

Optimización de Inyección cíclica de vapor

Usando una combinación de ciencias de datos y física de reservorios

Autores: Carlos Calad, Dr. Pallav Sarma, Dr. Yong Zhao

AGENDA

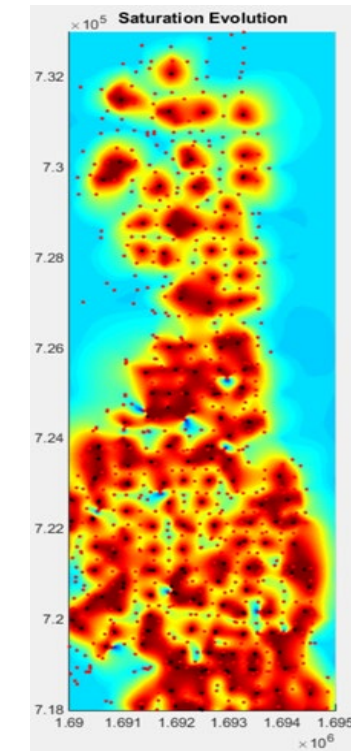
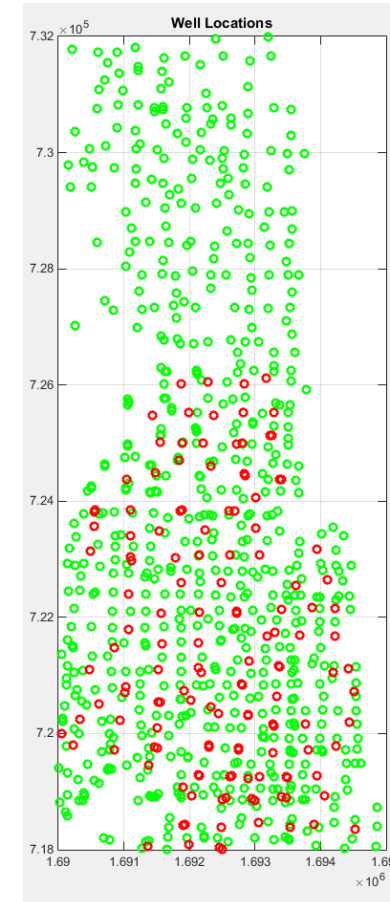
- La tecnología Data-Physics
- Modelado predictivo de inyección de vapor
 - Asimilación de datos y “prueba ciega”
 - Evaluación de la predictividad del modelo
- Optimización de inyección de vapor
 - Redistribución y optimización de la capacidad
 - Optimización multiobjetivo (producción, costo de vapor, VPN...)
- Implementación del plan objetivo
 - Selección del plan de inyección de vapor
 - Implementación en el campo
- Resultados – performance del activo
- Conclusiones

Espectro de soluciones de optimizacion

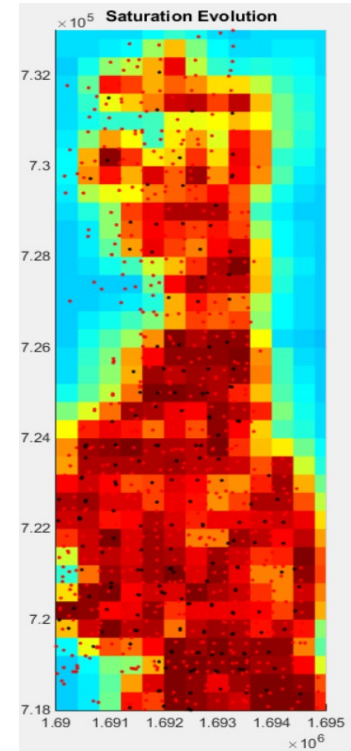


Ventajas de Data Physics

- Se ajusta a campos maduros con muchos pozos y alto numero de años de histórico de producción.
- Capacidad predictiva a largo plazo gracias a incorporar la física de reservorios
- Modelos continuos se reflejan en muy alta resolución para capacidad de computo equivalente a la usada en técnicas de simulación tradicional
- El uso de técnicas de inteligencia artificial los hace altamente eficientes en el uso de capacidad de computo. El modelo en cuestión corre en 10 minutos (para 10 años de simulación).
- En general, los modelos de Data Physics corren 2-3 ordenes de magnitud mas rápido que los modelos tradicionales,
- Los modelos se construyen rápidamente –semanas a pocos meses, dependiendo de la calidad de los datos-.



Data Physics Model



Conventional Simulation



DATA PHYSICS creado pensando en optimización*

Objetivos de Data Physics

Generar un modelo que honra las leyes físicas en todo momento ...

Reducir significativamente el tiempo de creación y corrida del modelo...

Usando la inmensa capacidad de calculo disponible en la nube se generar cientos de miles de escenarios posibles...

Para encontrar la frontera eficiente de operación del campo

Que permita rápidamente implementar decisiones que generan resultados óptimos

Acelerando los tiempos de decisión (modelo-piloto-implementación)

Facilitando monitoreo de los resultados

No son Objetivos de Data Physics

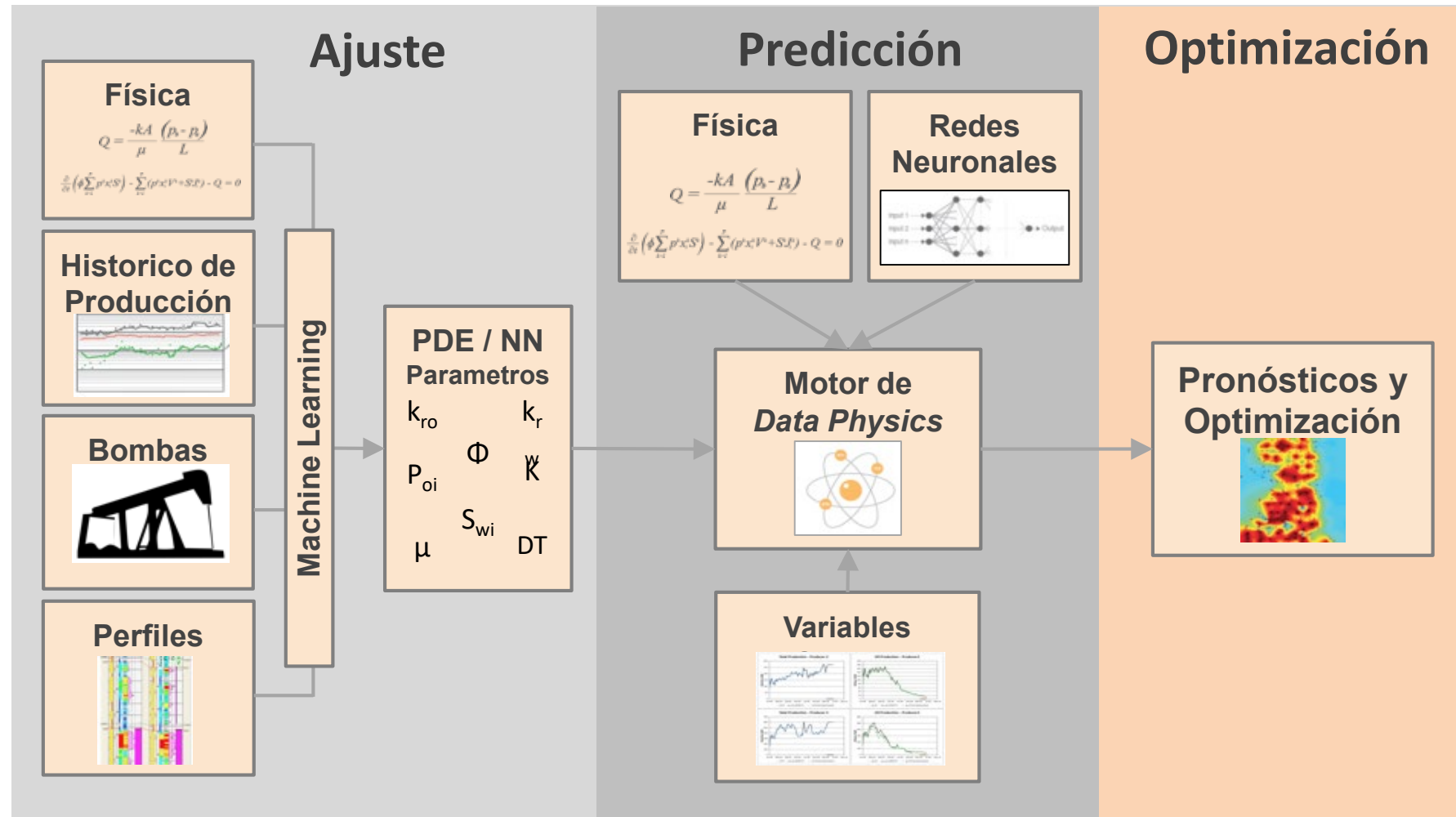
Ser una herramienta de caracterización de Yacimientos

