385,015
3247	1385,1051		
3281	1384,9993		
3309	1384,9628		
3368	1384,8368		
3405	1384,795		

### Tasa de producción del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]	Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]
0	0	0	0	25	111	6,66	1,3951
1	111,37756	6,6826539	1,1228683	57	81	4,86	0,9323553
4	110,96247	6,6577482	1,5379642	82	82	4,92	1,030429
13	110,96892	6,6581349	1,5315154	110	81	4,86	1,181576
25	110,9522	6,6571321	1,5482341	142	99	5,94	1,702953
57	81,347733	4,8808637	1,047367	172	130	7,8	3,330317
82	81,727509	4,9036508	1,2048402	207	136	8,16	3,794283
110	80,673882	4,8404331	1,3565444	240	46	2,76	1,215662
142	98,123055	5,8873835	2,0585251	283	75	4,5	2,505895
172	128,1694	7,6901646	3,5334885	313	65	3,9	2,144009
207	134,95479	8,0972872	4,3557835	331	42	2,52	1,335088
240	48,751606	2,9250965	1,0426323	360	59	3,54	1,96402
283	73,849892	4,4309931	2,3655121	398	56	3,36	2,018742

313	65,283745	3,9170249	2,2193041	432	31	1,86	1,099058
331	42,782921	2,5669751	1,3602389	452	42	2,52	1,581655
360	58,264076	3,4958446	2,0713477	484	38	2,28	1,437635
398	55,845398	3,3507237	2,1179974	509	41	2,46	1,593648
432	31,888346	1,9133008	1,1306669	539	38	2,28	1,509376
452	41,514847	2,490891	1,5838681	579	35	2,1	1,436333
484	38,090332	2,2854199	1,4917279	613	15	0,9	0,5695987
509	40,78632	2,4471791	1,6508526	642	280	16,8	12,52493
539	38,027992	2,2816794	1,5657514	671	395	23,7	28,37044
579	35,035858	2,1021514	1,4731914	701	367	22,02	27,75012
613	15,830734	0,94984406	0,60538125	724	519	31,14	42,46043
642	263,97443	15,838465	16,595072	752	535	32,1	59,14253
671	380,40305	22,824183	27,118744	799	535	32,1	50,45252
701	365,48718	21,929232	29,88241	818	621	37,26	78,45097
724	499,23727	29,954237	47,165306	841	535	32,1	68,85454
752	523,10394	31,386238	54,328159	887	611	36,66	83,57397
799	531,45691	31,887415	62,3825	909	433	25,98	82,33685
818	606,26526	36,375916	75,154732	942	459	27,54	63,83537
841	542,58966	32,555378	70,174103	980	444	26,64	66,55666
887	606,4646	36,387875	85,79847	1009	459	27,54	74,71823
909	439,56799	26,374079	62,525185	1041	461	27,66	79,00517
942	451,03128	27,061876	66,629242	1053	543	32,58	111,549
980	443,28403	26,597042	67,872192	1102	478	28,68	94,56573
1009	454,32611	27,259567	71,320129	1128	477	28,62	59,46857
1041	460,29205	27,617523	74,08654	1150	489	29,34	79,65989
1053	533,74982	32,024986	87,322464	1184	477	28,62	82,06885
1077,5	503,95139	30,237082	83,781357	1213	476	28,56	84,83917
1102	502,84866	30,170919	84,884071	1245	457	27,42	81,59795
1128	475,1745	28,510469	81,251823	1267	522	31,32	89,46909
1150	487,46439	29,247864	84,383392	1312	476	28,56	86,4663
1184	477,32663	28,639597	83,904945	1331	459	27,54	82,05065
1213	475,84592	28,550755	84,630035	1368	520,0443	31,20266	90,88078
1245	459,17035	27,550222	82,40258	1398	467,5911	28,05546	81,40033
1267	513,40472	30,804285	92,691505	1424	425,5888	25,53533	76,62971
1312	487,79724	29,267834	87,972351	1462	371,4987	22,28992	67,03316
1331	459,42615	27,565569	82,684921	1491	335,4473	20,12683	60,32468
1368	536,11371	32,166821	96,295219	1525	297,6409	17,85846	53,19926
1398	482,22614	28,933569	86,188805	1557	265,5843	15,93506	47,89088
1424	440,08487	26,405092	78,281883	1576	248,2464	14,89479	43,16314
1462	385,29138	23,117483	68,030907	1606	222,5784	13,35471	39,65573
1491	346,94308	20,816586	60,888004	1635	200,7818	12,04691	34,01816
1525	306,75571	18,405344	53,455647	1669	176,8772	10,61263	29,97082
1557	272,71774	16,363064	47,197636	1705	154,7638	9,28583	26,27254
1576	253,79942	15,227965	43,745491	1729	141,7248	8,503489	24,23343
1606	226,97775	13,618665	38,878071	1765	124,6367	7,4782	20,89491
1635	203,56778	12,214067	34,651283	1788	114,5721	6,874325	19,53613
1669	179,29585	10,757751	30,282011	1815	103,9472	6,236832	17,26195
1705	156,86177	9,4117069	26,276884	1847	92,69295	5,561577	15,42774
1729	143,22008	8,5932045	23,866026	1878	83,00105	4,980063	13,66879
1765	125,32882	7,5197291	20,72554	1914	73,10356	4,386214	12,04118
1788	114,84554	6,8907323	18,900034	1950	64,43619	3,866171	10,53766
1815	103,77399	6,22644	16,984148	1983	57,39764	3,443858	9,379367
1847	92,168098	5,5300856	14,990752	2008	52,53634	3,15218	8,510528
1878	82,176651	4,9305992	13,287415	2035	47,80614	2,868369	7,664081

1914	72,06369	4,3238215	11,577247	2077	41,44761	2,486857	6,604348
1950	63,235535	3,794132	10,096369	2095	38,91142	2,33E+00	6,183631
1983	56,096195	3,3657715	8,9075756	2134	34,09013	2,05E+00	5,413164
2008	51,161469	3,0696881	8,088171	2158	31,3797	1,882782	4,970731
2035	46,379833	2,7827902	7,2987733	2188	28,33593	1,70E+00	4,469714
2077	40,041561	2,4024937	6,2646756	2215	25,84689	1,55E+00	4,07599
2095	37,412556	2,2447534	5,8325605	2252	22,85044	1,37E+00	3,590507
2134	32,711464	1,9626878	5,072957	2282	20,66548	1,24E+00	3,24E+00
2158	30,02389	1,8014333	4,6394143	2303	19,24915	1,15E+00	3,01E+00
2188	27,016289	1,6209773	4,1558833	2340	17,04752	1,02E+00	2,66E+00
2215	24,576916	1,474615	3,7650914	2377	15,10857	9,07E-01	2,35E+00
2252	21,639214	1,2983528	3,2955794	2400	13,9986	8,40E-01	2,17E+00
2282	19,519901	1,1711941	2,9579668	2426	12,85018	0,7710107	1,99E+00
2303	18,101221	1,0860733	2,7306416	2456	11,65392	6,99E-01	1,80E+00
2340	16,005644	0,96033865	2,3983386	2467	11,23319	6,74E-01	1,73E+00
2377	14,144941	0,84869647	2,1037285	2488	10,48381	6,29E-01	1,61E+00
2400	13,048357	0,78290141	1,92893	2518	9,516422	5,71E-01	1,46E+00
2426	11,981789	0,7189073	1,7606337	2550	8,589888	5,15E-01	1,31E+00
2456	10,845319	0,65071911	1,5815828	2585	7,68779	4,61E-01	1,17E+00
2467	10,448372	0,62690234	1,5190279	2620	6,884305	4,13E-01	1,04E+00
2488	9,7126646	0,58275992	1,4024551	2645	6,357006	3,81E-01	9,59E-01
2518	8,8145914	0,52887547	1,2609922	2681	5,680678	3,41E-01	8,52E-01
2550	7,9442339	0,47665402	1,1239252	2705	5,26529	3,16E-01	7,86E-01
2585	7,098	0,42588001	0,99065071	2731	4,851618	2,91E-01	7,21E-01
2620	6,3473315	0,38083988	0,87247372	2763	4,392439	2,64E-01	6,48E-01
2645	5,8423691	0,35054216	0,79281688	2798	3,943968	2,37E-01	5,78E-01
2681	5,2259007	0,31355405	0,69564289	2834	3,533105	0,2119863	5,13E-01
2705	4,8364377	0,29018626	0,6346339	2860	3,261232	1,96E-01	4,70E-01
2731	4,468823	0,26812938	0,57716048	2886	3,010743	1,81E-01	4,30E-01
2763	4,0254359	0,24152616	0,50707525	2925	2,67743	1,61E-01	3,78E-01
2798	3,6427612	0,21856567	0,44821098	2955	2,446126	1,47E-01	3,41E-01
2834	3,2712324	0,19627394	0,39077741	2977	2,288554	1,37E-01	3,16E-01
2860	3,0233617	0,1814017	0,35394445	3009	2,079369	1,25E-01	2,83E-01
2886	2,7930858	0,16758515	0,31892136	3040	1,896846	1,14E-01	2,55E-01
2925	2,4978607	0,14987163	0,27404276	3073	1,721549	1,03E-01	2,27E-01
2953	2,3063731	0,13838239	0,24794871	3103	1,577465	9,46E-02	2,04E-01
2977	2,1531961	0,12919177	0,2257078	3133	1,44621	8,68E-02	1,83E-01
3009	1,9718416	0,11831049	0,19970572	3158	1,346215	8,08E-02	1,67E-01
3040	1,8027548	0,10816529	0,17692813	3184	1,25E+00	7,50E-02	1,52E-01
3073	1,6396824	0,09838095	0,15500522	3229	1,10E+00	6,61E-02	1,29E-01
3103	1,5181422	0,09108853	0,14153747	3247	1,05E+00	6,32E-02	1,21E-01
3133	1,4014633	0,0840878	0,12462287	3281	9,56E-01	5,74E-02	1,05E-01
3158	1,3417637	0,08050583	0,12313768	3309	8,89E-01	5,33E-02	9,46E-02
3184	1,2088882	0,0725333	0,09417504	3368	7,59E-01	4,56E-02	7,40E-02
3229	1,1309888	0,06785933	0,12330425	3405	6,99E-01	4,20E-02	6,44E-02
3247	0,85452724	0,05127163	0,06758235				
3281	0,90128887	0,05407733	0,13527909				
3309	0,39545116	0,02372707	0,03668748				
3368	0,63081574	0,03784894	0,07952904				
3405	0,34532991	0,0207198	0,02866596				

