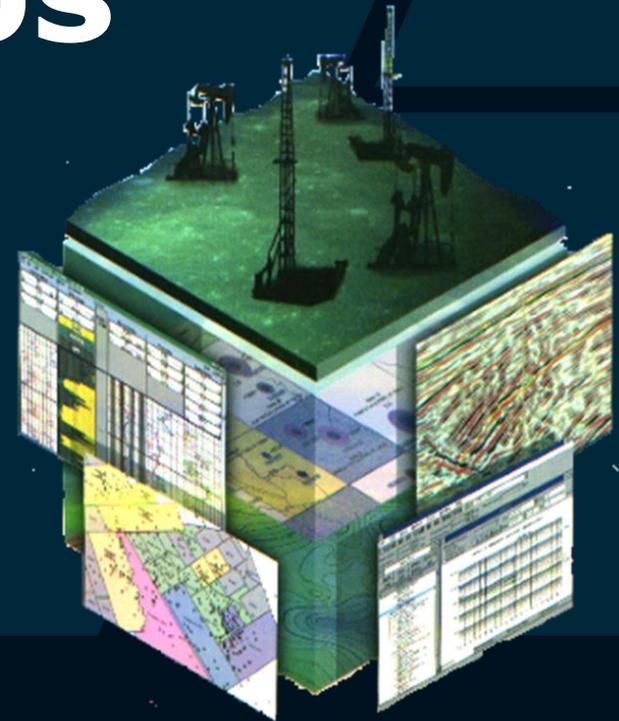


Estudios Integrados de Yacimientos

Msc. Ing. Evanna Fuenmayor

Ing. Vicente Berríos

2023



CONTENIDO

- Estudio Integrado Yacimiento
- Fases:
 - I. Modelo de Datos
 - II. Modelo Estático
 - III. Modelo Dinámico
 - IV. Plan de Explotación

ESTUDIO INTEGRADO DE YACIMIENTO

Qué Es?

- Análisis **Interpretativo y multidisciplinario** de un yacimiento, como una unidad geológica e hidráulica integral.

Integrando

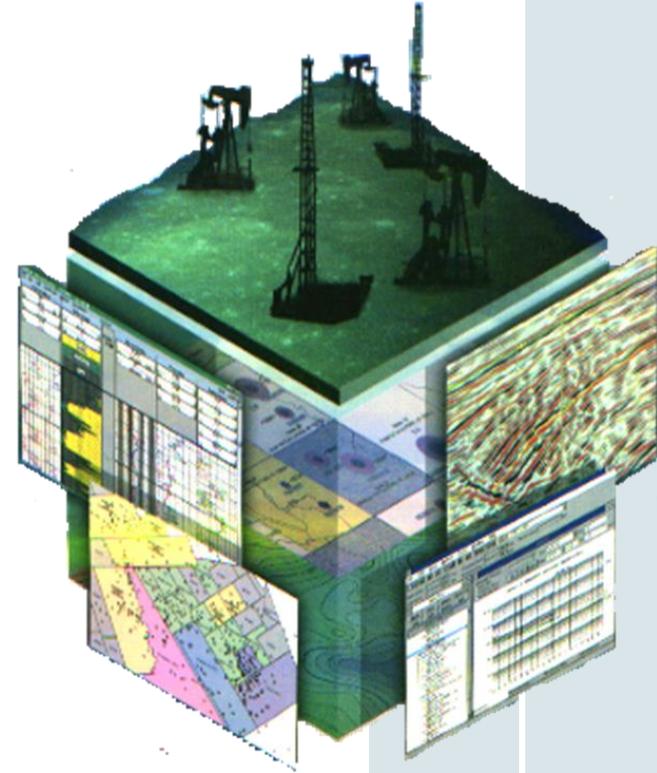
- Aspectos estructurales, estratigráficos, sedimentológicos, petrofísicos y de fluidos, en **un único modelo**

¿Para qué?