Remplazar el flujo de trabajo de simulación tradicional

Creación de modelos geológicos estáticos o dinámicos

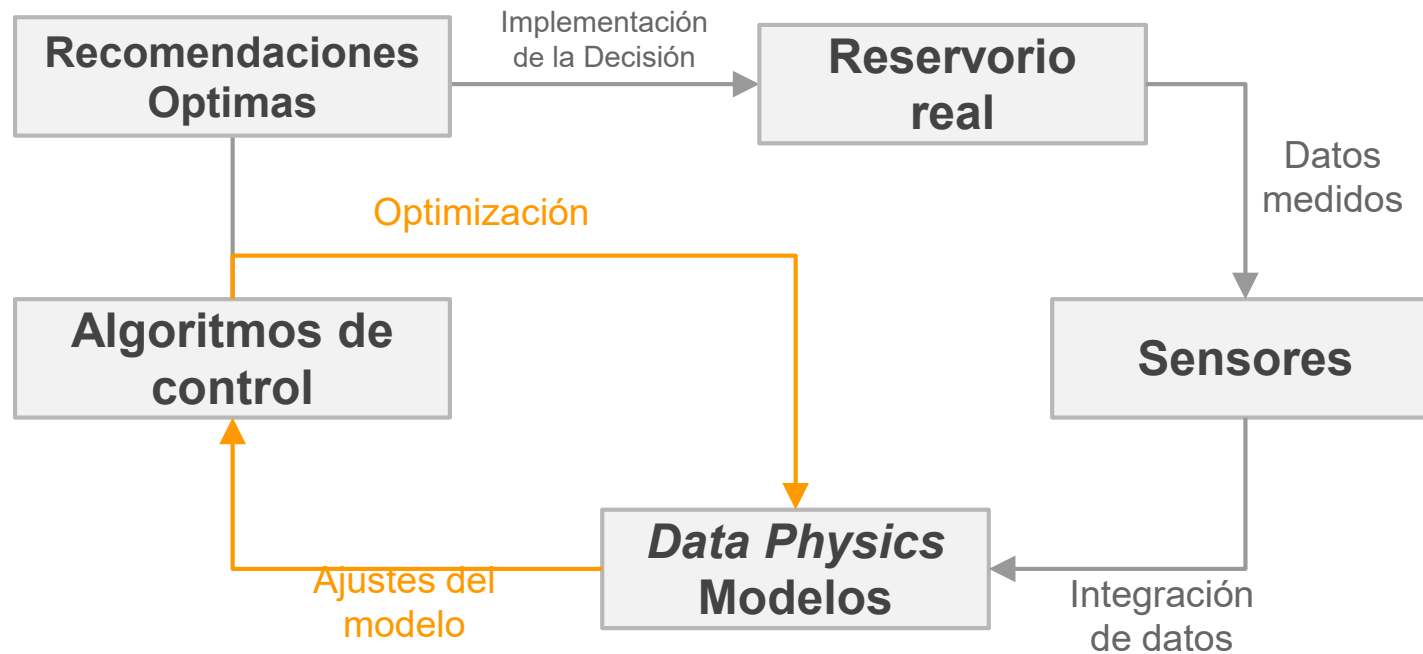


Flujo de trabajo de *DATA PHYSICS*





OPTIMIZACION DE YACIMIENTO DE CICLO CERRADO

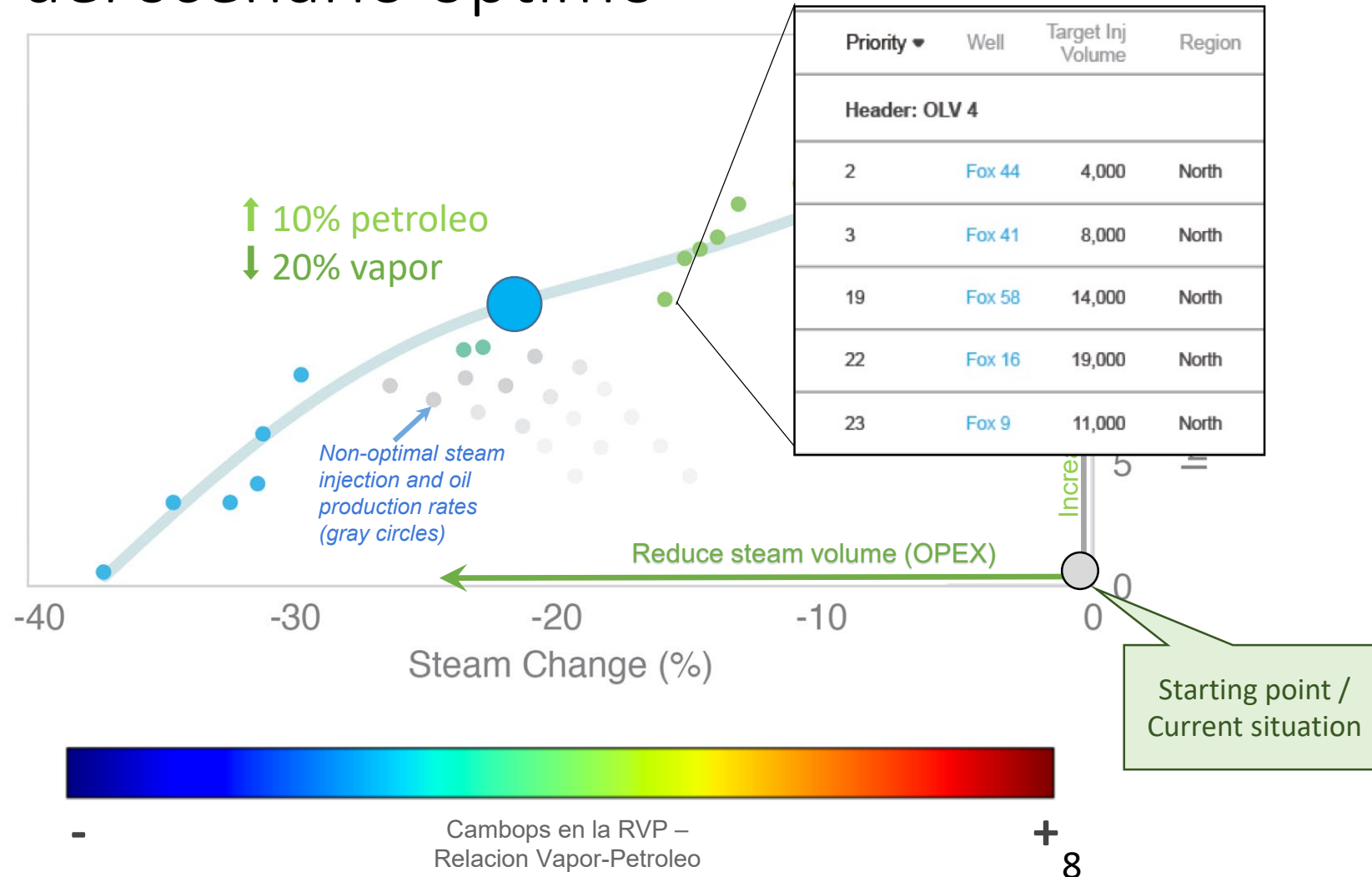


En un ambiente de ciclo cerrado, los modelos son **actualizados continuamente para reflejar nuevos datos**

Los modelos actualizados son usados para **optimizar continuamente las decisiones de gestión del reservorio** como inyección de agua, de vapor, localización del siguiente pozo, etc.



Selección del escenario óptimo



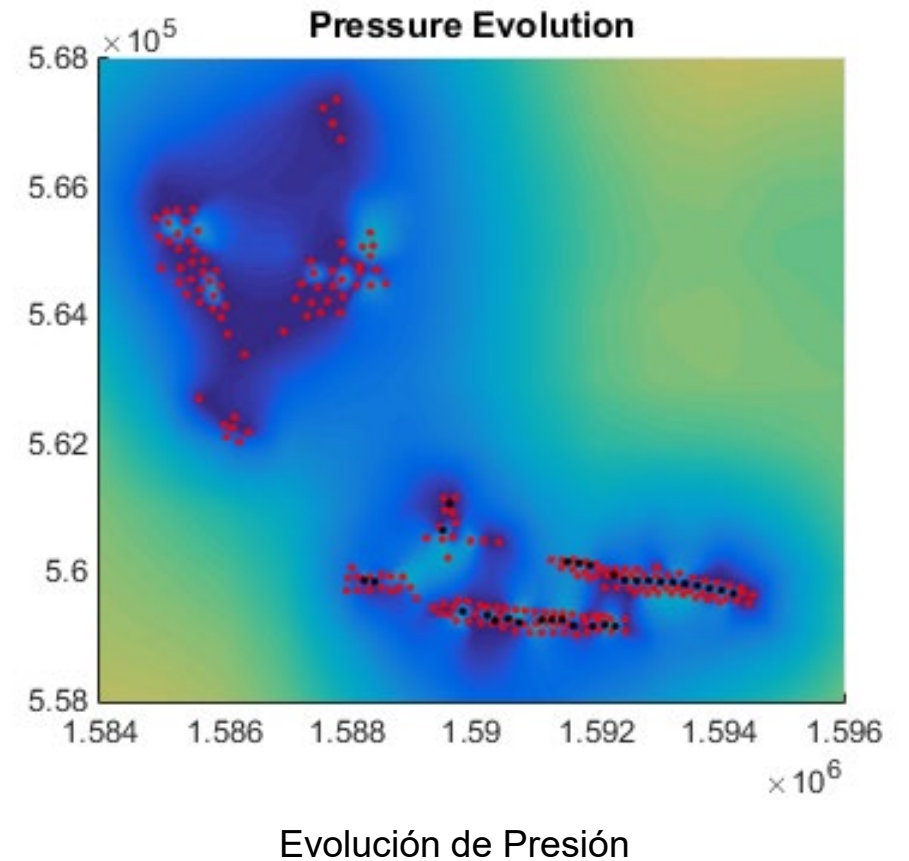