**Tasa de producción acumulada del yacimiento por día.**

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]	Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]
0	0	0	0	25	2775	166,5	3,51E+01
1	111,37756	6,6826539	1,1228683	57	5367	322,02	6,48E+01
4	444,26498	26,655899	5,7367611	82	7417	445,02	9,06E+01
13	1442,9852	86,579117	19,520399	110	9685	581,1	123,6426
25	2774,4116	166,46471	38,099209	142	12853	771,18	178,1371
57	5377,5391	322,65234	71,614952	172	16753	1005,18	278,0466
82	7420,7266	445,24359	101,73596	207	21513	1290,78	410,8465
110	9679,5957	580,7757	139,71921	240	23031	1381,86	450,9633
142	12819,533	769,172	205,59201	283	26256	1575,36	558,7168
172	16664,615	999,87695	311,59665	313	28206	1692,36	623,0371
207	21388,033	1283,282	464,04907	331	28962	1737,72	647,0687
240	22996,836	1379,8102	498,45593	360	30673	1840,38	704,0253
283	26172,381	1570,3429	600,17297	398	32801	1968,06	780,7375
313	28130,895	1687,8536	666,75208	432	33855	2031,3	818,1055
331	28900,986	1734,0592	691,23639	452	34695	2081,7	849,7385
360	30590,645	1835,4387	751,30548	484	35911	2154,66	895,7429
398	32712,77	1962,7662	831,78937	509	36936	2216,16	935,5841
432	33796,973	2027,8184	870,23206	539	38076	2284,56	980,8654
452	34627,27	2077,6362	901,90942	579	39476	2368,56	1038,319
484	35846,16	2150,7698	949,64471	613	39986	2399,16	1057,685
509	36865,82	2211,9492	990,91602	642	48106	2886,36	1420,908
539	38006,66	2280,3994	1037,8885	671	59561	3573,66	2243,651
579	39408,094	2364,4856	1096,8162	701	70571	4234,26	3291,543
613	39946,34	2396,7803	1117,3992	724	82508	4950,48	4243,42
642	47601,598	2856,0957	1598,6563	752	97488	5849,28	5899,411
671	58633,285	3517,9971	2385,0999	799	122633	7357,98	8532,572
701	69597,898	4175,874	3281,5723	818	134432	8065,92	10142,08
724	81080,359	4864,8213	4366,374	841	146737	8804,22	11720,31
752	95727,266	5743,6362	5887,5625	887	174843	10490,58	15523,72
799	120705,74	7242,3447	8819,54	909	184369	11062,14	17335,13
818	132224,78	7933,4868	10247,48	942	199516	11970,96	19512,33
841	144704,34	8682,2607	11861,484	980	216388	12983,28	21986,23
887	172601,72	10356,103	15808,214	1009	229699	13781,94	24117,18
909	182272,22	10936,333	17183,768	1041	244451	14667,06	26645,34
942	197156,25	11829,375	19382,533	1053	250967	15058,02	27983,93
980	214001,03	12840,063	21961,676	1102	274389	16463,34	31958,86
1009	227176,5	13630,59	24029,961	1128	286791	17207,46	33987,76
1041	241905,84	14514,351	26400,729	1150	297549	17852,94	35747,67
1053	248310,84	14898,65	27448,6	1184	313767	18826,02	38519,94
1077,5	260657,64	15639,459	29501,242	1213	327571	19654,26	40980,28
1102	272977,44	16378,646	31580,902	1245	342195	20531,7	43591,41
1128	285331,97	17119,918	33693,449	1267	353679	21220,74	45868,43
1150	296056,19	17763,371	35549,883	1312	375099	22505,94	49670,63
1184	312285,31	18737,117	38402,652	1331	383820	23029,2	51229,59
1213	326084,84	19565,09	40856,922	1368	403061,6	24183,7	54592,18
1245	340778,28	20446,697	43493,805	1398	417567,3	25054,04	57450,98
1267	352073,19	21124,391	45533,02	1424	429003,1	25740,19	59586,7
1312	374024,06	22441,443	49491,773	1462	443564,3	26613,86	62212,06
1331	382753,16	22965,189	51062,789	1491	453292,3	27197,54	63961,47
1368	402589,38	24155,361	54625,711	1525	463412	27804,72	65770,25

1398	417056,16	25023,369	57211,375	1557	471910,7	28314,65	67302,76
1424	428498,34	25709,9	59246,703	1576	476627,4	28597,65	68122,86
1462	443139,44	26588,365	61831,879	1606	483304,8	28998,29	69312,52
1491	453200,78	27192,047	63597,633	1635	489127,4	29347,65	70299,05
1525	463630,47	27817,828	65415,125	1669	495320,8	29719,25	71432,72
1557	472357,44	28341,447	66925,445	1705	501074,7	30064,48	72450,75
1576	477179,63	28630,777	67756,609	1729	504476,1	30268,56	73032,36
1606	483988,97	29039,338	68922,953	1765	508963	30537,78	73784,58
1635	489892,44	29393,545	69927,844	1788	511598,1	30695,89	74233,9
1669	495988,5	29759,309	70957,43	1815	514404,7	30864,28	74699,98
1705	501635,5	30098,131	71903,398	1847	517370,9	31042,25	75193,66
1729	505072,78	30304,367	72476,18	1878	519943,9	31196,64	75617,4
1765	509584,63	30575,078	73222,305	1914	522575,7	31354,54	76050,88
1788	512226,06	30733,564	73657	1950	524895,4	31493,72	76430,24
1815	515027,97	30901,678	74115,578	1983	526789,5	31607,37	76739,75
1847	517977,34	31078,641	74595,281	2008	528102,9	31686,17	76952,52
1878	520524,84	31231,49	75007,188	2035	529393,7	31763,62	77159,45
1914	523119,12	31387,146	75423,969	2077	531134,5	31868,07	77436,83
1950	525395,63	31523,736	75787,438	2095	531834,8	31910,09	77548,13
1983	527246,75	31634,807	76081,391	2134	533164,4	31989,86	77759,25
2008	528525,81	31711,549	76283,594	2158	533917,5	32035,05	77878,55
2035	529778,06	31786,684	76480,656	2188	534767,6	3,21E+04	78012,64
2077	531459,81	31887,588	76743,773	2215	535465,5	3,21E+04	78122,69
2095	532133,25	31927,994	76848,766	2252	536310,9	3,22E+04	78255,54
2134	533409	32004,539	77046,609	2282	536930,8	3,22E+04	78352,84
2158	534129,56	32047,773	77157,953	2303	537335,1	3,22E+04	78416,05
2188	534940,06	32096,402	77282,633	2340	537965,9	3,23E+04	78514,44
2215	535603,63	32136,217	77384,289	2377	538524,9	3,23E+04	7,86E+04
2252	536404,25	32184,256	77506,227	2400	538846,9	3,23E+04	7,87E+04
2282	536989,88	32219,393	77594,961	2426	539181	32350,86	7,87E+04
2303	537370	32242,199	77652,305	2456	539530,6	3,24E+04	7,88E+04
2340	537962,19	32277,732	77741,047	2467	539654,1	3,24E+04	7,88E+04
2377	538485,56	32309,135	77818,883	2488	539874,3	3,24E+04	7,88E+04
2400	538785,69	32327,141	77863,25	2518	540159,8	3,24E+04	7,89E+04
2426	539097,19	32345,832	77909,023	2550	540434,7	3,24E+04	78895,71
2456	539422,56	32365,354	77956,469	2585	540703,7	3,24E+04	7,89E+04
2467	539537,5	32372,25	77973,18	2620	540944,7	3,25E+04	7,90E+04
2488	539741,44	32384,488	78002,633	2645	541103,6	3,25E+04	7,90E+04
2518	540005,88	32400,354	78040,461	2681	541308,1	3,25E+04	7,90E+04
2550	540260,13	32415,607	78076,43	2705	541434,5	3,25E+04	7,90E+04
2585	540508,56	32430,514	78111,102	2731	541560,6	3,25E+04	7,91E+04
2620	540730,69	32443,842	78141,641	2763	541701,2	3,25E+04	7,91E+04
2645	540876,75	32452,605	78161,461	2798	541839,2	3,25E+04	7,91E+04
2681	541064,88	32463,895	78186,5	2834	541966,4	32517,99	7,91E+04
2705	541181	32470,859	78201,734	2860	542051,2	3,25E+04	79137
2731	541297,19	32477,83	78216,742	2886	542129,5	3,25E+04	7,91E+04
2763	541426	32485,559	78232,969	2925	542233,9	3,25E+04	7,92E+04
2798	541553,5	32493,209	78248,648	2955	542307,3	3,25E+04	7,92E+04
2834	541671,25	32500,273	78262,719	2977	542357,7	3,25E+04	7,92E+04
2860	541749,88	32504,99	78271,922	3009	542424,2	3,25E+04	7,92E+04
2886	541822,44	32509,348	78280,211	3040	542483	3,25E+04	7,92E+04
2925	541919,88	32515,193	78290,906	3073	542539,8	3,26E+04	7,92E+04
2953	541984,44	32519,068	78297,844	3103	542587,1	3,26E+04	7,92E+04
2977	542036,13	32522,168	78303,266	3133	542630,5	3,26E+04	7,92E+04

3009	542099,25	32525,955	78309,656	3158	542664,2	3,26E+04	7,92E+04
3040	542155,13	32529,307	78315,141	3184	542696,7	3,26E+04	7,92E+04
3073	542209,25	32532,555	78320,25	3229	542746,2	3,26E+04	7,92E+04
3103	542254,75	32535,287	78324,5	3247	542765,1	3,26E+04	7,92E+04
3133	542296,81	32537,809	78328,234	3281	542797,7	3,26E+04	7,92E+04
3158	542330,38	32539,822	78331,313	3309	542822,5	3,26E+04	7,92E+04
3184	542361,81	32541,707	78333,766	3368	542867,3	3,26E+04	7,92E+04
3229	542412,69	32544,762	78339,313	3405	5,43E+05	3,26E+04	7,92E+04
3247	542428,06	32545,684	78340,531				
3281	542458,69	32547,523	78345,133				
3309	542469,81	32548,188	78346,156				
3368	542507	32550,42	78350,852				
3405	542519,81	32551,188	78351,906				

## 5. Caso 4

### Presión promedio del Yacimiento en el tiempo de producción.

Eclipse™		Nexus®	
Tiempo [Días]	Presión [Psia]	Tiempo [Días]	Presión [Psia]
0	3366,2256	25	3357,325
1	3365,8677	57	3348,933
4	3364,793	82	3342,272
13	3361,5686	110	3334,874
25	3357,2637	142	3324,513
57	3348,8445	172	3311,595
82	3342,197	207	3295,547
110	3334,8218	240	3290,342
142	3324,5205	283	3279,273
172	3311,6948	313	3272,48
207	3295,6899	331	3269,853
240	3290,2988	360	3263,884
283	3279,3828	398	3256,407
313	3272,6042	432	3252,659
331	3269,938	452	3249,673
360	3264,0364	484	3245,344
398	3256,5784	509	3241,677
432	3252,7544	539	3237,589
452	3249,8057	579	3232,545
484	3245,4622	613	3230,697
509	3241,8123	642	3201,328
539	3237,7188	671	3158,854
579	3232,6719	701	3117,462
613	3230,7358	724	3071,507
642	3202,5798	752	3015,631
671	3161,6943	799	2923,937
701	3120,6738	818	2880,965
724	3077,3142	841	2835,721