- Describir la **naturaleza y geometría** del reservorio
- **Calificar y cuantificar** propiedades de roca y fluidos
- Establecer **distribución y volúmenes** recuperable de hidrocarburos

Que permita

- Establecer un **plan de explotación** que garantice la máxima recuperación económica de los volúmenes de hidrocarburos.



ESTUDIO INTEGRADO DE YACIMIENTO

¿Qué Necesitamos ?

Datos en
cantidad y
calidad

Herramientas
tecnológicas

Recurso
humano
especializado

NECESIDAD DE UN EIY

- ❑ Alta complejidad geológica.
- ❑ Altas tasas de declinación de producción.
- ❑ Baja relación producción – reservas.
- ❑ Factores de recobro anómalos (bajos o altos)
- ❑ Dificultad en mantener los niveles de producción.



ESTUDIO INTEGRADO DE YACIMIENTO

Beneficios

- Cuantificar la incertidumbre en los planes de explotación mediante la caracterización detallada de nuestros yacimientos.
- Incrementar Reservas.
- Maximizar la recuperación final de hidrocarburos.
- Minimizar declinación.
- Maximizar Potencial de Producción.
- Incrementar el % de éxito de las campañas de perforación, proyectos de algún métodos secundario y/o mejorados, desarrollo de pozos infill, estimulaciones, entre otros.