AGENDA

- La tecnología Data-Physics
- **Modelado predictivo de inyección de vapor**
 - **Asimilación de datos y “prueba ciega”**
 - **Evaluación de la predictividad del modelo**
- Optimización de inyección de vapor
 - Redistribución y optimización de la capacidad
 - Optimización multiobjetivo (producción, costo de vapor, VPN...)
- Implementación del plan objetivo
 - Selección del plan de inyección de vapor
 - Implementación en el campo
- Resultados – performance del activo
- Conclusiones



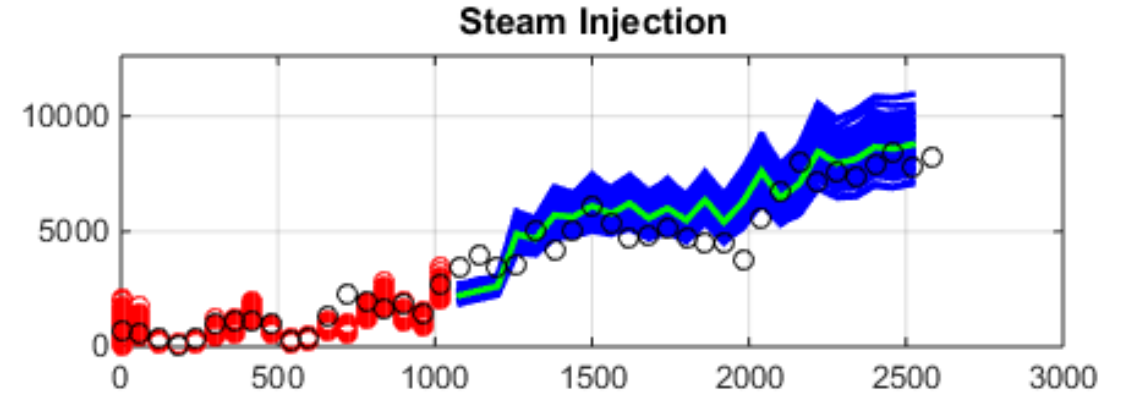
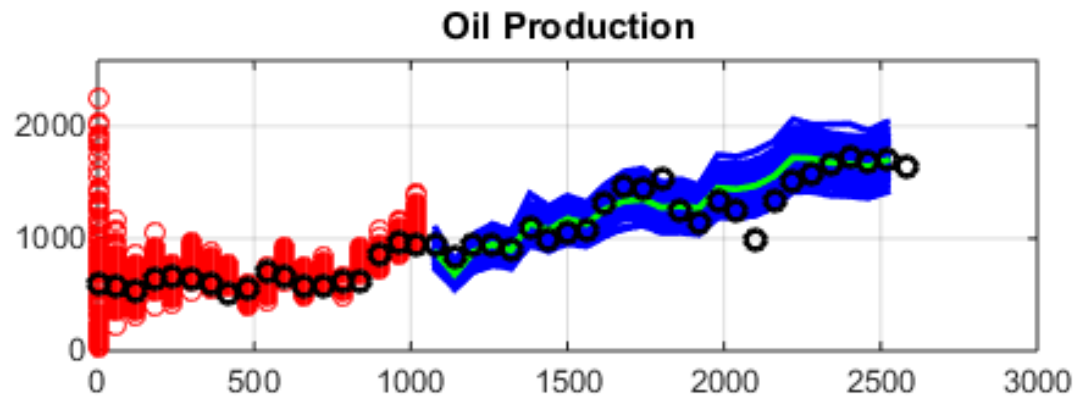
Modelo de un campo en inyección de vapor