752	3021,8704	887	2728,655
799	2929,6641	909	2692,105
818	2887,6133	942	2636,961
841	2841,8303	980	2574,96
887	2738,3723	1009	2525,646
909	2702,4722	1041	2469,905
942	2646,9573	1053	2445,004
980	2583,821	1102	2355,124
1009	2534,262	1128	2307,989
1041	2478,6667	1150	2266,452
1053	2454,4382	1184	2205,552
1077,5	2407,6274	1213	2153,848
1102	2360,8086	1245	2097,98
1128	2313,7598	1267	2054,193
1150	2272,8364	1312	1974,09
1184	2210,7458	1331	1944,119
1213	2157,853	1368	1872,548
1245	2101,4856	1398	1821,833
1267	2058,4333	1424	1780,937
1312	1977,6555	1462	1727,743
1331	1946,3119	1491	1692,643
1368	1874,1599	1525	1656,88
1398	1821,87	1557	1626,855
1424	1780,6378	1576	1610,121
1462	1728,1106	1606	1586,744
1491	1692,1516	1635	1566,399
1525	1655,0566	1669	1544,779
1557	1624,1633	1705	1524,871
1576	1607,1289	1729	1513,154
1606	1583,1603	1765	1497,786
1635	1562,4604	1788	1488,757
1669	1541,2135	1815	1479,201
1705	1521,6635	1847	1469,129
1729	1509,8037	1878	1460,427
1765	1494,3051	1914	1451,555
1788	1485,2601	1950	1443,769
1815	1475,698	1983	1437,428
1847	1465,6709	2008	1433,045
1878	1457,0417	2035	1428,751
1914	1448,2891	2077	1422,984
1950	1440,6387	2095	1420,667
1983	1434,4392	2134	1416,284
2008	1430,1676	2158	1413,806
2035	1425,9969	2188	1411,016
2077	1420,4174	2215	1408,73
2095	1418,1876	2252	1405,968
2134	1413,9828	2282	1403,947
2158	1411,6106	2303	1402,632
2188	1408,9491	2340	1400,585
2215	1406,775	2377	1398,775
2252	1404,1602	2400	1397,735
2282	1402,2526	2426	1396,657
2303	1401,0167	2456	1395,532
2340	1399,0974	2467	1395,134

2377	1397,4065	2488	1394,427
2400	1396,4388	2518	1393,512
2426	1395,4368	2550	1392,633
2456	1394,3923	2585	1391,774
2467	1394,0237	2620	1391,007
2488	1393,371	2645	1390,502
2518	1392,527	2681	1389,853
2550	1391,7177	2705	1389,453
2585	1390,9296	2731	1389,055
2620	1390,2316	2763	1388,611
2645	1389,7695	2798	1388,177
2681	1389,1772	2834	1387,778
2705	1388,8127	2860	1387,513
2731	1388,449	2886	1387,268
2763	1388,0471	2925	1386,943
2798	1387,6511	2955	1386,715
2834	1387,2864	2977	1386,559
2860	1387,0433	3009	1386,353
2886	1386,8186	3040	1386,171
2925	1386,5219	3073	1385,997
2953	1386,3241	3103	1385,851
2977	1386,1667	3133	1385,719
3009	1385,9741	3158	1385,616
3040	1385,8052	3184	1385,517
3073	1385,6388	3229	1385,367
3103	1385,5034	3247	1385,309
3133	1385,3723	3281	1385,211
3158	1385,2794	3309	1385,136
3184	1385,176	3368	1385,002
3229	1385,0968	3405	1384,925
3247	1385,04		
3281	1384,9857		
3309	1384,9072		
3368	1384,8397		
3405	1384,7512		

### Tasa de producción del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]	Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]
0	0	0	0	25	111	6,66	1,395094
1	111,37744	6,6826463	1,1229937	57	81	4,86	0,932349
4	110,9625	6,6577501	1,5379357	82	82	4,92	1,030426
13	110,96892	6,6581349	1,5315157	110	81	4,86	1,181553
25	110,95213	6,6571279	1,5483005	142	99	5,94	1,702845
57	81,347755	4,8808656	1,0473375	172	130	7,8	3,331683
82	81,727722	4,9036632	1,2046283	207	136	8,16	3,794175
110	80,674255	4,8404555	1,3561679	240	46	2,76	1,215158
142	98,12323	5,887394	2,0583475	283	75	4,5	2,500758
172	128,16972	7,6901832	3,5331752	313	65	3,9	2,142408
207	134,95514	8,0973091	4,3554311	331	42	2,52	1,335815

240	48,751873	2,9251125	1,0423659	360	59	3,54	1,962811
283	73,850288	4,4310169	2,3651156	398	56	3,36	2,019189
313	65,284149	3,9170489	2,2189047	432	31	1,86	1,098486
331	42,783253	2,5669951	1,3599058	452	42	2,52	1,582256
360	58,264519	3,4958713	2,0709021	484	38	2,28	1,436734
398	55,845924	3,3507555	2,1174691	509	41	2,46	1,593822
432	31,888775	1,9133265	1,1302373	539	38	2,28	1,508792
452	41,515316	2,4909191	1,5833995	579	35	2,1	1,435848
484	38,090736	2,285444	1,491327	613	15	0,9	0,5693918
509	40,786732	2,4472039	1,6504388	642	280	16,8	12,51859
539	38,028381	2,2817028	1,5653616	671	395	23,7	28,37195
579	35,036205	2,1021724	1,4728414	701	367	22,02	32,35866
613	15,830964	0,94985783	0,60515124	724	519	31,14	42,86194
642	263,97632	15,83858	16,593161	752	535	32,1	47,98907
671	380,4061	22,824366	27,115704	799	535	32,1	54,65264
701	365,49045	21,929426	29,87915	818	621	37,26	69,59138
724	499,24222	29,954535	47,160358	841	535	32,1	63,65552
752	523,10974	31,386585	54,322369	887	611	36,66	127,951
799	531,46375	31,887825	62,375671	909	433	25,98	78,26799
818	606,27289	36,376373	75,147087	942	459	27,54	42,09008
841	542,59723	32,555836	70,166489	980	444	26,64	59,23174
887	606,47302	36,388382	85,790054	1009	459	27,54	64,58657
909	439,57535	26,374521	62,51783	1041	461	27,66	75,79054
942	451,03848	27,062309	66,622047	1053	543	32,58	97,12648
980	443,2908	26,597448	67,865417	1102	478	28,68	105,5815
1009	454,33276	27,259966	71,313469	1128	477	28,62	81,6271
1041	460,29837	27,617903	74,080231	1150	489	29,34	93,08604
1053	533,75653	32,025394	87,315712	1184	477	28,62	60,81108
1077,5	503,95752	30,237452	83,775208	1213	476	28,56	79,86273
1102	502,85443	30,171265	84,878304	1245	457	27,42	82,80114
1128	475,17783	28,51067	81,248497	1267	522	31,32	93,27378
1150	487,4686	29,248116	84,379189	1312	476	28,56	86,89591
1184	477,3302	28,639812	83,90136	1331	459	27,54	80,98479
1213	475,85068	28,551041	84,625275	1368	529,8837	31,79302	92,22205
1245	459,17041	27,550224	82,402519	1398	474,9825	28,49895	91,01719
1267	513,40082	30,80405	92,695427	1424	429,886	25,79316	96,96171
1312	487,79547	29,267729	87,974121	1462	379,3074	22,75845	58,9418
1331	459,42343	27,565405	82,68766	1491	340,3984	20,4239	54,38848
1368	550,32574	33,019547	98,893112	1525	300,1408	18,00845	51,25909
1398	493,21375	29,592825	88,198555	1557	266,758	16,00548	46,76981
1424	448,81619	26,928972	79,878502	1576	247,939	14,87634	46,5556
1462	391,39157	23,483494	69,140472	1606	222,2749	13,33649	37,93822
1491	351,28635	21,077181	61,681473	1635	199,4933	11,9696	34,73378
1525	309,39594	18,563755	53,932892	1669	175,6083	10,5365	28,68494
1557	274,04837	16,442902	47,425152	1705	153,133	9,187979	25,569
1576	254,51816	15,27109	43,865223	1729	139,7908	8,387448	23,76473
1606	226,87012	13,612206	38,855518	1765	122,466	7,347961	20,47859
1635	202,82108	12,169265	34,519176	1788	112,3134	6,738803	19,13246
1669	177,99034	10,67942	30,055456	1815	101,6316	6,097898	16,85075
1705	155,13579	9,3081474	25,979607	1847	90,36249	5,421749	15,01785
1729	141,28163	8,4768982	23,533474	1878	80,68004	4,840803	13,29157
1765	123,18819	7,3912916	20,360638	1914	70,83736	4,250242	11,6573
1788	112,61525	6,7569151	18,521378	1950	62,26341	3,735805	10,13129
1815	101,4849	6,0890942	16,597263	1983	55,30202	3,318121	9,001484

