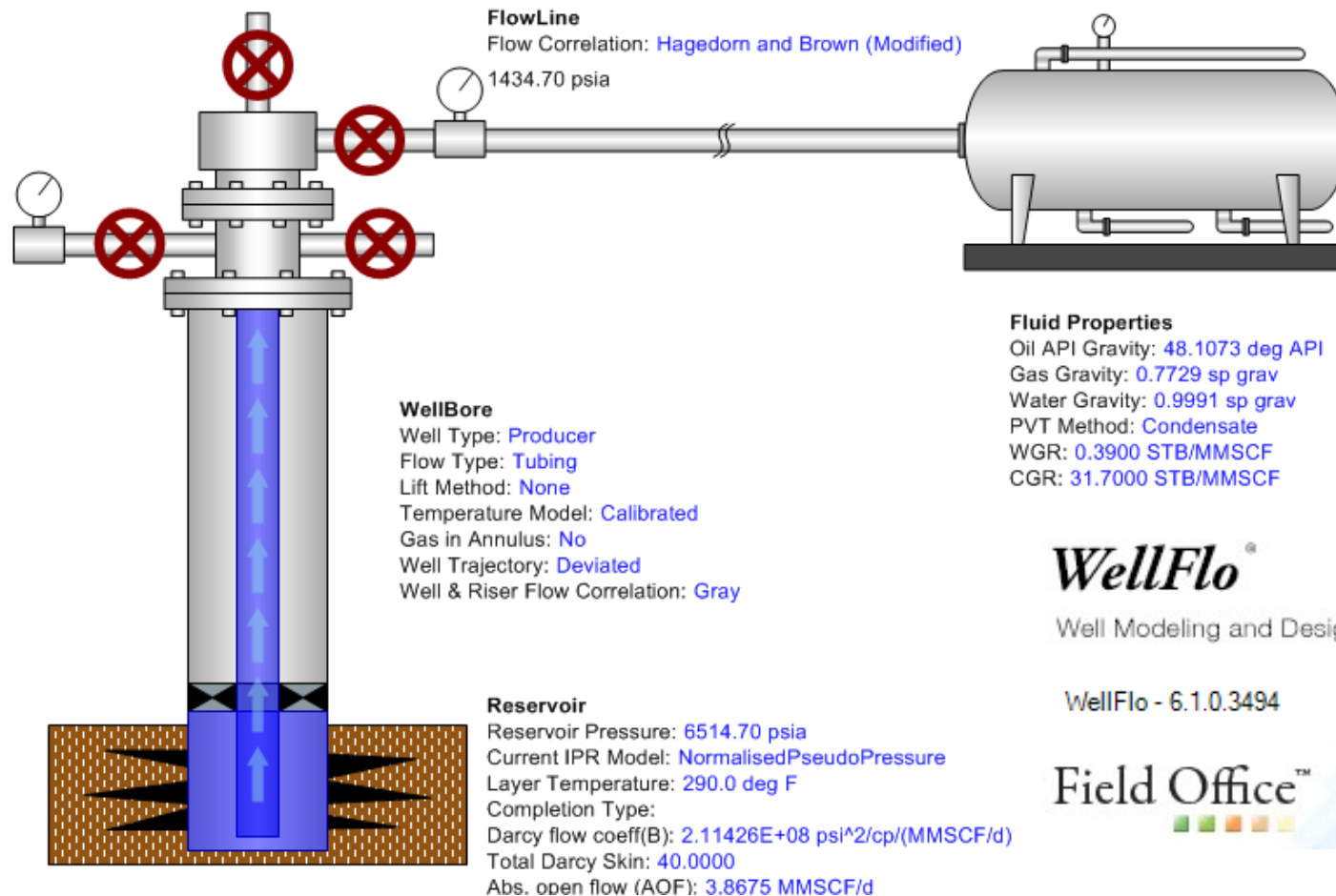


Análisis Nodal

Método probabilístico para cálculo de IOR

Well Performance



WellFlo – Análisis

Pozo y Tipo de Flujo

Well and Flow Type

Well Type
☒ Producer
☐ Injector
☐ Pipeline

Artificial Lift Method
☒ None
☐ Continuous Gas Lift
☐ ESP
☐ PCP
☐ Jet Pump
☐ Plunger Lift
☐ Recirculating Rod Lift
☐ Intermittent Gas Lift