- ~200 productores, ~30 inyectores
- Producción de petróleo ~2000BOPD
- Inyección de vapor ~6000BSPD
- Producción de agua ~8000BWPD
- Se usaron los últimos 7 años de historia
 - 3 años de entrenamiento y 4 años de predicción
- Modelo realizado en Junio de 2017
- Datos usados en el modelo
 - Histórico de caudales de producción de petróleo y agua
 - Temperatura en productores / inyectores
 - Histórico de datos de inyección de vapor
 - Localizaciones
 - Trayectorias y completaciones
 - Datos de presión de fondo
 - Localización de fallas y bloques
 - Días netos de producción





Ensemble final (96 modelos) y predicciones

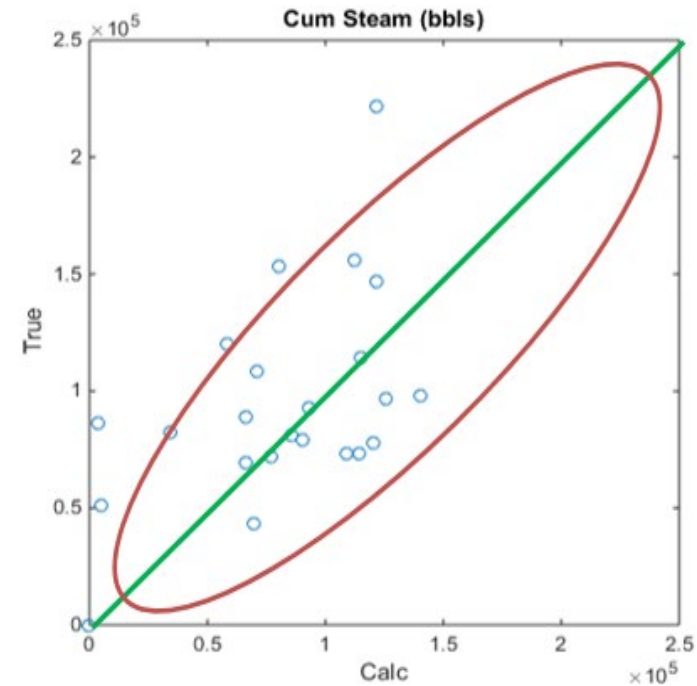
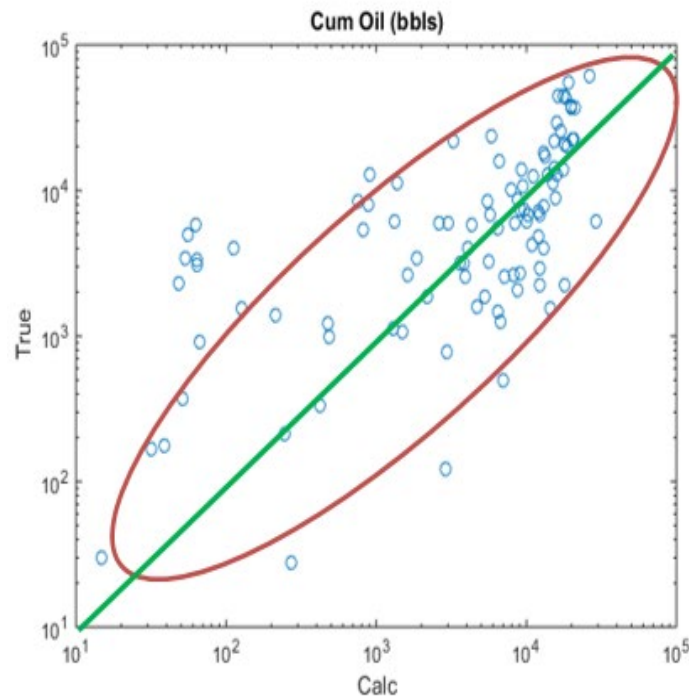


La media del ensemble de 96 modelos predice con buena precisión los volúmenes de petróleo y de vapor

- Datos reales
- Ensemble de modelos durante el entrenamiento
- Ensemble de modelos durante la predicción y media