1847	89,859497	5,3915696	14,602526	2008	50,53275	3,031965	8,155046
1878	79,886185	4,7931709	12,904111	2035	45,86798	2,75E+00	7,345984
1914	69,830101	4,189806	11,205435	2077	39,6423	2,38E+00	6,311892
1950	61,084942	3,6650965	9,7402029	2095	37,16194	2,23E+00	5,900718
1983	54,037086	3,2422252	8,5681286	2134	32,47082	1,95E+00	5,140923
2008	49,178261	2,9506955	7,7624984	2158	29,83927	1,79E+00	4,709445
2035	44,482849	2,6689711	6,9884453	2188	26,88526	1,61E+00	4,237368
2077	38,282593	2,2969556	5,9779959	2215	24,47954	1,47E+00	3,848938
2095	35,715351	2,1429212	5,5566936	2252	21,58776	1,30E+00	3,39E+00
2134	31,108055	1,8664833	4,8091249	2282	19,4882	1,17E+00	3,04784
2158	28,5341	1,7120459	4,3943195	2303	18,12687	1,09E+00	2,83E+00
2188	25,624533	1,537472	3,9279654	2340	16,01768	9,61E-01	2,49E+00
2215	23,268564	1,3961139	3,5515764	2377	14,16619	8,50E-01	2,20E+00
2252	20,438152	1,2262892	3,1003261	2400	13,1074	7,86E-01	2,03E+00
2282	18,401497	1,1040897	2,7764282	2426	12,01424	7,21E-01	1,85E+00
2303	17,040604	1,0224361	2,5587463	2456	10,87791	6,53E-01	1,67E+00
2340	15,033375	0,90200251	2,240715	2467	10,47859	6,29E-01	1,61E+00
2377	13,258018	0,79548109	1,9596493	2488	9,768257	5,86E-01	1,50E+00
2400	12,214973	0,73289835	1,793438	2518	8,853025	5,31E-01	1,35E+00
2426	11,199746	0,67198473	1,6332278	2550	7,978186	4,79E-01	1,21E+00
2456	10,127035	0,60762215	1,4642881	2585	7,128198	4,28E-01	1,08E+00
2467	9,7512493	0,58507496	1,4051367	2620	6,372714	3,82E-01	9,60E-01
2488	9,0540552	0,54324335	1,2946563	2645	5,877735	3,53E-01	8,81E-01
2518	8,2049541	0,49229723	1,1608926	2681	5,243956	3,15E-01	7,81E-01
2550	7,385931	0,44315585	1,0318962	2705	4,855406	2,91E-01	7,20E-01
2585	6,5890765	0,39534461	0,90637833	2731	4,468913	2,68E-01	6,59E-01
2620	5,8477864	0,35086718	0,78844357	2763	4,040653	2,42E-01	5,91E-01
2645	5,4283195	0,32569918	0,72313195	2798	3,623068	2,17E-01	5,26E-01
2681	4,8425012	0,29055008	0,63086909	2834	3,241331	1,94E-01	4,65E-01
2705	4,4791479	0,26874888	0,57448524	2860	2,989276	1,79E-01	4,25E-01
2731	4,1348858	0,24809316	0,52082348	2886	2,757215	1,65E-01	3,89E-01
2763	3,7214901	0,2232894	0,4558759	2925	2,448807	1,47E-01	3,40E-01
2798	3,3625219	0,20175132	0,40109375	2955	2,235533	1,34E-01	3,07E-01
2834	3,0204728	0,18122837	0,34876025	2977	2,090517	1,25E-01	2,84E-01
2860	2,7917676	0,16750605	0,31554329	3009	1,89777	1,14E-01	2,53E-01
2886	2,5896361	0,15537816	0,28539574	3040	1,730187	1,04E-01	2,27E-01
2925	2,289578	0,13737468	0,23961058	3073	1,569459	9,42E-02	2,01E-01
2953	2,1267483	0,1276049	0,22056957	3103	1,43778	8,63E-02	1,80E-01
2977	1,9814379	0,11888628	0,19805831	3133	1,317978	7,91E-02	1,61E-01
3009	1,8224527	0,10934716	0,17797622	3158	1,23E+00	7,36E-02	1,47E-01
3040	1,6571798	0,09943079	0,15392081	3184	1,14E+00	6,84E-02	1,33E-01
3073	1,5318801	0,09191281	0,14256828	3229	1,00E+00	6,02E-02	1,11E-01
3103	1,3838142	0,08302885	0,11628855	3247	9,62E-01	5,77E-02	1,05E-01
3133	1,323241	0,07939446	0,12924643	3281	8,73E-01	5,24E-02	9,04E-02
3158	1,1483198	0,06889919	0,08455996	3309	8,13E-01	4,88E-02	8,08E-02
3184	1,1461713	0,06877028	0,17849293	3368	6,95E-01	4,17E-02	6,19E-02
3229	0,53576219	0,03214573	0,04779979	3405	6,44E-01	3,86E-02	5,37E-02
3247	0,91869813	0,05512189	0,13213256				
3281	0,48868102	0,02932086	0,04060737				
3309	0,81577653	0,04894659	0,11702276				
3368	0,35241714	0,02114503	0,027051				
3405	0,69541883	0,04172513	0,10066371				

## Tasa de producción acumulada del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]	Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]
0	0	0	0	25	2775	166,5	3,51E+01
1	111,37744	6,6826463	1,1229937	57	5367	322,02	6,48E+01
4	444,26495	26,655897	5,7368011	82	7417	445,02	9,06E+01
13	1442,9852	86,579109	19,520443	110	9685	581,1	123,6417
25	2774,4109	166,46465	38,100048	142	12853	771,18	178,1327
57	5377,5391	322,65234	71,614845	172	16753	1005,18	278,0832
82	7420,7319	445,24393	101,73056	207	21513	1290,78	410,8793
110	9679,6113	580,77667	139,70326	240	23031	1381,86	450,9795
142	12819,555	769,17328	205,57037	283	26256	1575,36	558,5122
172	16664,646	999,87878	311,56564	313	28206	1692,36	622,7844
207	21388,076	1283,2845	464,00574	331	28962	1737,72	646,8291
240	22996,889	1379,8134	498,40381	360	30673	1840,38	703,7506
283	26172,451	1570,347	600,10376	398	32801	1968,06	780,4798
313	28130,975	1687,8585	666,6709	432	33855	2031,3	817,8284
331	28901,074	1734,0645	691,14923	452	34695	2081,7	849,4735
360	30590,744	1835,4447	751,20538	484	35911	2154,66	895,449
398	32712,891	1962,7734	831,66919	509	36936	2216,16	935,2945
432	33797,109	2027,8265	870,09729	539	38076	2284,56	980,5583
452	34627,414	2077,6448	901,76526	579	39476	2368,56	1037,992
484	35846,316	2150,7791	949,48773	613	39986	2399,16	1057,352
509	36865,988	2211,9592	990,74872	642	48106	2886,36	1420,391
539	38006,836	2280,4102	1037,7096	671	59561	3573,66	2243,177
579	39408,285	2364,4971	1096,6232	701	70571	4234,26	3213,937
613	39946,539	2396,7922	1117,1984	724	82508	4950,48	4625,604
642	47601,852	2856,1111	1598,4	752	97488	5849,28	5938,063
671	58633,629	3518,0178	2384,7554	799	122633	7357,98	8663,77
701	69598,344	4175,9004	3281,1299	818	134432	8065,92	10107,12
724	81080,914	4864,855	4365,8184	841	146737	8804,22	11742,93
752	95727,984	5743,6792	5886,8442	887	174843	10490,58	16670
799	120706,78	7242,4067	8818,501	909	184369	11062,14	18391,89
818	132225,97	7933,5581	10246,296	942	199516	11970,96	20248,02
841	144705,7	8682,3418	11860,125	980	216388	12983,28	22463,17
887	172603,47	10356,208	15806,468	1009	229699	13781,94	24337,2
909	182274,13	10936,447	17181,859	1041	244451	14667,06	26762,5
942	197158,39	11829,503	19380,387	1053	250967	15058,02	27928,02
980	214003,44	12840,206	21959,273	1102	274389	16463,34	32220,23
1009	227179,09	13630,745	24027,363	1128	286791	17207,46	34342,53
1041	241908,64	14514,519	26397,932	1150	297549	17852,94	36390,42
1053	248313,72	14898,823	27445,721	1184	313767	18826,02	38922,15
1077,5	260660,67	15639,641	29498,213	1213	327571	19654,26	41035,9
1102	272980,63	16378,837	31577,73	1245	342195	20531,7	43632,61
1128	285335,22	17120,113	33690,191	1267	353679	21220,74	45684,64
1150	296059,53	17763,572	35546,535	1312	375099	22505,94	49594,95
1184	312288,78	18737,326	38399,18	1331	383820	23029,2	51363,81
1213	326088,44	19565,307	40853,313	1368	404152	24249,12	54936,26
1245	340781,91	20446,914	43490,195	1398	418401,4	25104,09	57666,77
1267	352076,72	21124,604	45529,492	1424	429578,5	25774,71	60187,77
1312	374027,5	22441,65	49488,328	1462	444724,5	26683,47	62819,9

1331	382756,56	22965,393	51059,395	1491	454842,5	27290,55	64423,55
1368	403118,59	24187,117	54718,441	1525	465047,3	27902,84	66166,36
1398	417915,03	25074,9	57364,395	1557	473583,6	28415,01	67662,99
1424	429584,25	25775,055	59441,238	1576	478294,4	28697,66	68547,55
1462	444457,13	26667,428	62068,574	1606	484962,6	29097,76	69685,69
1491	454644,41	27278,666	63857,34	1635	490748	29444,88	70692,97
1525	465163,87	27909,832	65691,055	1669	496911,7	29814,7	71749,69
1557	473933,44	28436,006	67208,664	1705	502620	30157,2	72703,95
1576	478769,28	28726,156	68042,102	1729	505975	30358,5	73274,3
1606	485575,37	29134,523	69207,766	1765	510383,8	30623,03	74011,53
1635	491457,19	29487,432	70208,82	1788	512967	30778,02	74451,58
1669	497508,88	29850,531	71230,711	1815	515711,1	30942,66	74906,55
1705	503093,75	30185,625	72165,977	1847	518602,7	31116,16	75387,12
1729	506484,5	30389,07	72730,773	1878	521103,7	31266,22	75799,16
1765	510919,28	30655,156	73463,758	1914	523653,9	31419,23	76218,82
1788	513509,44	30810,566	73889,75	1950	525895,3	31553,72	76583,55
1815	516249,53	30974,971	74337,875	1983	527720,3	31663,22	76880,59
1847	519125,03	31147,502	74805,156	2008	528983,6	31739,02	77084,47
1878	521601,5	31296,09	75205,188	2035	530222	31813,32	77282,81
1914	524115,38	31446,924	75608,578	2077	531887	31913,22	77547,91
1950	526314,44	31578,867	75959,227	2095	532556	31953,36	77654,13
1983	528097,69	31685,859	76241,977	2134	533822,3	32029,34	77854,62
2008	529327,13	31759,627	76436,039	2158	534538,5	32072,31	77967,65
2035	530528,19	31831,689	76624,727	2188	535345	3,21E+04	78094,77
2077	532136	31928,162	76875,805	2215	536006	3,22E+04	78198,69
2095	532778,94	31966,734	76975,82	2252	536804,7	3,22E+04	78324,11
2134	533992,13	32039,527	77163,383	2282	537389,3	3,22E+04	78415,55
2158	534676,94	32080,617	77268,844	2303	537770	3,23E+04	78474,98
2188	535445,69	32126,74	77386,68	2340	538362,7	3,23E+04	78567,25
2215	536073,94	32164,436	77482,578	2377	538886,8	3,23E+04	7,86E+04
2252	536830,13	32209,809	77597,289	2400	539188,3	3,24E+04	7,87E+04
2282	537382,19	32242,932	77680,578	2426	539500,7	32370,04	7,87E+04
2303	537740,06	32264,402	77734,313	2456	539827	3,24E+04	7,88E+04
2340	538296,25	32297,775	77817,219	2467	539942,3	3,24E+04	7,88E+04
2377	538786,81	32327,209	77889,727	2488	540147,4	3,24E+04	7,88E+04
2400	539067,75	32344,066	77930,977	2518	540413	3,24E+04	7,89E+04
2426	539358,94	32361,537	77973,438	2550	540668,3	3,24E+04	78922,21
2456	539662,75	32379,766	78017,367	2585	540917,8	3,25E+04	7,90E+04
2467	539770	32386,201	78032,828	2620	541140,8	3,25E+04	7,90E+04
2488	539960,19	32397,609	78060,016	2645	541287,8	3,25E+04	7,90E+04
2518	540206,31	32412,379	78094,836	2681	541476,6	3,25E+04	7,90E+04
2550	540442,69	32426,561	78127,859	2705	541593,1	3,25E+04	7,91E+04
2585	540673,31	32440,396	78159,586	2731	541709,3	3,25E+04	7,91E+04
2620	540877,94	32452,678	78187,18	2763	541838,6	3,25E+04	7,91E+04
2645	541013,69	32460,82	78205,258	2798	541965,4	3,25E+04	7,91E+04
2681	541188	32471,279	78227,969	2834	542082,1	32524,93	7,91E+04
2705	541295,5	32477,73	78241,758	2860	542159,8	3,25E+04	79143,28
2731	541403	32484,18	78255,297	2886	542231,5	3,25E+04	7,92E+04
2763	541522,06	32491,324	78269,883	2925	542327	3,25E+04	7,92E+04
2798	541639,75	32498,387	78283,922	2955	542394	3,25E+04	7,92E+04
2834	541748,5	32504,91	78296,477	2977	542440,1	3,25E+04	7,92E+04
2860	541821,13	32509,266	78304,68	3009	542500,8	3,26E+04	7,92E+04
2886	541888,44	32513,307	78312,102	3040	542554,4	3,26E+04	7,92E+04
2925	541977,75	32518,664	78321,445	3073	542606,2	3,26E+04	7,92E+04