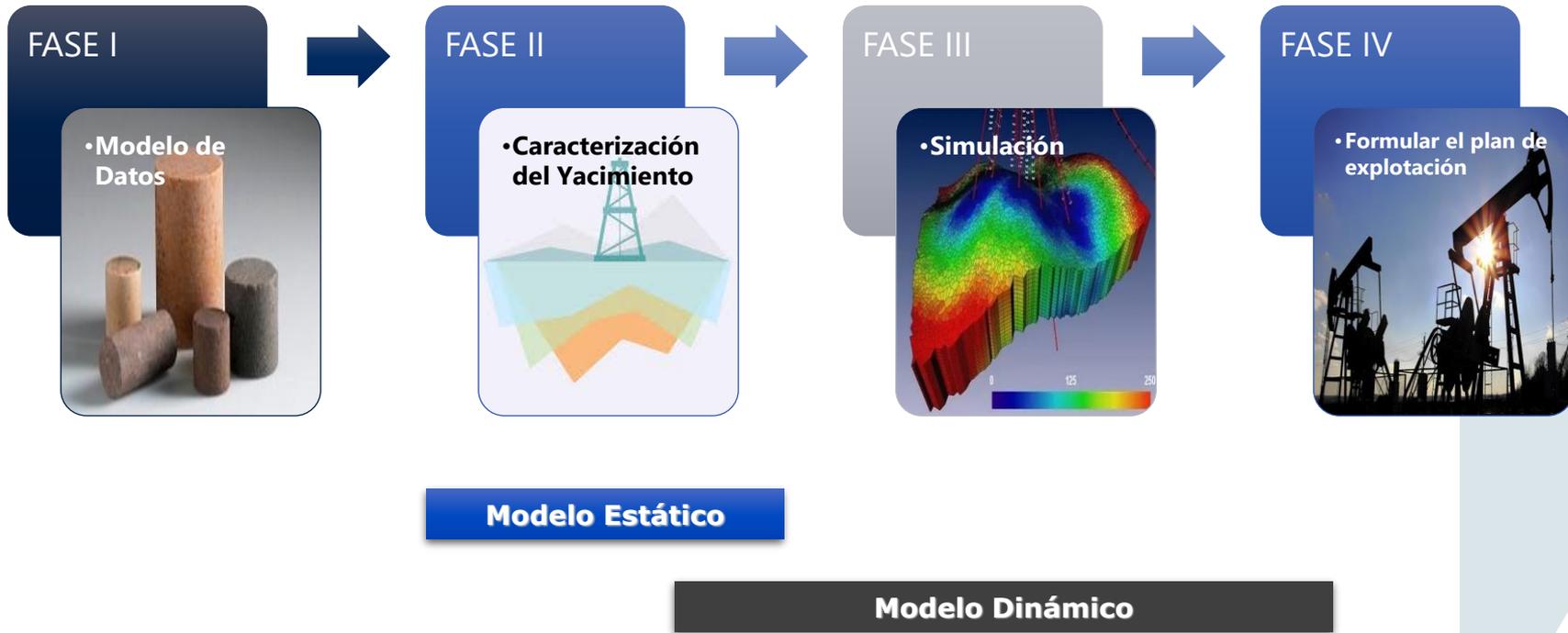
Caracterización del Reservorio

Ahora bien,
¿Lo más importante en la
explotación de un yacimiento,
es su caracterización?



