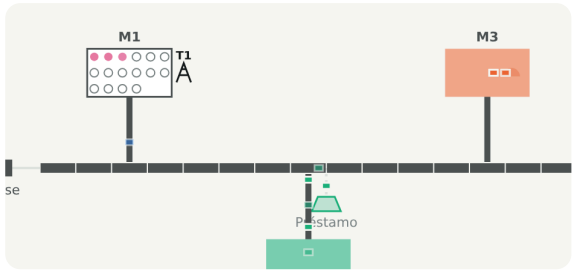
DE LA MACOLLA AL PRIMER BARRIL

Gemelo Digital de Campo

Simula la vía troncal, los accesos, el saneamiento de terreno, las macollas, la logística, la perforación y la producción en un solo modelo de eventos discretos. Cargue el avance real y el modelo pronostica plazo, CAPEX y VPN desde hoy, en su propio navegador.



Réplica representativa en planta (caso Faja, día 245): la troncal avanza por fases, los volquetes circulan entre préstamo y frentes, y el taladro T1 perfora en la macolla M1.

Un solo modelo, de la obra civil al flujo de caja

Defina el programa, la flota, los rendimientos, la perforación y la economía. El modelo corre varias réplicas con lluvia, rendimientos y tiempos de perforación aleatorios y entrega cada resultado como P10, P50 y P90.

Obra civil

- Vía troncal por tramos, con un frente por tramo
- Accesos y plataformas (macollas)
- Desbroce, saneamiento, relleno y conformación

Flota de obra

- Excavadoras, volquetes y bulldozers
- Compactadores, cisternas y motoniveladoras
- Tarifa operativa y de stand-by por equipo

Perforación y logística

- Cola de taladros, mudanza (DTM) y perforación en serie
- Completación y tiempo no productivo
- Viajes de tubería, lodo y cemento desde la base

Clima y variabilidad

- Días perdidos por lluvia, con temporada de lluvias
- Tiempos con mínimo, moda y máximo
- Réplicas estocásticas (20 por defecto)

Producción y economía

- Declinación hiperbólica de Arps por pozo
- Primer petróleo y producción pico
- VPN, TIR y mes de recuperación

Gemelo y well testing

- Avance real cargado a una fecha de corte
- IP de cada macolla desde el well testing
- Escenarios y dimensionamiento de flota

P10 · P50 · P90
en plazo, CAPEX y VPN

8 recursos
de flota, con tarifas operativa y stand-by

9 escenarios
¿qué pasa si…? con un clic

−78 %
ancho del rango del VPN con well testing (caso de ejemplo)

Diagnóstico guiado

Lectura automática de la réplica representativa: identifica el equipo que frena la obra (días-frente en espera), comprueba si el carguío y el acarreo están equilibrados, detecta taladros esperando macolla o logística y avisa de posible sobredimensionamiento cuando un equipo está asignado menos del 30 % del turno.

Del dato a la decisión

1
Definir el programa
Macollas, pozos, troncal, geotecnia, flota y economía; tres casos precargados.

2
Simular
Motor de eventos discretos con réplicas y recursos finitos.

3
Cargar la realidad
Avance real de obra y resultados de well testing, en CSV o pegados desde Excel.

4
Decidir
Escenarios, barrido de flota y diagnóstico de cuellos de botella.

Módulos del gemelo

Vía troncal, accesos y macollas
Acceso y plataforma arrancan cuando el tramo que las sirve tiene el relleno terminado.

Saneamiento y relleno
Excavación del suelo inadecuado con acarreo a botadero y relleno desde el préstamo más cercano.

Flota y acople de volquetes
Cada frente pide los volquetes que su cuello de botella necesita y recibe refuerzos al liberarse otros.

Producción con Arps
Declinación hiperbólica por pozo con días de conexión; promedio mensual del campo.

Gemelo digital
Fija lo ejecutado, toma el avance de lo que está en curso y simula solo lo que falta.

Escenarios
Nueve palancas sobre los parámetros actuales, cada una con 6 réplicas.

Cuellos de botella
Días-frente en espera por recurso, utilización de flota y ruta crítica.