2953	542037,25	32522,236	78327,625	3103	542649,4	3,26E+04	7,92E+04
2977	542084,81	32525,09	78332,375	3133	542688,9	3,26E+04	7,92E+04
3009	542143,13	32528,588	78338,07	3158	542719,5	3,26E+04	7,92E+04
3040	542194,5	32531,672	78342,844	3184	542749,2	3,26E+04	7,92E+04
3073	542245,06	32534,705	78347,547	3229	542794,3	3,26E+04	7,92E+04
3103	542286,56	32537,195	78351,039	3247	542811,6	3,26E+04	7,92E+04
3133	542326,25	32539,576	78354,914	3281	542841,3	3,26E+04	7,92E+04
3158	542355	32541,299	78357,031	3309	542864,1	3,26E+04	7,92E+04
3184	542384,81	32543,088	78361,672	3368	542905,1	3,26E+04	7,92E+04
3229	542408,88	32544,533	78363,82	3405	5,43E+05	3,26E+04	7,92E+04
3247	542425,44	32545,525	78366,203				
3281	542442,06	32546,523	78367,578				
3309	542464,88	32547,893	78370,859				
3368	542485,69	32549,141	78372,453				
3405	542511,44	32550,686	78376,18				

## 6. Caso 5

### Presión promedio del Yacimiento en el tiempo de producción para el caso 5.

Eclipse™		Nexus®	
Tiempo [Días]	Presión [Psia]	Tiempo [Días]	Presión [Psia]
0	3366,2256	25	3357,326
1	3365,8677	57	3348,934
4	3364,793	82	3342,273
13	3361,5686	110	3334,876
25	3357,2639	142	3324,516
57	3348,8452	172	3311,598
82	3342,198	207	3295,549
110	3334,8232	240	3290,343
142	3324,5225	283	3279,274
172	3311,697	313	3272,479
207	3295,6924	331	3269,852
240	3290,3013	360	3263,883
283	3279,3848	398	3256,405
313	3272,6064	432	3252,657
331	3269,9399	452	3249,671
360	3264,0378	484	3245,342
398	3256,5791	509	3241,675
432	3252,7546	539	3237,586
452	3249,8059	579	3232,543
484	3245,4619	613	3230,695
509	3241,8123	642	3201,327
539	3237,7183	671	3158,852
579	3232,6711	701	3117,238
613	3230,7351	724	3072,757
642	3202,5791	752	3015,649
671	3161,6936	799	2924,078

701	3120,6731	818	2881,021
724	3077,3132	841	2835,819
752	3021,8694	887	2728,604
799	2929,6641	909	2692,965
818	2887,6135	942	2638,195
841	2841,8303	980	2576,141
887	2738,3726	1009	2526,678
909	2702,4719	1041	2470,887
942	2646,9565	1053	2445,923
980	2583,8206	1102	2357,181
1009	2534,2615	1128	2309,721
1041	2478,6663	1150	2268,725
1053	2454,4375	1184	2206,237
1077,5	2407,6262	1213	2152,288
1102	2360,8076	1245	2096,751
1128	2313,7588	1267	2053,467
1150	2272,8352	1312	1974,929
1184	2210,7449	1331	1943,859
1213	2157,8521	1368	1871,891
1245	2101,4866	1398	1821,141
1267	2058,4497	1424	1781,917
1312	1977,709	1462	1731,438
1331	1946,353	1491	1696,581
1368	1875,1298	1525	1660,558
1398	1823,4498	1557	1630,379
1424	1782,6398	1576	1613,857
1462	1730,5498	1606	1590,645
1491	1694,8303	1635	1569,621
1525	1657,9067	1669	1547,597
1557	1627,0936	1705	1527,587
1576	1610,087	1729	1515,81
1606	1586,1171	1765	1500,31
1635	1565,3818	1788	1491,218
1669	1544,056	1815	1481,556
1705	1524,395	1847	1471,364
1729	1512,4526	1878	1462,531
1765	1496,8157	1914	1453,521
1788	1487,6785	1950	1445,594
1815	1478,0046	1983	1439,132
1847	1467,8436	2008	1434,659
1878	1459,0854	2035	1430,269
1914	1450,1862	2077	1424,362
1950	1442,3942	2095	1421,988
1983	1436,0703	2134	1417,489
2008	1431,7076	2158	1414,943
2035	1427,443	2188	1412,073
2077	1421,7272	2215	1409,72
2095	1419,441	2252	1406,873
2134	1415,123	2282	1404,787
2158	1412,6846	2303	1403,429
2188	1409,9453	2340	1401,312
2215	1407,7053	2377	1399,438
2252	1405,0073	2400	1398,359
2282	1403,0369	2426	1397,242

2303	1401,7592	2456	1396,073
2340	1399,7725	2467	1395,66
2377	1398,0198	2488	1394,925
2400	1397,0128	2518	1393,973
2426	1395,9757	2550	1393,057
2456	1394,8907	2585	1392,162
2467	1394,5077	2620	1391,362
2488	1393,8286	2645	1390,834
2518	1392,9498	2681	1390,156
2550	1392,1063	2705	1389,738
2585	1391,2838	2731	1389,32
2620	1390,55	2763	1388,856
2645	1390,0685	2798	1388,401
2681	1389,45	2834	1387,982
2705	1389,069	2860	1387,703
2731	1388,6882	2886	1387,446
2763	1388,2676	2925	1387,104
2798	1387,8528	2955	1386,864
2834	1387,4705	2977	1386,699
2860	1387,2158	3009	1386,482
2886	1386,98	3040	1386,291
2925	1386,6686	3073	1386,106
2953	1386,4613	3103	1385,953
2977	1386,296	3133	1385,813
3009	1386,094	3158	1385,704
3040	1385,9163	3184	1385,6
3073	1385,7421	3229	1385,441
3103	1385,5986	3247	1385,38
3133	1385,4633	3281	1385,277
3158	1385,3612	3309	1385,198
3184	1385,2516	3368	1385,056
3229	1385,1324	3405	1384,975
3247	1385,072		
3281	1385,0194		
3309	1384,9421		
3368	1384,8696		
3405	1384,7808		

### Tasa de producción del yacimiento por día.

Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]	Tiempo [Días]	Qo [STB/Día]	Qg [MSCF/Día]	Qw [STB/Día]
0	0	0	0	25	111	6,66	1,39481
1	111,37754	6,6826525	1,1228939	57	81	4,86	0,9324593
4	110,96285	6,6577711	1,5375819	82	82	4,92	1,030462
13	110,96929	6,6581578	1,5311403	110	81	4,86	1,181716
25	110,95238	6,6571431	1,5480531	142	99	5,94	1,702747
57	81,347748	4,8808646	1,0473506	172	130	7,8	3,33226
82	81,727448	4,9036469	1,204901	207	136	8,16	3,794383
110	80,673859	4,8404317	1,3565682	240	46	2,76	1,216524
142	98,122894	5,8873739	2,0586824	283	75	4,5	2,514776