Flow Type
☒ Tubing
☐ Annular
☐ Tubing and Annular

Fluid Type
☐ Heavy Oil
☐ Black Oil
☐ Volatile Oil
☒ Condensate
☐ Dry Gas

Well Orientation
☒ Vertical
☐ Horizontal
☐ Multi Frac

Correlación de Flujo

Flow Correlations

Well and Riser Correlation
☐ Change correlation at MD:
 Deep Well Flow Correlation
 Well and Riser L Factor
 Critical Flow for Liquid Loading:
 1.0000

Downcomer Correlation
 L Factor
 1.0000

Pipeline Correlation
 L Factor
 1.0000

Choke Subcritical choke L Factor
 Correlation
 A 0.0000 B 0.0000 C 0.0000

Parámetros de Fluido

Fluid Parameters

PVT Calculation Method
☐ Black Oil
☒ Compositional
 Fluid Type: Condensate

Base Composition

Fluid Component	Base Composition
Water	0
Nitrogen	0.003798
Carbon dioxide	0.034486
Methane	0.727209
Ethane	0.083667
Propane	0.038385
C4	0.02379
C5C6	0.02569
C7C10	0.032687
C11C14	0.013596
C15C20	0.010196
C21C29	0.005098
C29	0

Total Molar Fraction 0.9986

Fluid Model
☐ Create new Model
☒ Edit existing Model
☐ Use existing Model
 Import Open

Tuning Results
 CO - Tuning Result 6
 Equation of State
 Peng-Robinson With Volume Shifts
 RMS Error before Tuning (%) 49.6373
 RMS Error after Tuning (%) 7.3393

Salinity
 Water Salinity 105.0000 ppm
 Water Gravity 0.9991 sp grav

WellFlo – Análisis

Datos de Yacimiento por Capa

Reservoir Layers Data

[Add Layer](#)
[Delete Current Layer](#)
[Show Composite IPR](#)
[Layer Parameters](#)
[Manual](#)
[Test data](#)
[Segmented](#)

General Drainage Area Geometry IPR Rel. Perm.

Int 1 General

☒ Active Name Int 1

Pressure 6514.70 psia
 Temperature 290.0 deg F
 Midperf Depth (MD) 18607.00 ft
 Permeability 2.0000 md
 Thickness (TVD) 120.00 ft
 Wellbore Radius 0.25 ft
 Water Gas Ratio 0.3900 STB/MMSCF
 Condensate Gas Ratio 31.7000 STB/MMSCF

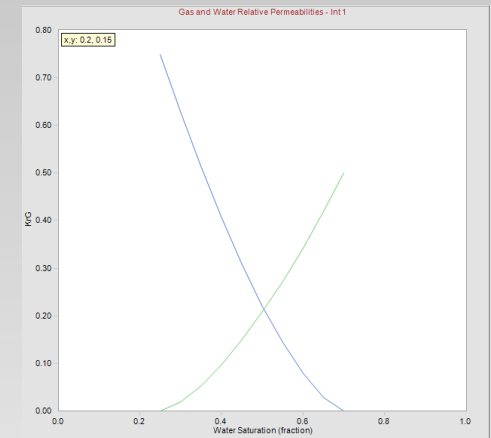
IPR Model NormalisedPseudoPressure Export