Perforación y completación
Cola de taladros, mudanza, perforación en serie por macolla y contrato por taladro.

Logística de pozo
Viajes desde la base antes de cada pozo; si los materiales no llegan, registra la espera.

Calendario y clima
Horas de turno, días hábiles, eficiencia y disponibilidad. La lluvia detiene la obra civil, no la perforación.

Economía
Flujo de caja con regalías y OPEX con diluente: VPN, TIR, primer petróleo y mes de recuperación.

Puente con well testing
Caudal inicial = IP × drawdown, con la incertidumbre que deja la prueba.

Dimensionamiento de flota
Barre la cantidad de un equipo manteniendo el resto fijo; cada punto es la mediana de las réplicas.

Vista animada y modo expo
Reproduce la obra día a día, de 5 a 60 días por segundo, con volquetes, taladros y pozos.

Del archivo al tablero

Parámetros
- 8 grupos: programa, geometría, flota, rendimientos, jornada, perforación, costos y economía
- Tres casos precargados: referencia, Faja y Norte de Monagas
- Los valores de referencia se reemplazan por los del proyecto

Avance real y pruebas
- CSV con ; o tabulación; se puede pegar desde Excel
- Elementos T01, A1, M1 y M1-P03 con fase, fechas y avance
- Resultados por macolla: IP, drawdown, incertidumbre, k y skin
- Botón para cargar un ejemplo

Resultados
- Programa simulado y pozos completados
- Curva S de CAPEX, producción y flujo de caja
- Utilización de flota y frentes en espera
- Desglose de CAPEX e histograma del plazo

La interpretación debe validarse siempre con criterio de ingeniería.

DEL GEMELO A LA DECISIÓN

Del avance real al pronóstico

El gemelo reemplaza lo supuesto por lo medido: el avance de obra a la fecha de corte y el caudal que dejan las pruebas de pozo. Las cifras de esta página salen de ejecutar el modelo con el caso Faja del Orinoco.

Gemelo digital

Fija las fases y los pozos terminados con sus fechas reales, toma el avance de lo que está en curso y simula solo lo que falta. El CAPEX pasa a ser un estimado a término: real más pronóstico.

	Plan	Con avance real
Movimiento de tierra	61 %	**48 %**
Pozos completados	9	**4**
Gasto real al corte	127,4 MUSD	**105,1 MUSD**
Último pozo	20 abr 2029	**25 jun 2029**
VPN a 12 %	48,0 MUSD	**15,0 MUSD**

Avance de ejemplo con corte al 31 ago 2027: 113 registros y 4 pozos reales. El último pozo se atrasa 66 días.

Puente con el well testing

Caudal inicial = IP × drawdown por macolla, con la incertidumbre de la prueba (típicamente 10–15 %) en lugar de ±40 % sin prueba.

	Supuesto	Con pruebas
VPN P10 – P90 (MUSD)	2,2 – 112,5	**−3,7 – 20,1**
Ancho del rango	110,3	**23,8**
VPN P50 (MUSD)	48,0	**5,6**
Producción pico (BPD)	44.067	**35.758**

Ejemplo con 6 macollas (IP de 0,96 a 2,25 bpd/psi, drawdown de 280 psi). Mide un caudal menor al supuesto de 450 BPD, por eso baja también el VPN.

Escenarios: ¿qué pasa si…?

Nueve palancas sobre los parámetros actuales, o sobre el avance real si el modo gemelo está activo. «Comparar todos» las corre juntas.

Escenario	Último pozo
+1 taladro	**−48 d**
−1 taladro	**+179 d**
+1 frente de carguío	**−39 d**
Lluvias más intensas	**+63 d**
Pozos 20 % más rápidos	**−75 d**

Variación del último pozo frente al caso actual, con 6 réplicas por escenario.

Dimensionamiento de flota

Barre la cantidad de un equipo y muestra dónde la flota adicional deja de acortar el plazo y solo suma costo.

Excavadoras	Último pozo P50	VPN P50 (MUSD)
1	1.795 d	**5,0**
2	1.077 d	**69,4**
3	927 d	**66,4**
4 a 6	927 d	**35,4 a 35,1**

Mediana de 6 réplicas. Con más de 3 excavadoras el plazo no mejora y el VPN cae.