172	128,1691	7,690146	3,5337934	313	65	3,9	2,145512
207	134,95432	8,0972586	4,356267	331	42	2,52	1,336477
240	48,752747	2,9251647	1,0414923	360	59	3,54	1,963317
283	73,849686	4,4309812	2,365715	398	56	3,36	2,019632
313	65,283516	3,9170108	2,219538	432	31	1,86	1,098596
331	42,78286	2,5669718	1,3602968	452	42	2,52	1,581867
360	58,263947	3,4958367	2,0714769	484	38	2,28	1,436757
398	55,845295	3,3507178	2,1180978	509	41	2,46	1,592906
432	31,888468	1,9133081	1,1305438	539	38	2,28	1,508457
452	41,514858	2,4908915	1,5838598	579	35	2,1	1,435157
484	38,090347	2,2854209	1,4917133	613	15	0,9	0,5688215
509	40,786331	2,4471798	1,6508425	642	280	16,8	12,50658
539	38,02803	2,2816818	1,5657129	671	395	23,7	28,38153
579	35,035919	2,1021552	1,4731287	701	367	22,02	27,37602
613	15,830948	0,94985688	0,60516739	724	519	31,14	42,53414
642	263,974	15,83844	16,595493	752	535	32,1	58,02278
671	380,40198	22,824118	27,119816	799	535	32,1	68,49076
701	365,48483	21,929089	29,884779	818	621	37,26	79,47007
724	499,23389	29,954033	47,168709	841	535	32,1	75,20879
752	523,10065	31,38604	54,331463	887	611	36,66	136,1265
799	531,45453	31,88727	62,384907	909	433	25,98	49,20534
818	606,26294	36,375774	75,157074	942	459	27,54	52,42387
841	542,58807	32,555283	70,175667	980	444	26,64	64,75494
887	606,46387	36,387833	85,79921	1009	459	27,54	66,26918
909	439,56937	26,374161	62,523815	1041	461	27,66	67,92194
942	451,03314	27,061989	66,627373	1053	543	32,58	98,96477
980	443,28644	26,597187	67,869774	1102	478	28,68	79,91985
1009	454,32877	27,259726	71,31749	1128	477	28,62	85,67831
1041	460,2948	27,617687	74,083809	1150	489	29,34	85,14641
1053	533,75226	32,025135	87,319984	1184	477	28,62	89,48488
1077,5	503,95389	30,237234	83,778824	1213	476	28,56	75,12231
1102	502,85132	30,17108	84,881416	1245	457	27,42	76,07317
1128	475,17758	28,510654	81,248756	1267	522	31,32	87,75374
1150	487,46744	29,248047	84,380341	1312	476	28,56	82,62595
1184	477,32977	28,639786	83,901794	1331	459	27,54	92,25443
1213	475,84894	28,550938	84,626999	1368	521,6955	31,30173	92,35448
1245	459,17377	27,550426	82,399155	1398	468,7728	28,12637	83,94837
1267	513,40778	30,804466	92,688499	1424	427,8304	25,66982	76,73415
1312	487,79977	29,267986	87,969818	1462	373,9938	22,43963	70,18855
1331	459,42831	27,565699	82,682785	1491	337,0963	20,22578	64,67611
1368	542,92981	32,57579	97,53717	1525	298,644	17,91864	55,49416
1398	487,47653	29,24859	87,145264	1557	266,1267	15,9676	49,08939
1424	444,24011	26,654408	79,038033	1576	248,9243	14,93546	41,65618
1462	388,14859	23,288914	68,549355	1606	224,127	13,44762	34,08202
1491	348,96066	20,937639	61,253201	1635	199,6345	11,97807	36,39872
1525	307,96625	18,477974	53,676502	1669	176,2137	10,57282	29,29209
1557	273,33066	16,399839	47,311382	1705	153,9226	9,235353	25,81168
1576	254,0994	15,245964	43,80328	1729	140,771	8,446257	23,60707
1606	226,88249	13,612949	38,865204	1765	123,5197	7,411179	20,64399
1635	203,16972	12,190183	34,584618	1788	113,5019	6,810112	18,86069
1669	178,63412	10,718048	30,168991	1815	102,8189	6,169131	16,97067
1705	156,00574	9,3603439	26,130196	1847	91,57207	5,494324	15,06392
1729	142,26634	8,5359802	23,702639	1878	81,85682	4,911409	13,52465
1765	124,28434	7,4570603	20,547146	1914	72,00919	4,320551	11,77059

1788	113,76191	6,8257146	18,715422	1950	63,39643	3,803786	10,29561
1815	102,66647	6,1599884	16,79607	1983	56,40472	3,384283	9,138338
1847	91,055916	5,4633551	14,802614	2008	51,59437	3,095662	8,293196
1878	81,077301	4,8646379	13,10219	2035	46,88322	2,812993	7,52798
1914	70,995819	4,2597494	11,398138	2077	40,57991	2,434795	6,485473
1950	62,21106	3,7326634	9,9253082	2095	38,0678	2,284068	6,069153
1983	55,118389	3,3071034	8,744977	2134	33,31365	2,00E+00	5,291956
2008	50,221924	3,0133154	7,9324746	2158	30,64377	1,84E+00	4,852511
2035	45,483356	2,7290015	7,150723	2188	27,64376	1,66E+00	4,365324
2077	39,213268	2,3527961	6,1283498	2215	25,19693	1,51E+00	3,968982
2095	36,614647	2,1968787	5,7015505	2252	22,25238	1,34E+00	3,495859
2134	31,94179	1,9165074	4,9428196	2282	20,10966	1,21E+00	3,150178
2158	29,327803	1,7596681	4,52139	2303	18,71973	1,12E+00	2,925864
2188	26,369125	1,5821475	4,0469751	2340	16,563	9,94E-01	2,58E+00
2215	23,970285	1,4382172	3,6636276	2377	14,66688	8,80E-01	2,28E+00
2252	21,083899	1,265034	3,203326	2400	13,58148	8,15E-01	2,10E+00
2282	19,003866	1,140232	2,8724983	2426	12,45976	7,48E-01	1,93E+00
2303	17,612875	1,0567726	2,6499352	2456	11,2924	6,78E-01	1,74E+00
2340	15,557672	0,9334603	2,3243093	2467	10,88197	6,53E-01	1,67E+00
2377	13,737229	0,82423377	2,0361609	2488	10,15132	6,09E-01	1,56E+00
2400	12,705751	0,76234508	1,8732299	2518	9,208856	5,53E-01	1,41E+00
2426	11,586549	0,69519293	1,6950397	2550	8,306956	4,98E-01	1,27E+00
2456	10,514733	0,63088405	1,5262806	2585	7,429616	4,46E-01	1,13E+00
2467	10,130857	0,60785145	1,4658135	2620	6,648855	3,99E-01	1,00E+00
2488	9,4137468	0,56482482	1,3522205	2645	6,136827	3,68E-01	9,22E-01
2518	8,53722	0,5122332	1,2142239	2681	5,480528	3,29E-01	8,19E-01
2550	7,6937385	0,46162432	1,0815331	2705	5,077752	3,05E-01	7,55E-01
2585	6,8698406	0,41219044	0,95187968	2731	4,67682	2,81E-01	6,92E-01
2620	6,1410522	0,36846313	0,83725268	2763	4,232127	2,54E-01	6,22E-01
2645	5,6507316	0,33904389	0,76003253	2798	3,79802	2,28E-01	5,53E-01
2681	5,0517502	0,303105	0,66569078	2834	3,400681	2,04E-01	4,91E-01
2705	4,675138	0,28050828	0,60691279	2860	3,138002	1,88E-01	4,49E-01
2731	4,3195906	0,25917542	0,55141819	2886	2,89605	1,74E-01	4,11E-01
2763	3,8897583	0,2333855	0,48361385	2925	2,574229	1,54E-01	3,60E-01
2798	3,5166354	0,21099812	0,42644462	2955	2,351226	1,41E-01	3,25E-01
2834	3,1601751	0,1896105	0,37166047	2977	2,199427	1,32E-01	3,01E-01
2860	2,9208825	0,17525294	0,33645463	3009	1,997782	1,20E-01	2,69E-01
2886	2,7104473	0,16262683	0,30489433	3040	1,822097	1,09E-01	2,42E-01
2925	2,397418	0,14384508	0,25684637	3073	1,653454	9,92E-02	2,15E-01
2953	2,2255549	0,1335333	0,23567951	3103	1,515027	9,09E-02	1,93E-01
2977	2,0764582	0,12458749	0,21302773	3133	1,388975	8,33E-02	1,73E-01
3009	1,9077907	0,11446744	0,19038862	3158	1,293125	7,76E-02	1,58E-01
3040	1,7390231	0,10434139	0,16656002	3184	1,200463	7,20E-02	1,43E-01
3073	1,6025541	0,09615324	0,15136768	3229	1,057784	6,35E-02	1,21E-01
3103	1,459181	0,08755086	0,12924811	3247	1,01E+00	6,07E-02	1,13E-01
3133	1,3719567	0,0823174	0,12800394	3281	9,19E-01	5,52E-02	9,85E-02
3158	1,2567281	0,07540368	0,09745502	3309	8,55E-01	5,13E-02	8,82E-02
3184	1,2562435	0,07537461	0,14624056	3368	7,31E-01	4,39E-02	6,84E-02
3229	0,81302142	0,04878128	0,06639572	3405	6,75E-01	4,05E-02	5,94E-02
3247	0,97146946	0,05828816	0,14612971				
3281	0,47188771	0,02831326	0,04206966				
3309	0,80447513	0,04826851	0,11349833				
3368	0,37708983	0,02262539	0,0301388				
3405	0,69925433	0,04195526	0,10003031				

## Tasa de producción acumulada del yacimiento por día

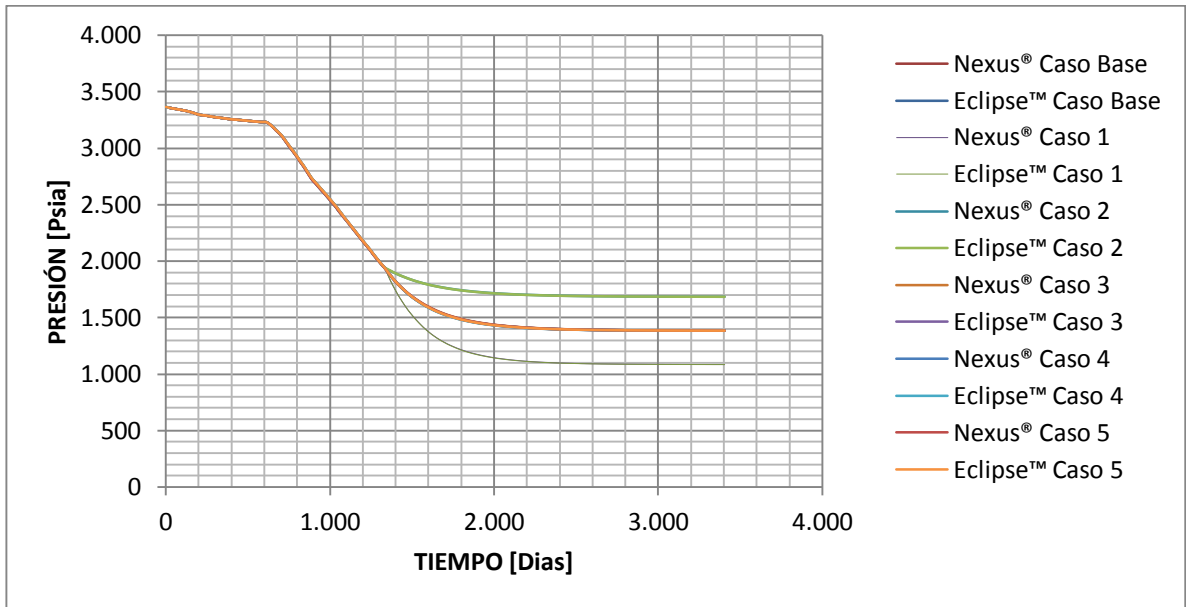
Eclipse™				Nexus®			
Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]	Tiempo [Días]	COP [STB]	CGP [MSCF]	CWP [STB]
0	0	0	0	25	2775	166,5	3,51E+01
1	111,37754	6,6826525	1,1228939	57	5367	322,02	6,48E+01
4	444,26611	26,655966	5,7356396	82	7417	445,02	9,06E+01
13	1442,9897	86,579384	19,515902	110	9685	581,1	123,6435
25	2774,4182	166,4651	38,092541	142	12853	771,18	178,1314
57	5377,5464	322,65277	71,607758	172	16753	1005,18	278,0992
82	7420,7324	445,24396	101,73029	207	21513	1290,78	410,9026
110	9679,6006	580,776	139,71419	240	23031	1381,86	451,0479
142	12819,533	769,172	205,59203	283	26256	1575,36	559,1833
172	16664,605	999,87634	311,60583	313	28206	1692,36	623,5486
207	21388,008	1283,2804	464,0752	331	28962	1737,72	647,6052
240	22996,848	1379,8109	498,44443	360	30673	1840,38	704,5414
283	26172,385	1570,343	600,17017	398	32801	1968,06	781,2874
313	28130,889	1687,8534	666,75635	432	33855	2031,3	818,6397
331	28900,98	1734,0588	691,24164	452	34695	2081,7	850,277
360	30590,635	1835,4381	751,31451	484	35911	2154,66	896,2532
398	32712,756	1962,7654	831,80219	509	36936	2216,16	936,0759
432	33796,965	2027,8179	870,24072	539	38076	2284,56	981,3296
452	34627,262	2077,6357	901,91791	579	39476	2368,56	1038,736
484	35846,152	2150,7693	949,65271	613	39986	2399,16	1058,076
509	36865,813	2211,9487	990,92377	642	48106	2886,36	1420,767
539	38006,652	2280,3992	1037,8951	671	59561	3573,66	2243,831
579	39408,09	2364,4854	1096,8203	701	70571	4234,26	3283,219
613	39946,34	2396,7805	1117,396	724	82508	4950,48	4236,016
642	47601,586	2856,0952	1598,6653	752	97488	5849,28	5860,653
671	58633,246	3517,9946	2385,1399	799	122633	7357,98	8620,387
701	69597,789	4175,8672	3281,6833	818	134432	8065,92	10089,28
724	81080,172	4864,8101	4366,5635	841	146737	8804,22	11711,78
752	95726,984	5743,6191	5887,8447	887	174843	10490,58	16686,97
799	120705,35	7242,3208	8819,9355	909	184369	11062,14	18144,2
818	132224,34	7933,4604	10247,92	942	199516	11970,96	19852,22
841	144703,88	8682,2324	11861,96	980	216388	12983,28	22084,96
887	172601,2	10356,072	15808,724	1009	229699	13781,94	24006,76
909	182271,73	10936,304	17184,248	1041	244451	14667,06	26447,83
942	197155,83	11829,35	19382,951	1053	250967	15058,02	27633,53
980	214000,72	12840,043	21962,002	1102	274389	16463,34	31560,42
1009	227176,25	13630,574	24030,209	1128	286791	17207,46	33788,05
1041	241905,67	14514,341	26400,893	1150	297549	17852,94	35661,27
1053	248310,7	14898,643	27448,732	1184	313767	18826,02	38703,76
1077,5	260657,58	15639,454	29501,313	1213	327571	19654,26	41534,66
1102	272977,44	16378,646	31580,908	1245	342195	20531,7	44031,3
1128	285332,06	17119,924	33693,375	1267	353679	21220,74	46008,52
1150	296056,34	17763,381	35549,742	1312	375099	22505,94	49696,15
1184	312285,53	18737,133	38402,402	1331	383820	23029,2	51448,99
1213	326085,16	19565,109	40856,586	1368	404180	24250,8	55139,4
1245	340778,72	20446,723	43493,359	1398	418590,4	25115,43	57709,96