IPR Data

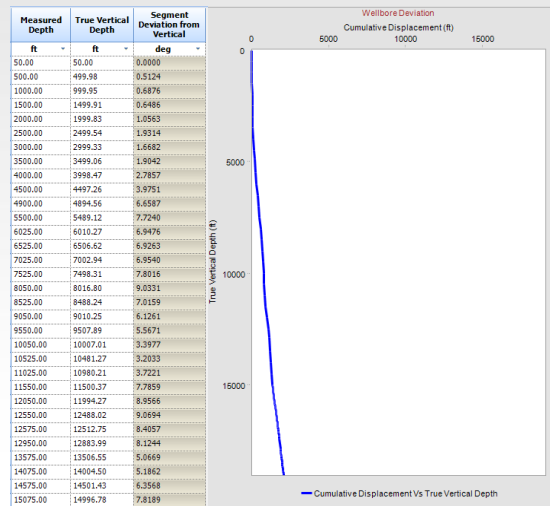
Skin Options
☐ Include Non-Darcy Effects Total Non-Darcy Skin 0.0000 1/(MMSCF/d)
☐ Use Calculated Skin Total Darcy Skin 40.0000
☐ Fractured

☐ Multi Frac Horizontal Well
☐ Reservoir Matrix Correction

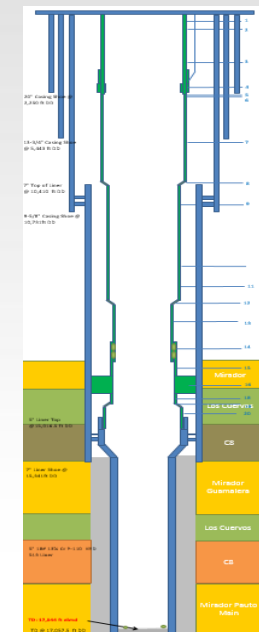
Permeabilidades Relativas



Desviación del Pozo (Direccional)



Esquemático del Pozo



Predicción de IOR

Metodología Anterior

- La predicción de producción se hacía a partir simulación numérica
- EL IOR se ajustaba a partir de “Wellflo”
- IOR P90, P50 y P10, se determinaba usando “Crystal Ball” a partir de 500 a 1000 estimaciones (sensibilidades) en wellflo.
 - ✓ Las sensibilidades se realizaban cambiando solo dos parámetros a la vez
 - ✓ La distribución de los datos no siempre es “Lognormal”, generalmente es Triangular.

Preguntas:

- Como se puede optimizar el proceso de Iteración para el calculo de IOR
- Como minimizar el número de corridas en Wellflo

Predicción de IOR

Solución

Utilización del ***Diseño Experimental – DE*** Para incorporar el Riesgo y la Incertidumbre.

- ✓ DE es una Técnica Estadística que permite identificar, alterar y cuantificar las variables que afectan el comportamiento de un sistema
- ✓ En un DE se manipulan de manera controlada una o más variables asociadas a un sistema con el propósito de medir el impacto en la respuesta del mismo.
- ✓ Para nuestro caso se utilizó el DE de dos Niveles que usa nomenclatura (+) y (-) para los valores máximos y mínimos
- ✓ Los modelos disponibles son: Full Factorial, Fractional Factorial y Plackett-Burman
- ✓ Plackett-Burman es muy eficiente y usado cuando se tiene un gran número de incertidumbres
- ✓ Combinación de parámetros(-1, 0, 1) son recomendados para cada corrida.

Predicción de IOR

Visual Basic MACRO-Wellflo

1. Identificación y definición de parámetros a incluir en la evaluación (Permeabilidad, porosidad, espesor neto, skin, presión, BSW, GOR, otros)

Plackett-Burman Design for well

WELL NAME

<u>Variable Number</u>	<u>Units</u>	<u>Variable Name</u>	<u>Minimum (-1)</u>	<u>Maximum (1)</u>
Reservoir Parameters		Layer 1	-1	1
X1	psi	Press	5650	5750
X2	Md	K	1.2	2.0
X3	stb/MMscf	WGR	1.00	1.80
X4	stb/MMscf	CGR	110	130
X5	dimensionless	Skin	2.5	15

Predicción de IOR

Visual Basic MACRO-Wellflo

2. Efectuar las corridas en “Wellflo” dependiendo del numero de variables y acorde a la matriz del modelo “Placket-Burman”