Verificación y calibración sugeridas

Con variabilidad mínima (mínimo = moda = máximo y lluvia 0), compare el plazo contra un cálculo manual por frente. Calibre tiempos y rendimientos con partes diarios de una macolla ya construida; el barrido de flota debe mostrar rendimientos decrecientes.

La interpretación debe validarse siempre con criterio de ingeniería.

Un campo de 96 pozos, de punta a punta

Caso Faja del Orinoco incluido en el modelo: 6 macollas de 16 pozos sobre 30 km de troncal, con 3 taladros y 20 réplicas.

FIN DE OBRA CIVIL
604 d
P10 593 · P90 619

ÚLTIMO POZO
20 abr 2029
día 928 · P10 915 · P90 943

PRIMER PETRÓLEO
24 may 2027
día 231

CAPEX TOTAL P50
489,4 MUSD
P10 489,0 · P90 490,2

VPN A 12 %
48,0 MUSD
P10 0,9 · P90 118,6

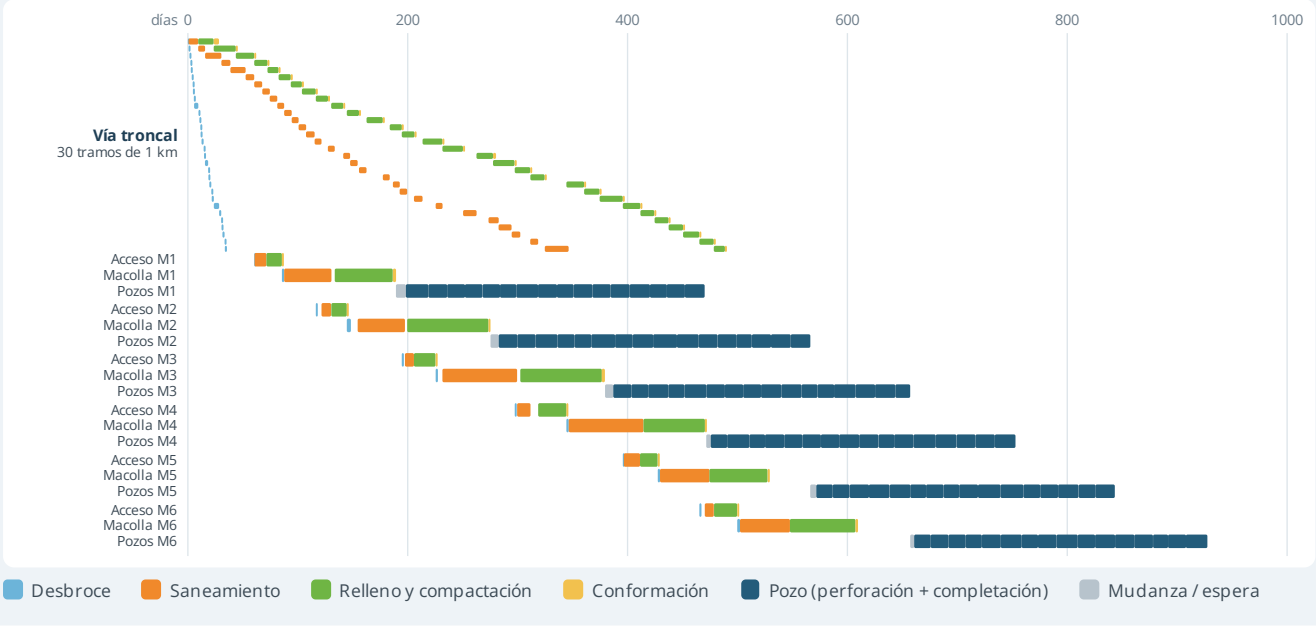
TIR
16 %
recupera en el mes 60

PRODUCCIÓN PICO
44.067 BPD
99,0 MMbbl en 12 años

COSTO CIVIL TRONCAL
150 kUSD/km
1.064 kUSD por macolla

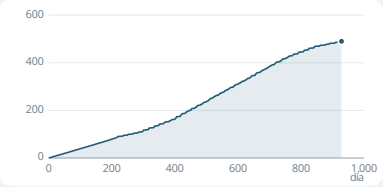
Programa simulado

la troncal avanza por fases y cada macolla se perfora cuando queda lista



Curva S de CAPEX

MUSD · día



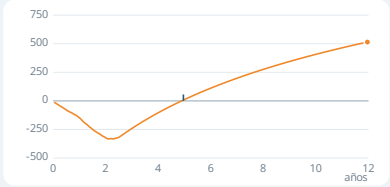
Producción del campo

BPD · años



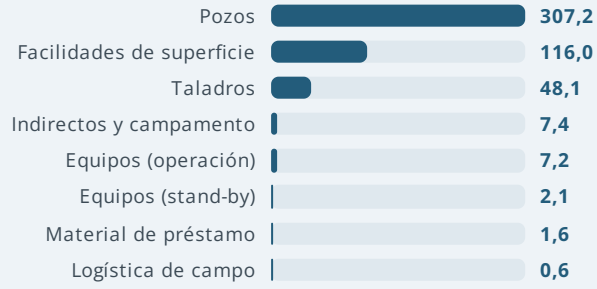
Flujo de caja

MUSD acum. · años



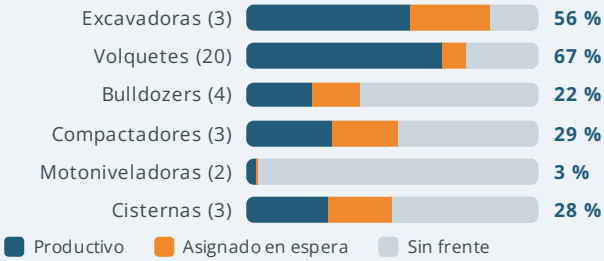
Desglose de CAPEX

MUSD, réplica representativa



Uso de la flota de obra

% de las horas de turno



Lo que el diagnóstico detectó

Cuello de botella: los frentes listos esperaron 190 días-frente por excavadoras.

Acople: carguío y acarreo equilibrados (cola en cargador 9 %).

Taladros: esperaron 2 días por macollas sin terminar; la obra civil está en la ruta crítica.

Flota: motoniveladoras asignadas menos del 30 % del turno.