1267	352073,69	21124,422	45532,508	1424	429714	25782,84	59705,06
1312	374024,69	22441,48	49491,148	1462	443925,8	26635,55	62372,22
1331	382753,81	22965,23	51062,121	1491	453701,6	27222,09	64247,83
1368	402842,22	24170,533	54670,996	1525	463855,5	27831,33	66134,63
1398	417466,53	25047,992	57285,355	1557	472371,5	28342,29	67705,49
1424	429016,78	25741,006	59340,344	1576	477101,1	28626,07	68496,96
1462	443766,41	26625,984	61945,219	1606	483824,9	29029,49	69519,42
1491	453886,28	27233,176	63721,563	1635	489795,5	29387,73	70568,02
1525	464357,13	27861,428	65546,563	1669	496010,3	29760,61	71712,91
1557	473103,72	28386,223	67060,523	1705	501745,4	30104,72	72673,84
1576	477931,59	28675,896	67892,789	1729	505123,9	30307,43	73240,41
1606	484738,06	29084,283	69058,742	1765	509570,6	30574,24	73983,59
1635	490630	29437,799	70061,695	1788	512181,2	30730,87	74417,39
1669	496703,56	29802,213	71087,445	1815	514957,2	30897,43	74875,6
1705	502319,75	30139,186	72028,133	1847	517887,6	31073,25	75357,64
1729	505734,16	30344,049	72596,992	1878	520425,1	31225,51	75776,91
1765	510208,38	30612,504	73336,695	1914	523017,5	31381,05	76200,65
1788	512824,91	30769,494	73767,148	1950	525299,7	31517,98	76571,29
1815	515596,91	30935,814	74220,641	1983	527161,1	31629,66	76872,86
1847	518510,69	31110,643	74694,32	2008	528450,9	31707,06	77080,18
1878	521024,09	31261,445	75100,492	2035	529716,8	31783,01	77283,44
1914	523579,94	31414,797	75510,828	2077	531421,1	31885,27	77555,83
1950	525819,56	31549,172	75868,133	2095	532106,3	31926,38	77665,08
1983	527638,44	31658,307	76156,719	2134	533405,6	32004,33	77871,46
2008	528894	31733,639	76355,031	2158	534141,1	32048,46	77987,92
2035	530122,06	31807,322	76548,102	2188	534970,3	3,21E+04	78118,88
2077	531769	31906,141	76805,492	2215	535650,6	3,21E+04	78226,04
2095	532428,06	31945,684	76908,117	2252	536474	3,22E+04	78355,39
2134	533673,81	32020,428	77100,891	2282	537077,3	3,22E+04	78449,9
2158	534377,69	32062,66	77209,406	2303	537470,4	3,22E+04	78511,34
2188	535168,75	32110,125	77330,813	2340	538083,3	3,23E+04	78606,85
2215	535815,94	32148,955	77429,734	2377	538625,9	3,23E+04	7,87E+04
2252	536596,06	32195,762	77548,258	2400	538938,3	3,23E+04	7,87E+04
2282	537166,13	32229,969	77634,43	2426	539262,3	32355,74	7,88E+04
2303	537536	32252,162	77690,078	2456	539601	3,24E+04	7,88E+04
2340	538111,69	32286,699	77776,078	2467	539720,7	3,24E+04	7,89E+04
2377	538619,94	32317,195	77851,414	2488	539933,9	3,24E+04	7,89E+04
2400	538912,19	32334,73	77894,5	2518	540210,1	3,24E+04	7,89E+04
2426	539213,44	32352,805	77938,57	2550	540476	3,24E+04	78975,69
2456	539528,88	32371,732	77984,359	2585	540736	3,24E+04	7,90E+04
2467	539640,31	32378,418	78000,484	2620	540968,8	3,25E+04	7,91E+04
2488	539838	32390,279	78028,883	2645	541122,1	3,25E+04	7,91E+04
2518	540094,13	32405,646	78065,305	2681	541319,5	3,25E+04	7,91E+04
2550	540340,31	32420,418	78099,914	2705	541441,3	3,25E+04	7,91E+04
2585	540580,75	32434,846	78133,234	2731	541562,9	3,25E+04	7,91E+04
2620	540795,69	32447,74	78162,531	2763	541698,4	3,25E+04	7,92E+04
2645	540936,94	32456,217	78181,539	2798	541831,2	3,25E+04	7,92E+04
2681	541118,81	32467,129	78205,5	2834	541953,7	32517,22	7,92E+04
2705	541231	32473,861	78220,063	2860	542035,3	3,25E+04	79207,51
2731	541343,31	32480,6	78234,406	2886	542110,6	3,25E+04	7,92E+04
2763	541467,81	32488,068	78249,875	2925	542211	3,25E+04	7,92E+04
2798	541590,88	32495,453	78264,805	2955	542281,5	3,25E+04	7,92E+04
2834	541704,63	32502,279	78278,188	2977	542329,9	3,25E+04	7,92E+04
2860	541780,56	32506,836	78286,93	3009	542393,8	3,25E+04	7,93E+04

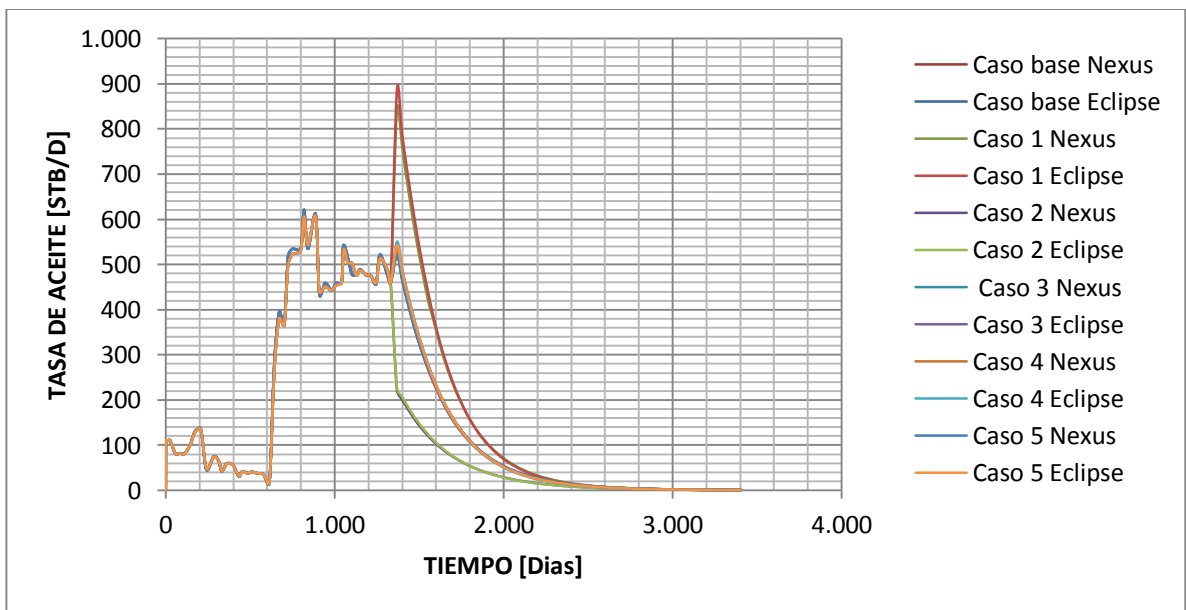
2886	541851,06	32511,064	78294,859	3040	542450,3	3,25E+04	7,93E+04
2925	541944,56	32516,674	78304,875	3073	542504,9	3,26E+04	7,93E+04
2953	542006,88	32520,412	78311,477	3103	542550,4	3,26E+04	7,93E+04
2977	542056,69	32523,402	78316,586	3133	542592	3,26E+04	7,93E+04
3009	542117,75	32527,066	78322,68	3158	542624,3	3,26E+04	7,93E+04
3040	542171,69	32530,301	78327,844	3184	542655,5	3,26E+04	7,93E+04
3073	542224,56	32533,473	78332,836	3229	542703,1	3,26E+04	7,93E+04
3103	542268,31	32536,1	78336,719	3247	542721,4	3,26E+04	7,93E+04
3133	542309,5	32538,57	78340,555	3281	542752,6	3,26E+04	7,93E+04
3158	542340,94	32540,455	78342,992	3309	542776,6	3,26E+04	7,93E+04
3184	542373,56	32542,414	78346,797	3368	542819,7	3,26E+04	7,93E+04
3229	542410,19	32544,609	78349,781	3405	5,43E+05	3,26E+04	7,93E+04
3247	542427,63	32545,658	78352,414				
3281	542443,69	32546,621	78353,844				
3309	542466,19	32547,973	78357,023				
3368	542488,44	32549,309	78358,797				
3405	542514,31	32550,859	78362,5				