Plackett-Burman Design for well

WELL NAME

Variable Number	Units	Variable Name	Minimum (-1)	Maximum (1)
Reservoir Parameters			-1	1
X1	psi	Press	5650	5750
X2	Md	K	1.2	2.0
X3	stb/MMscf	WGR	1.00	1.80
X4	stb/MMscf	CGR	110	130
X5	dimensionless	Skin	2.5	15

Linear Proxy Equation

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

	Press	K	WGR	CGR	Skin				
	X1	X2	X3	X4	X5	Y (IOR)		Gas	Water
1	1	1	1	1	1	3628	1	38.880	51
2	-1	1	-1	-1	1	3537	2	39.450	46
3	-1	-1	1	-1	-1	3782	3	41.590	56
4	1	-1	-1	1	-1	3931	4	41.090	47
5	1	1	-1	-1	1	3589	5	39.900	46
6	-1	1	1	-1	-1	4381	6	46.810	66
7	-1	-1	1	1	-1	3844	7	40.450	54
8	-1	-1	-1	1	1	3250	8	36.130	43

Number of Variables

Number of Runs

If variables up to 3	4
If variables up to 7	8
If variables up to 11	12
If variables up to 15	16



Predicción de IOR

Visual Basic MACRO-Wellflo

- Efectuar las corridas en “Wellflo” dependiendo del numero de variables y acorde a la matriz del modelo “Plackett-Burman”

Plackett-Burman Design for well

WELL NAME

Variable Number	Units	Variable Name	Minimum (-1)	Maximum (1)
Reservoir Parameters			-1	1
X1	psi	Press	3000	3500
X2	mD-ft	KH	3500	12000
X3	scf/stb	CGR	50	100
X4	%	WGR	0	5
X5	dimensionless	Skin	5	20
Reservoir Parameters				
X6	psi	Press	3000	3400
X7	mD-ft	KH	2400	10000
X8	scf/stb	CGR	40	120
X9	%	WGR	0	5
X10	dimensionless	Skin	5	20
Well Parameters				
X11	dimensionless	Corey Gas/Water - Oil/Water (n)	3	5
X12	dimensionless	Corey Gas/Oil exponent (n)	3	5
X13	dimensionless	Corey Gas/Oil - Oil/Water (m)	3	5
X14	dimensionless	Corey Gas/Water exponent (m)	3	5
X15	in	Completion Size	3.125	3.966

Linear Proxy Equation

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

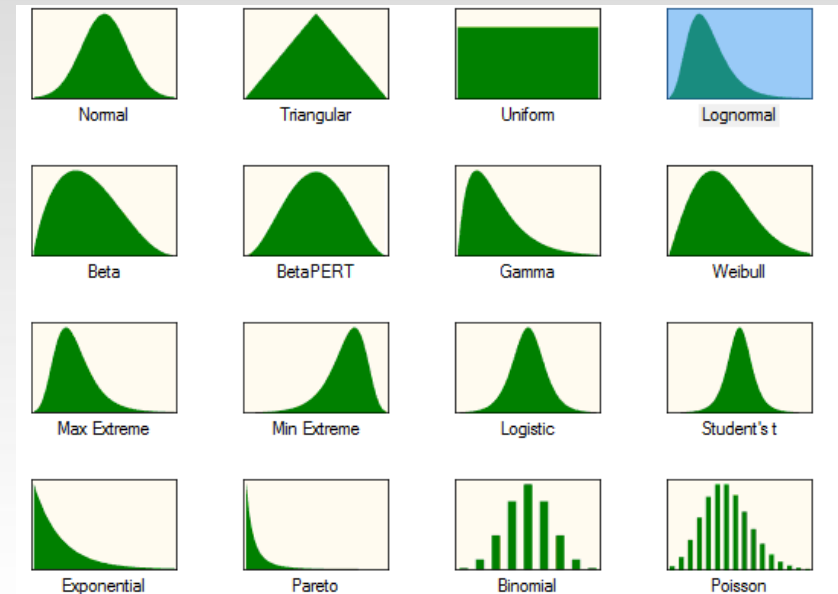
	Press	KH	CGR	WGR	Skin	Press	KH	CGR	WGR	Skin	Corey Exponents					Size	Y (IOR)		Gas	Water
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	560	1	5.293	15	
2	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	386	2	7.725	22	
3	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	482	3	9.635	0	
4	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1189	4	10.427	0	
5	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	806	5	16.117	53	
6	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	1295	6	21.484	0	
7	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1762	7	24.608	70	
8	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	2191	8	18.699	5	
9	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	601	9	6.122	25	
10	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	692	10	10.949	10	
11	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1267	11	23.420	7	
12	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1102	12	22.049	28	
13	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1775	13	21.465	0	
14	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1495	14	21.577	31	
15	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1948	15	22.148	27	
16	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1684	16	33.674	28	