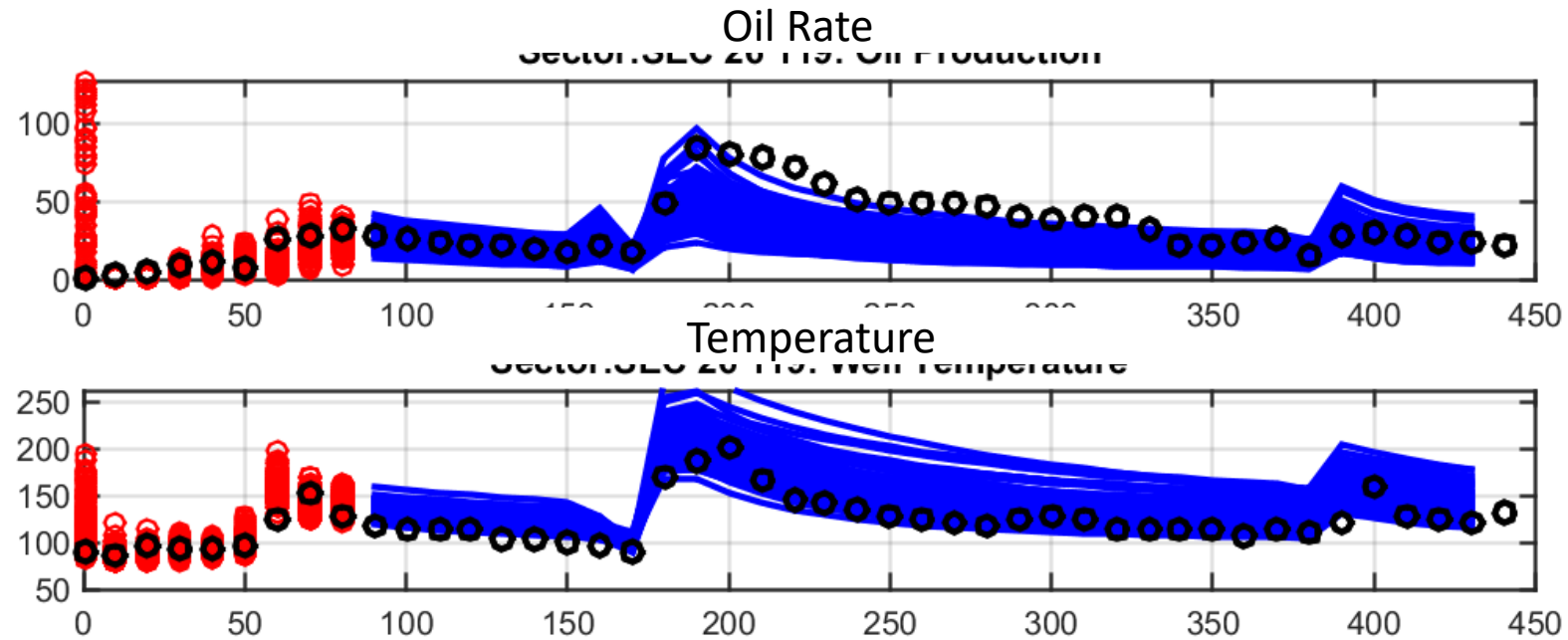
Predictividad del modelo a nivel pozo



Coeficientes de correlacion		Petróleo	Agua	Temperatura	Vapor
	Pearson	0.68	0.43	0.58	0.63
	Spearman	0.69	0.63	0.62	0.65

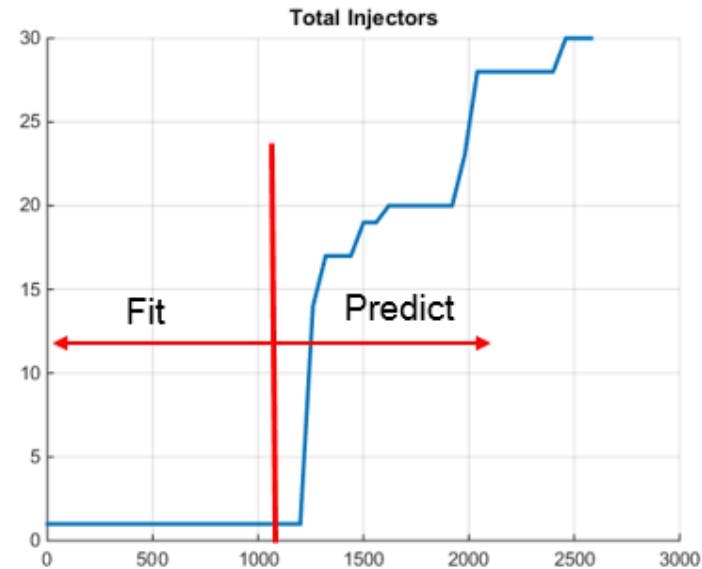
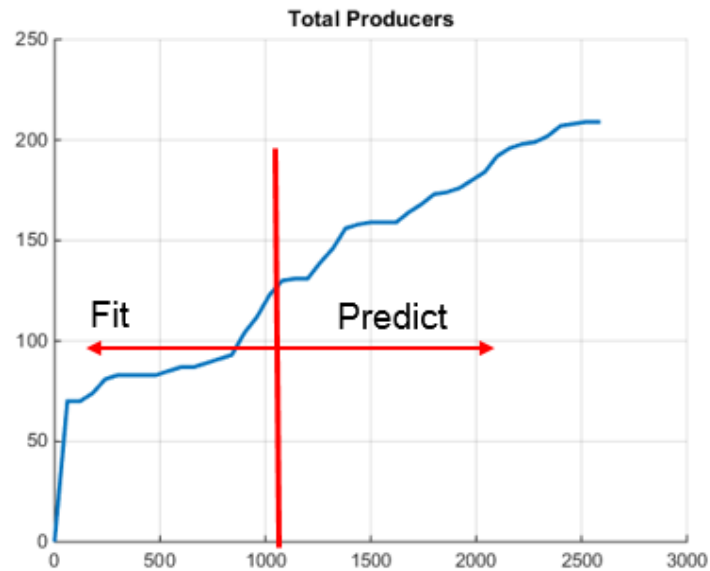


Ajuste y predicción a nivel pozo



Ajuste típico de un pozo (petroleo y temperature)

Predicción de pozos nuevos



Aprox. 100 productores y 30 inyectores no habían sido perforados durante el periodo de entrenamiento lo cual demuestra la capacidad de Data Physics de predecir la performance de pozos nuevos.

AGENDA

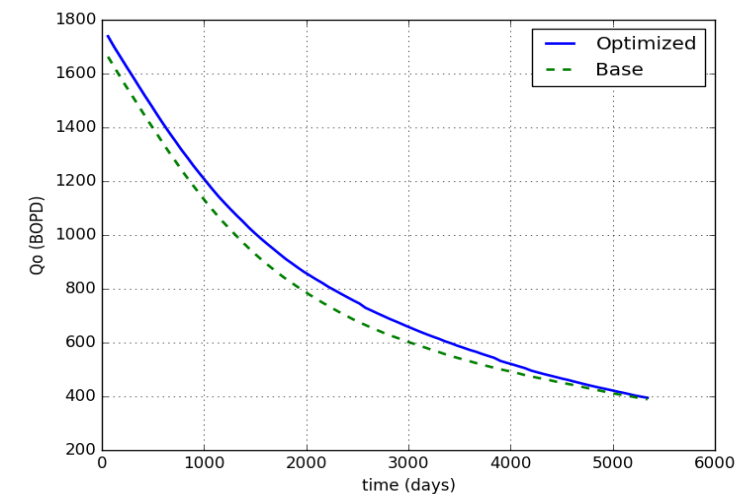
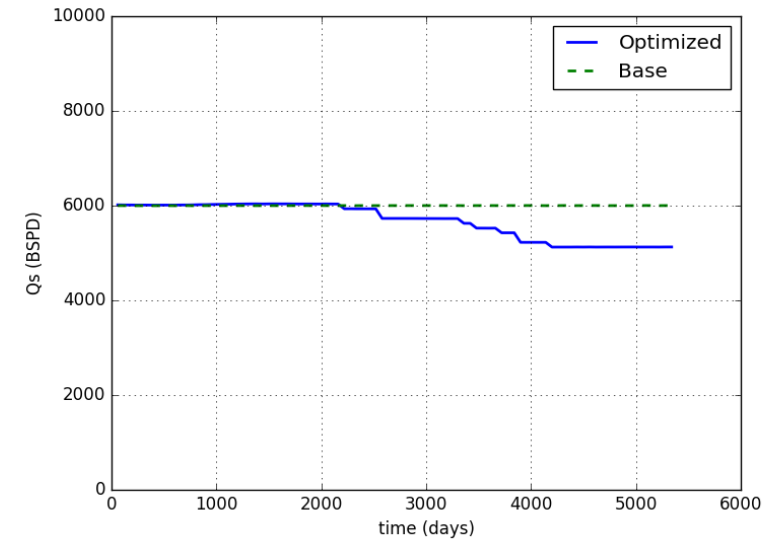
- La tecnología Data-Physics
- Modelado predictivo de inyección de vapor
 - Asimilación de datos y “prueba ciega”
 - Evaluación de la predictividad del modelo
- Optimización de inyección de vapor
 - Redistribución y optimización de la capacidad
 - Optimización multiobjetivo (producción, costo de vapor, VPN...)
- Implementación del plan objetivo
 - Selección del plan de inyección de vapor
 - Implementación en el campo
- Resultados – performance del activo
- Conclusiones