**ANEXOS B: Curvas de tendencia de la sensibilización de parámetros en subsuelo.**

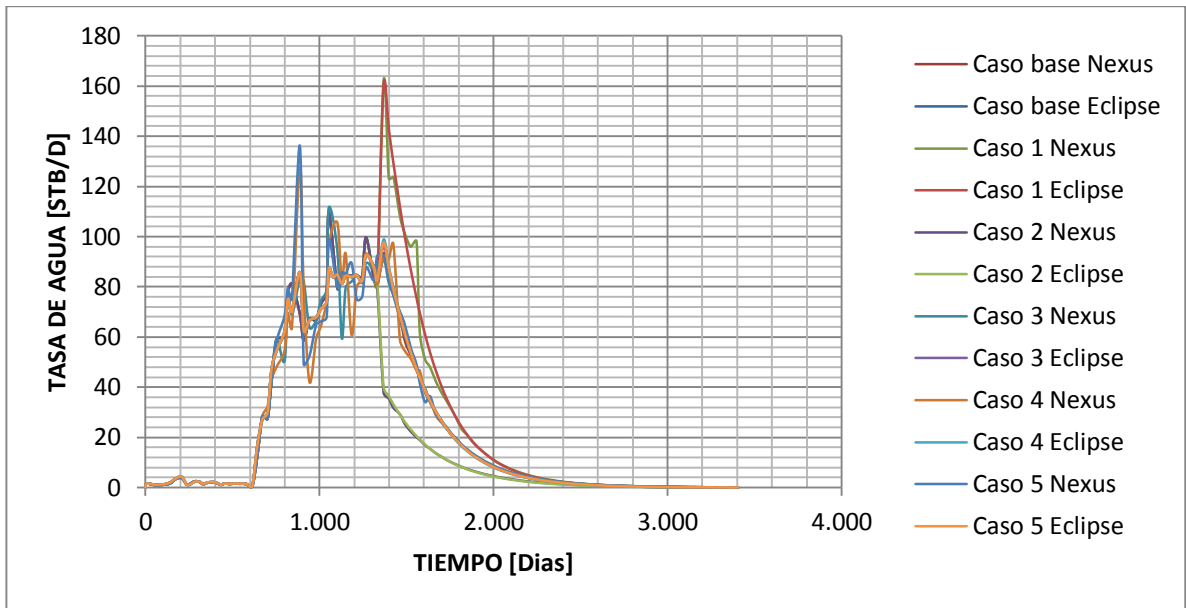
**Caída de presión agrupando todos los casos estudiados**



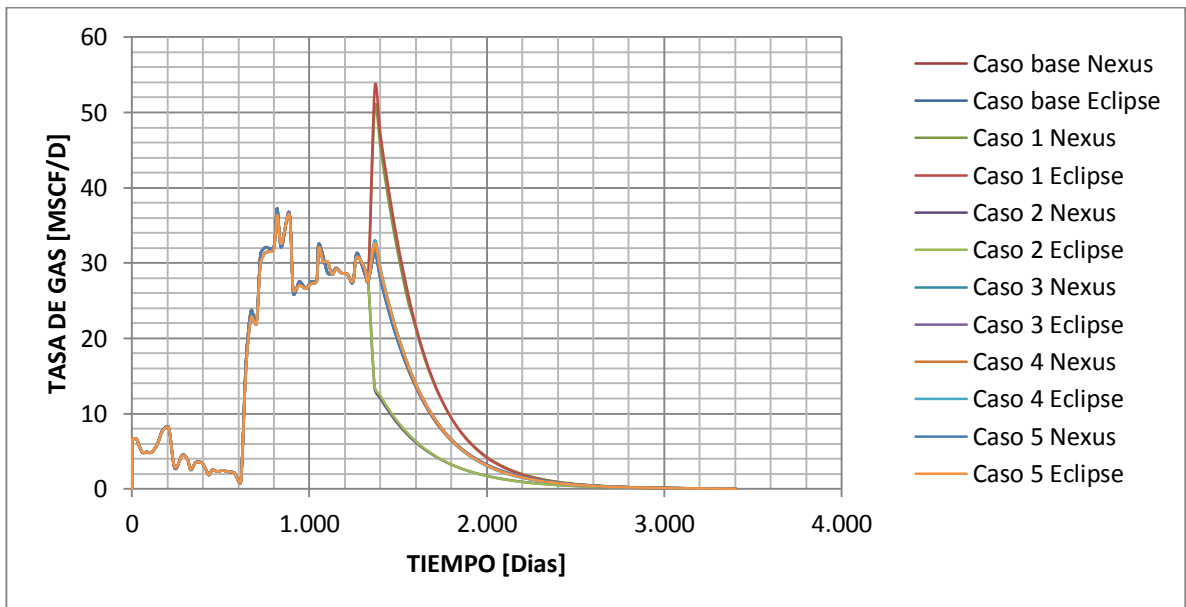
**Tasa de producción de aceite agrupando todos los casos estudiados**



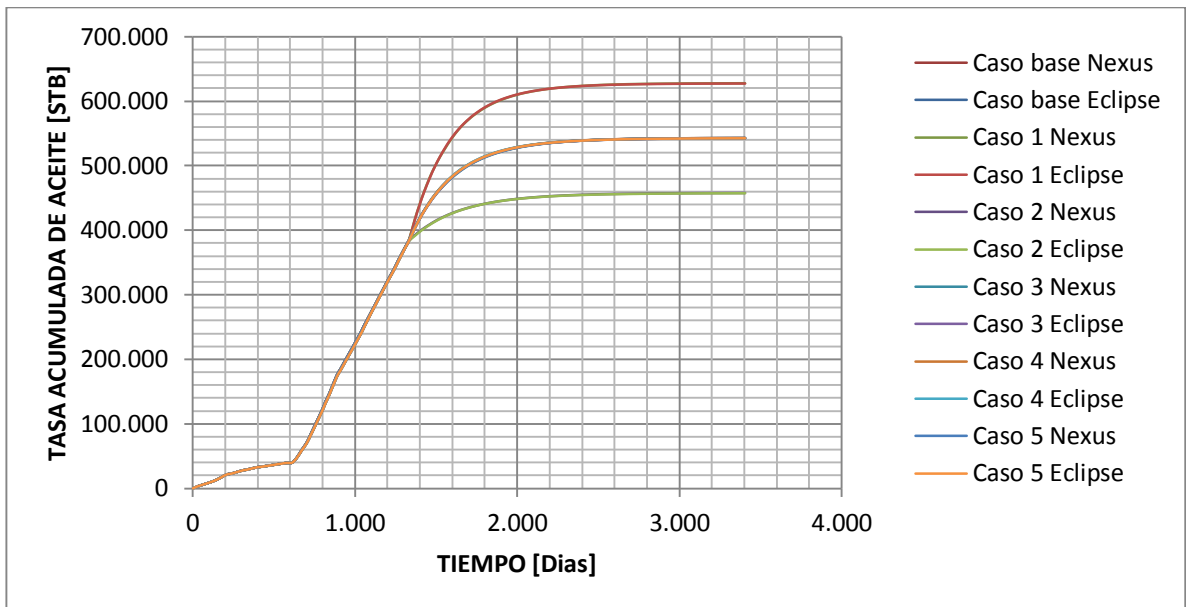
### Tasa de producción de agua agrupando todos los casos estudiados



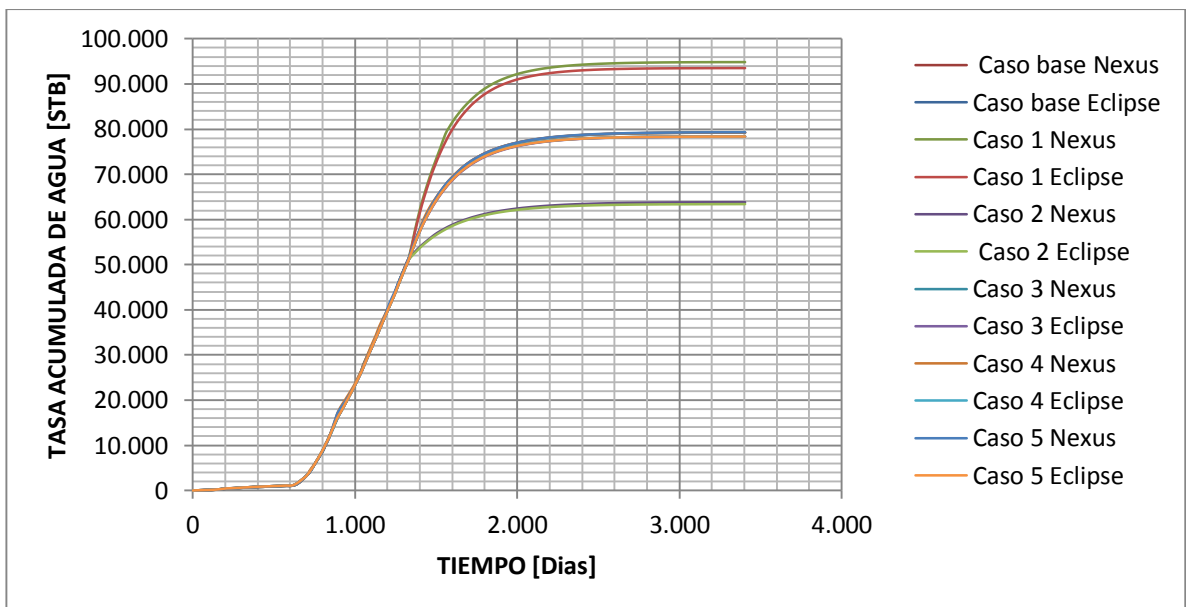
### Tasa de producción de gas agrupando todos los casos estudiados



**Tasa de producción acumulada de aceite agrupando todos los casos estudiados**



**Tasa de producción acumulada de agua agrupando todos los casos estudiados**



**Tasa de producción acumulada de gas agrupando todos los casos estudiados**