Predicción de IOR

Visual Basic MACRO-Wellflo

- Definición de la distribución estadística de cada parámetro en “Crystal Ball” (Lognormal, normal, beta, triangular, etc) fijando los valores mínimos y máximos de cada variable

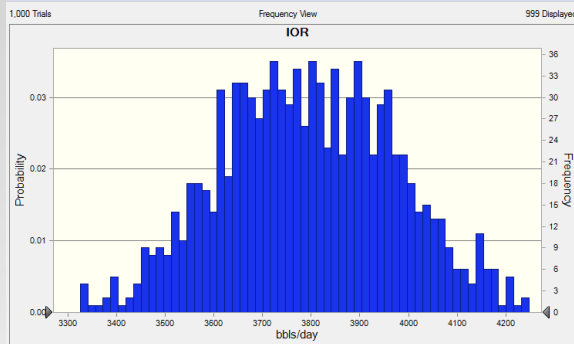
Variable				
Variable Name	Minimum	Maximum	Value	Distribution
Press	5650	5750	5700	Normal
K	1.2	2.0	1.6	Lognormal
WGR	1	1.8	1.40	Normal
CGR	110	130	120	Normal
Skin	2.5	15	7.8	Normal



Predicción de IOR

Visual Basic MACRO-Wellflo

4. Generación de valores Usando Crystal Ball

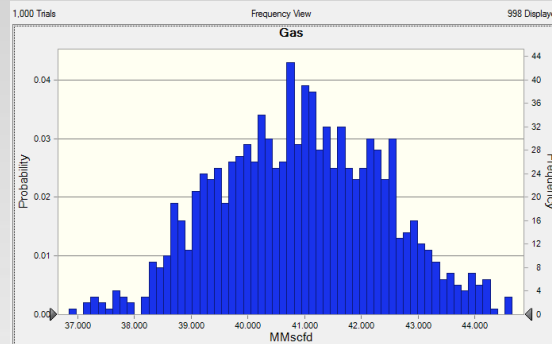


OIL

Forecast: IOR

Percentile Forecast values

10%	3430
20%	3496
30%	3547
40%	3592
50%	3632
60%	3674
70%	3719
80%	3773
90%	3829

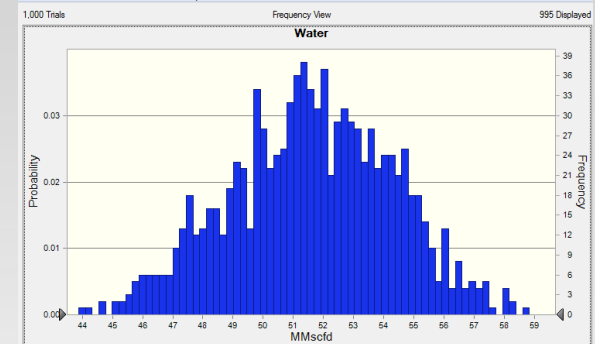


GAS

Forecast: Gas

Percentile Forecast values

10%	39.19
20%	39.86
30%	40.37
40%	40.73
50%	41.13
60%	41.50
70%	41.87
80%	42.32
90%	42.97



WATER

Forecast: Water

Percentile Forecast values

10%	48
20%	50
30%	50
40%	51
50%	52
60%	53
70%	53
80%	54
90%	55

Modelo de Diseño Experimental