Redistribucion Optima de Vapor

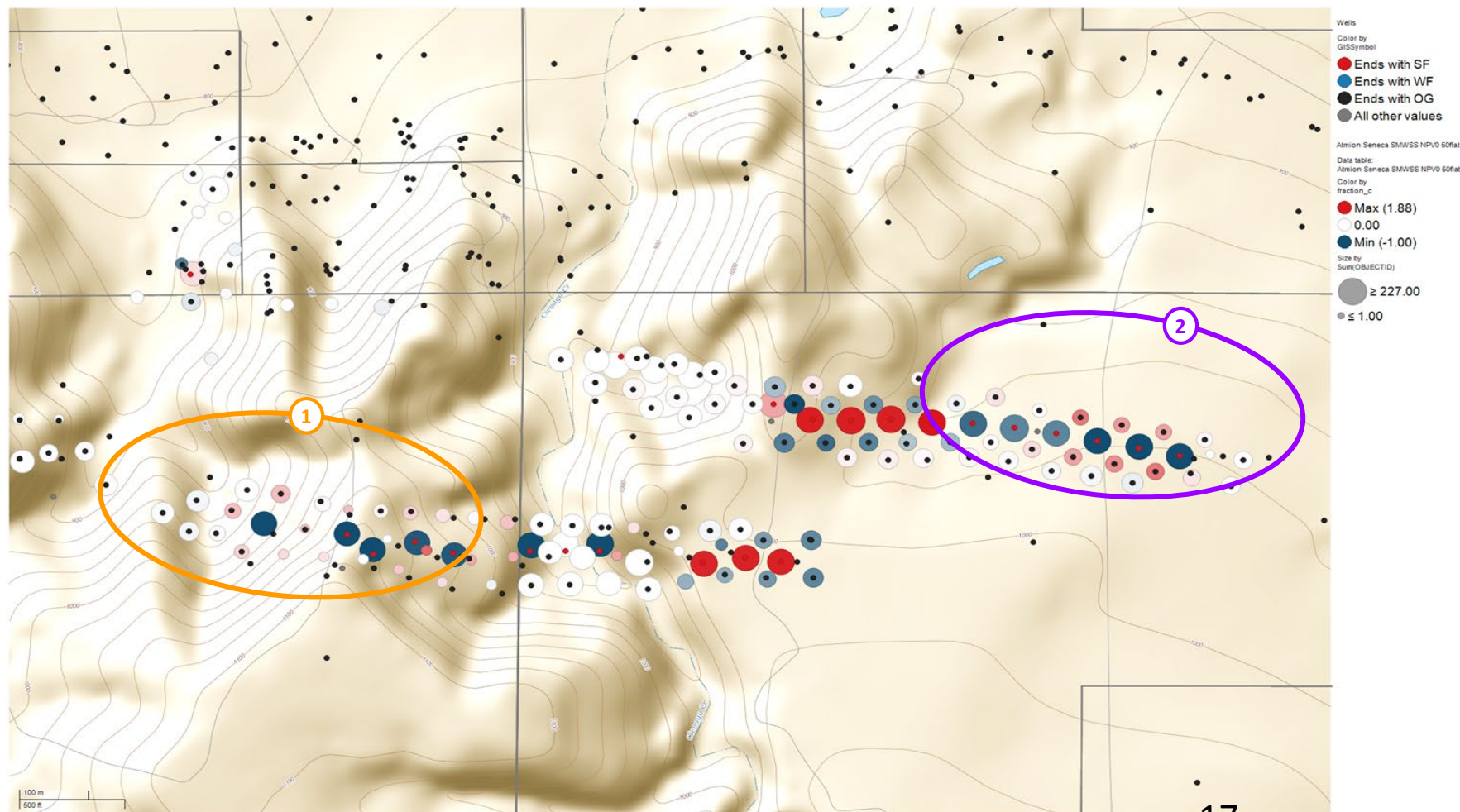
Objetivos

- Optimizar VPN durante 15 años
- Caso Base: continuar inyectando el régimen actual
- Redistribución: mantener o reducir el volumen actual de vapor usando los inyectores activos actualmente.
- Mantener la producción de petróleo por encima o igual al caso base
- Parámetros económicos: Petróleo = \$50/b, Vapor \$1.45/b, tasa de descuento = 10%