La interpretación debe validarse siempre con criterio de ingeniería.

MODELO DE EVENTOS DISCRETOS

Cada equipo es un recurso finito

El reloj salta de evento en evento: fin de carga de un volquete, llegada a botadero, fin de un pozo. Las actividades toman y liberan equipos, y así aparecen las colas, los frentes detenidos y los taladros esperando macolla.

Diagrama de proceso

Vialidad troncal tramo k

Desbroce
bulldozer

→ **Saneamiento**
excavadora + volquetes

→ **Relleno y compactación**
excavadora en préstamo + volquetes + bulldozer + compactador + cisterna

→ **Conformación**
motoniveladora + compactador

Acceso y plataforma macolla j

Desbroce → **Saneamiento** → **Relleno** → **Conformación**

El acceso arranca con el relleno del tramo que lo sirve; la plataforma, con el relleno del acceso.

Perforación macolla j

Mudanza DTM
taladro

→ **¿Materiales del pozo en sitio?**
sí: perforar y completar · no: espera logística

→ **Perforar + completar pozo i**
taladro; repite hasta el último pozo

Viajes de logística base → macolla [camión de apoyo], uno por pedido, emitidos al iniciar el pozo anterior.

Indicadores de salida

Plazo
Fin de obra civil, último pozo y fecha en que cada macolla queda lista, en P10, P50 y P90.

Flota
Utilización productiva, asignada y ociosa por equipo; colas de volquetes en cargador y extendido.

Cuellos de botella
Días-frente en espera por recurso y días de taladro esperando macolla o logística.

Costos
CAPEX total y por categoría, costo por km de troncal, costo civil por macolla y curva S.

La obra civil trabaja solo en horas de turno, días hábiles y días sin lluvia; los tiempos se dividen por eficiencia × disponibilidad mecánica. El taladro trabaja 24/7.