**RESULTADO: Incremento del VPN en 10% y
reducción significativa de vapor.**

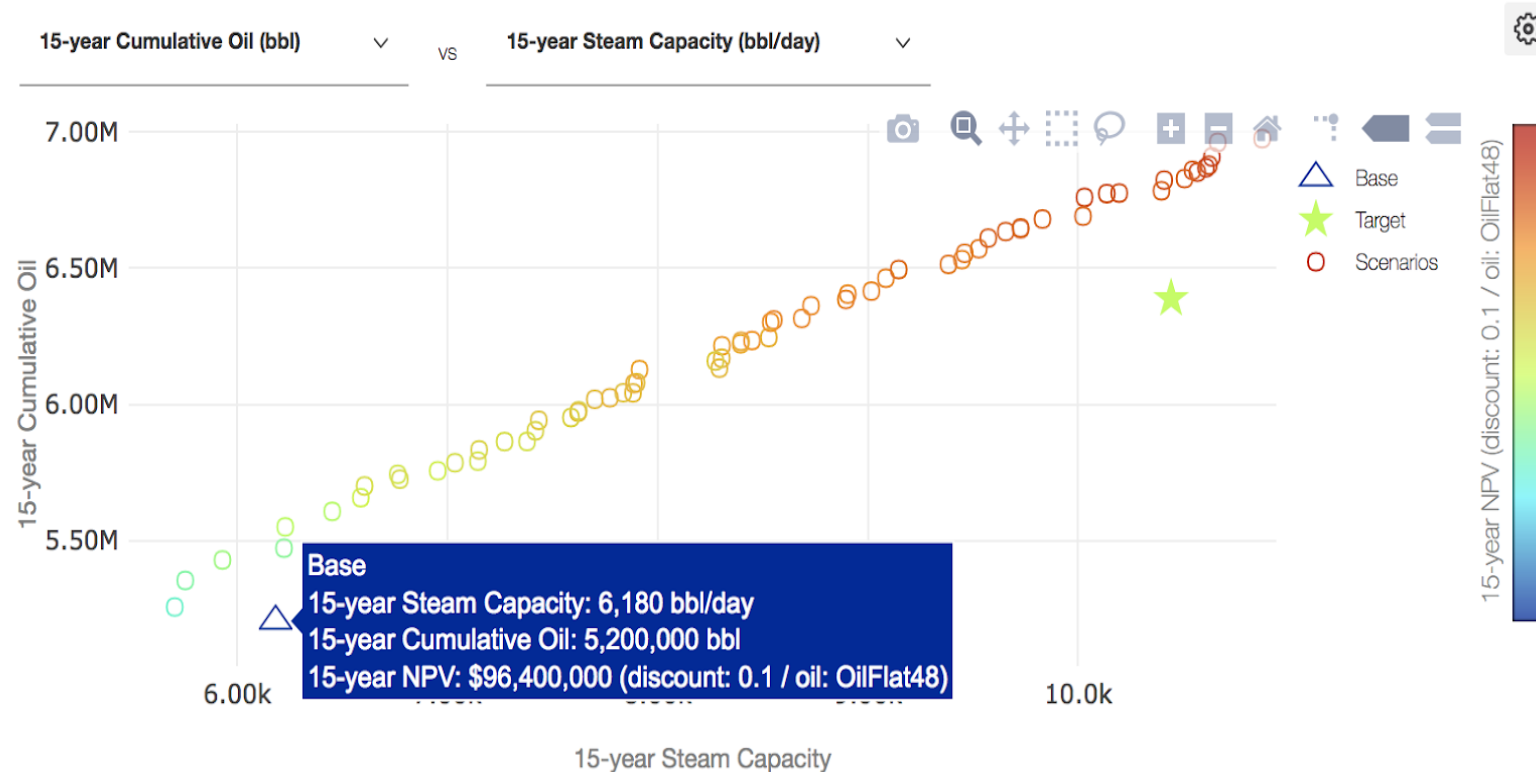


Plan de redistribución de vapor





Optimizacion Multi-objetivo



- Optimización de múltiples objetivos permite evaluación robusta decisiones bajo un ambiente de incertidumbre

AGENDA

- La tecnología Data-Physics
- Modelado predictivo de inyección de vapor
 - Asimilación de datos y “prueba ciega”
 - Evaluación de la predictividad del modelo
- Optimización de inyección de vapor
 - Redistribución y optimización de la capacidad
 - Optimización multiobjetivo (producción, costo de vapor, VPN...)
- **Implementación del plan objetivo**
 - **Selección del plan de inyección de vapor**
 - **Implementación en el campo**
- Resultados – performance del activo
- Conclusiones



Selección del plan objetivo (Junio 2017)

Injection Scenarios

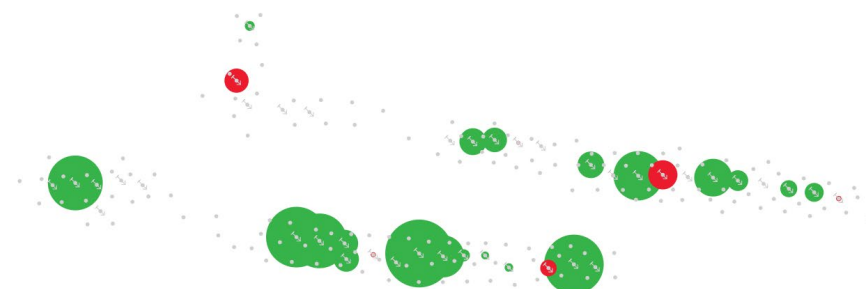
Optimization: smwss-2017-11-14-optim3



Plan Objetivo vs. Base

target name: 'Gen 3 + 5'

15-year	Base	Target	Delta
Steam Capacity (bbl/day)	6,200	10,400	4,200
Cumulative Oil (bbl)	5.2E+06	6.4E+06	1.2E+06
NPV (USD)	9.6E+07	1.05E+08	8.6E+06

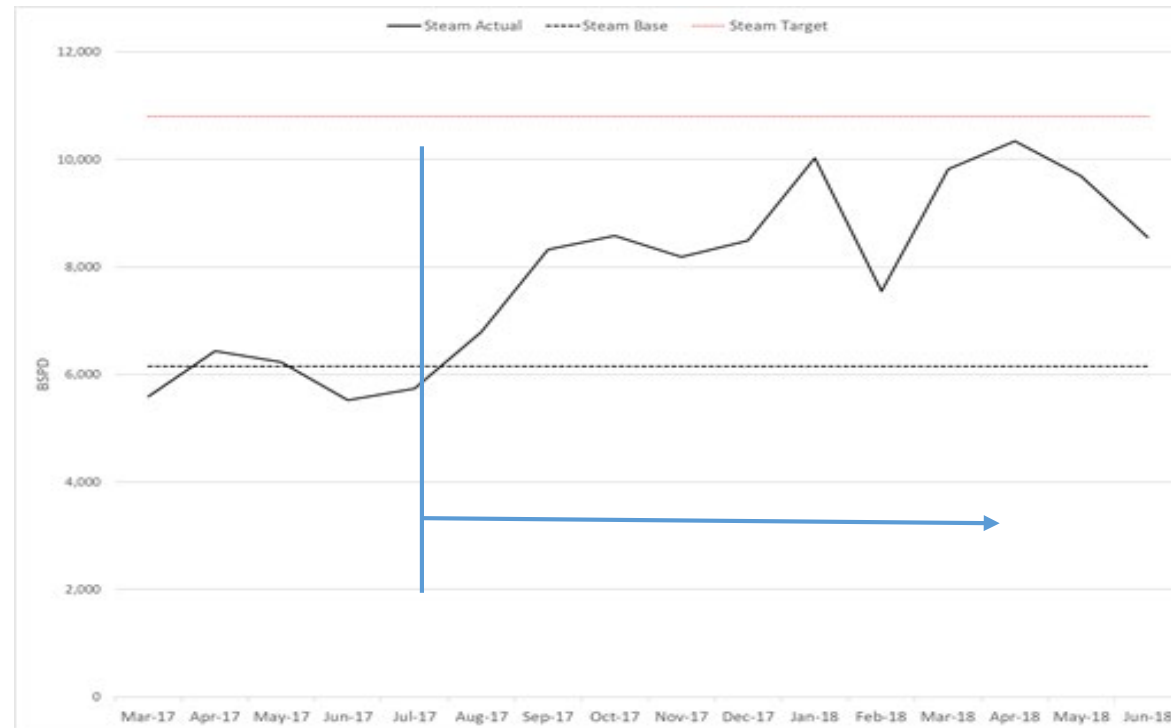


AGENDA

- La tecnología Data-Physics
- Modelado predictivo de inyección de vapor
 - Asimilación de datos y “prueba ciega”
 - Evaluación de la predictividad del modelo
- Optimización de inyección de vapor
 - Redistribución y optimización de la capacidad
 - Optimización multiobjetivo (producción, costo de vapor, VPN...)
- Implementación del plan objetivo
 - Selección del plan de inyección de vapor
 - Implementación en el campo
- **Resultados – performance del activo y comparación con las predicciones**
- Conclusiones

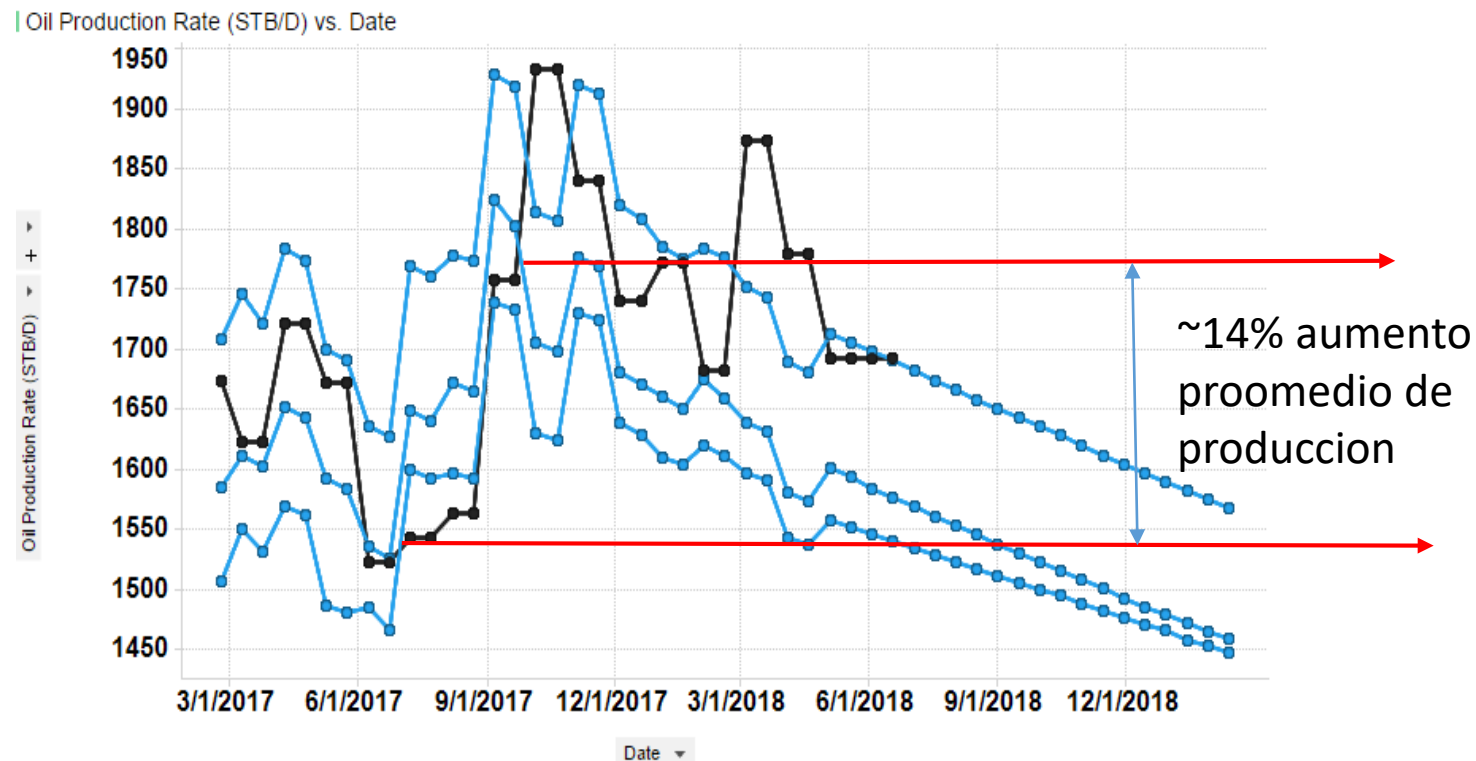
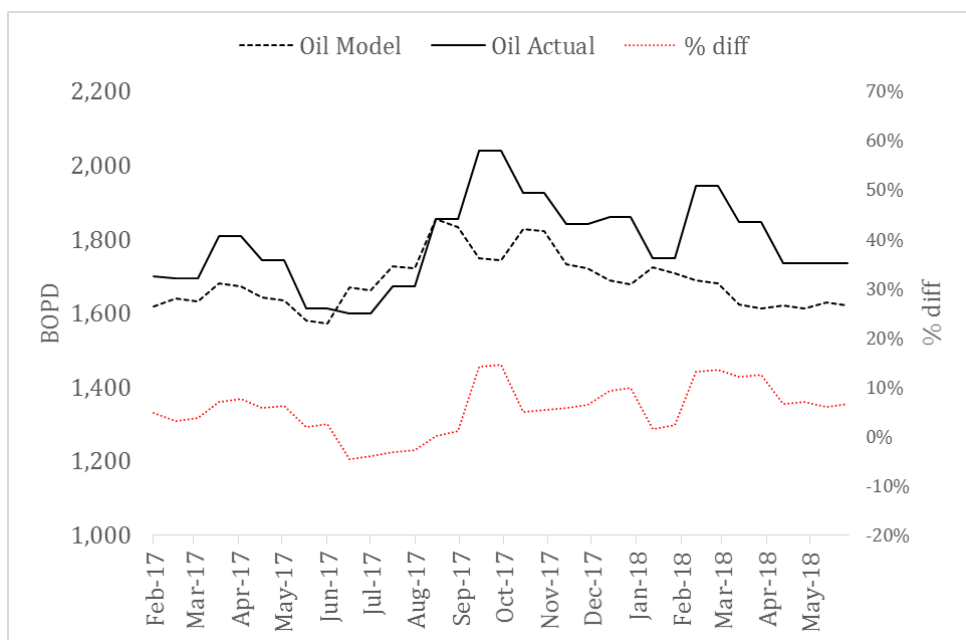


Implementacion en el campo



El plan no se implementó exactamente igual a lo planeado debido a motivos operacionales pero aun así se consiguió un incremento significativo en la inyección de vapor.

Resultados y comparación con las predicciones



- La media de las predicciones muestra un error < 10% y esta dentro del rango P10-P90
- Incremento significativo de producción, tal cual se predijo con el modelado

AGENDA

- La tecnología Data-Physics
- Modelado predictivo de inyección de vapor
 - Asimilación de datos y “prueba ciega”
 - Evaluación de la predictividad del modelo
- Optimización de inyección de vapor
 - Redistribución y optimización de la capacidad
 - Optimización multiobjetivo (producción, costo de vapor, VPN...)
- Implementación del plan objetivo
 - Selección del plan de inyección de vapor
 - Implementación en el campo
- Resultados – performance del activo y comparación con las predicciones
- **Conclusiones**

Conclusiones

- *Data-Physics* es una nueva metodología de modelado que reduce los tiempos de creación y corrida de los modelos y tiene capacidad predictiva de largo plazo.
- Los modelos de *Data-Physics* resuelven el problema de optimización de campos con gran número de pozos varios órdenes de magnitud más rápido que las técnicas convencionales.
- Se demostró la aplicabilidad de la tecnología en el ciclo completo desde modelado, optimización, implementación y comparación de resultados en un activo en inyección de vapor.
- Los resultados de campo demuestran buen grado de predictividad de Data Physics reflejados en un aumento significativo de producción
- La tecnología tiene aplicabilidad en otros ambientes y se ha usado para optimizar inyección de agua, localizaciones in-fill.