Datos de entrada requeridos

Grupo	Datos de entrada	Fuente típica
Programa	Macollas, pozos, largo de troncal y accesos, préstamos, botaderos	Plan de desarrollo, trazado vial
Geotecnia	Saneamiento, relleno, esponjamiento, compactación	Calicatas, ensayos Proctor
Rendimientos	Tiempos de carga, velocidades, tasas de desbroce y compactación	Fichas de equipo, historial de obra
Calendario	Turnos, días por semana, lluvia, eficiencia, disponibilidad	Climatología, contrato laboral
Perforación	Mudanza, DTM, días por pozo, completación, NPT	Pozos vecinos (días-profundidad)
Costos	Tarifas operativa y stand-by, taladro, costo por pozo, indirectos	Cotizaciones, contratos marco

Supuestos y límites

Macollas equiespaciadas sobre la troncal y base logística al inicio de la vía. Préstamo de capacidad ilimitada y botadero a distancia fija. Un día de lluvia detiene la obra civil, no la perforación. No se modelan pendientes ni resistencia a la rodadura. Los valores por defecto son de referencia: reemplácelos por los de su proyecto.

La interpretación debe validarse siempre con criterio de ingeniería.

ORIENTE VENEZOLANO

Hecho para la Faja y el Norte de Monagas

Dos casos precargados con parámetros distintos: en uno gobierna la obra civil y en el otro, la perforación. Seleccione el caso, reemplace los valores por los de su proyecto y simule.

Faja del Orinoco

Sur de Monagas · crudo pesado

- 6 macollas de 16 pozos; troncal de 30 km
- 3 taladros; perforación de 7, 10 y 15 días
- Costo por pozo de 3,2 MUSD
- 450 BPD iniciales, declinación de 25 %, b = 0,8
- Crudo a 45 USD/bbl; OPEX de 20 USD/bbl

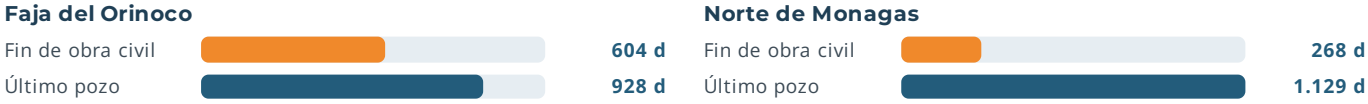
Norte de Monagas

Pozos profundos

- 4 macollas de 4 pozos; troncal de 16 km
- 2 taladros; perforación de 70, 90 y 120 días
- Costo por pozo de 14 MUSD
- 2.500 BPD iniciales, declinación de 35 %, b = 0,5
- Crudo a 60 USD/bbl; OPEX de 12 USD/bbl

Mismo modelo, dos problemas distintos

Resultado (P50)	Faja del Orinoco	Norte de Monagas
Fin de obra civil	604 d	268 d
Último pozo	20 abr 2029 (día 928)	7 nov 2029 (día 1.129)
Primer petróleo	24 may 2027	3 jul 2027
CAPEX total	489,4 MUSD	420,9 MUSD
Producción pico	44.067 BPD	27.073 BPD
VPN a 12 % · TIR	48,0 MUSD · 16 %	517,8 MUSD · 68 %
Qué marca el plazo	Obra civil: 190 días-frente esperando excavadoras	Perforación: macollas listas 187 d antes del taladro



Pensado para la operación

Un solo archivo
Se abre como un archivo HTML en el navegador, sin instalación ni servidor.

En español
Interfaz, diagnósticos y documentación del modelo.

Datos desde Excel
Avance real y pruebas de pozo se pegan desde Excel o se cargan en CSV.

Siguiente paso
Hoy la carga es manual; se prevé automatizar la ingesta y la calibración semanal.

Criterio de ingeniería

Los casos precargados son de referencia y no representan un proyecto real. Con pocas réplicas el P50 de un escenario puede variar entre corridas. Valide siempre el pronóstico con los partes de obra y la experiencia de campo.

La interpretación debe validarse siempre con criterio de ingeniería.