ESTUDIO INTEGRADO DE YACIMIENTO

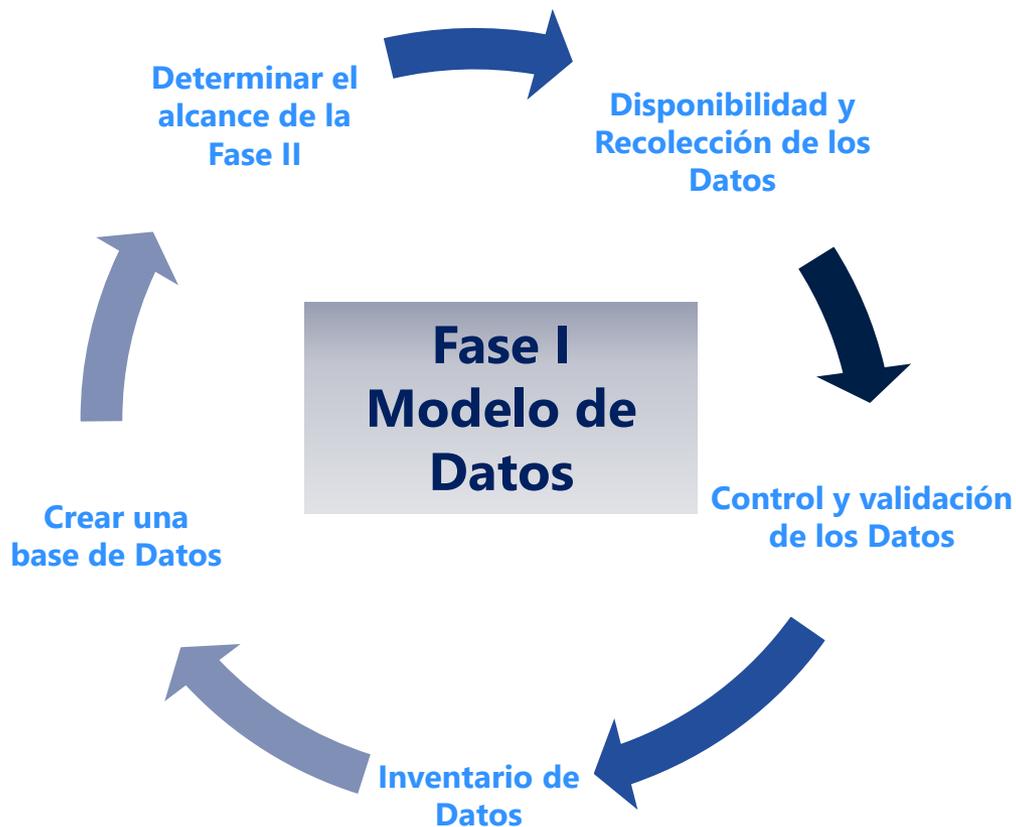
FASES



FASE I: Modelo de Datos

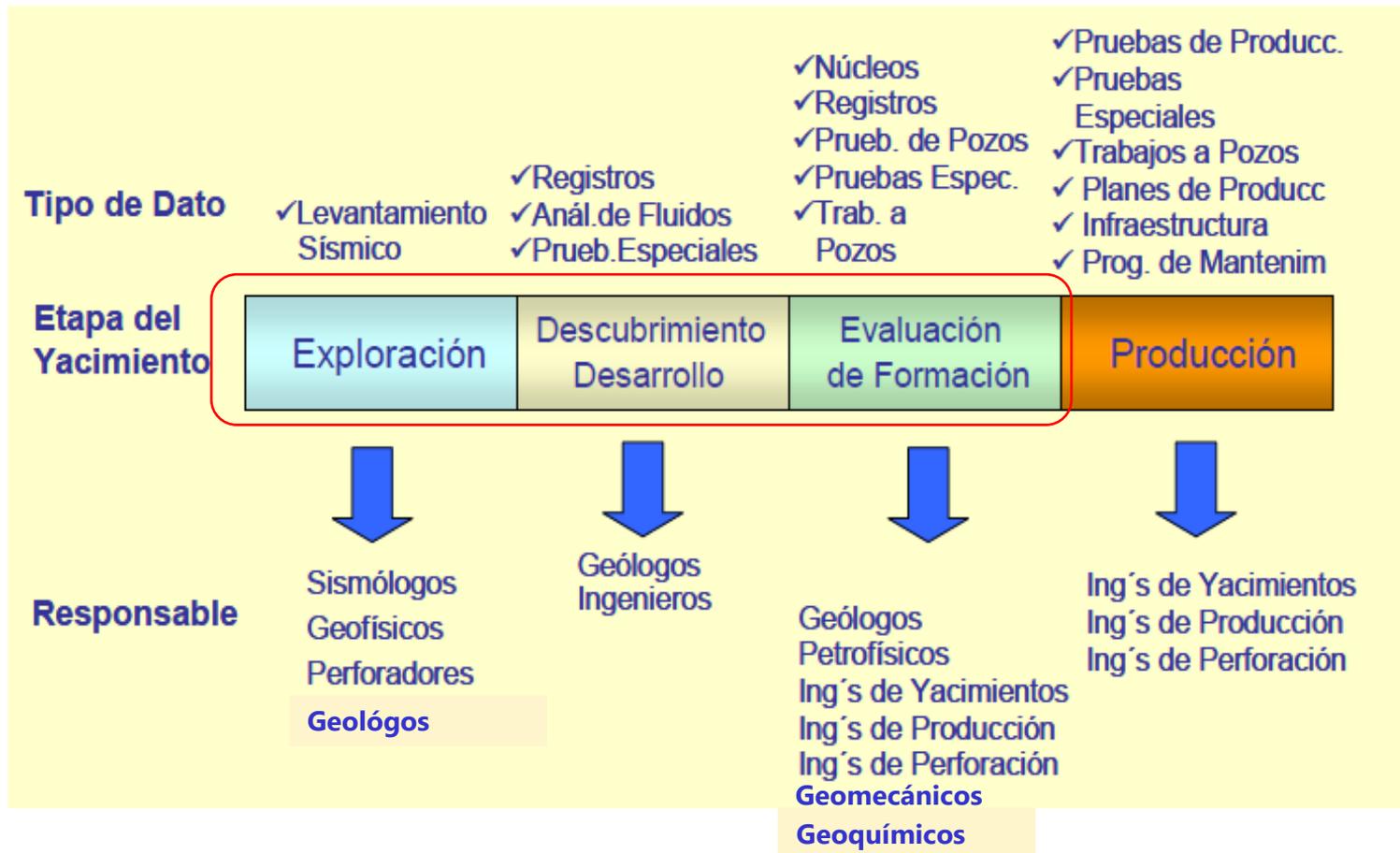


•Recopilación, revisión y clasificación de la información disponible para realizar un EII

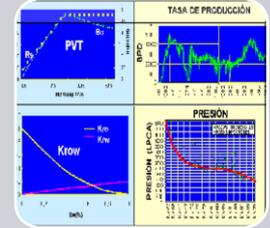
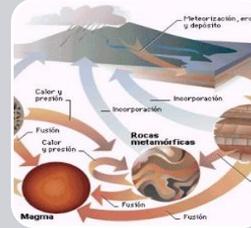
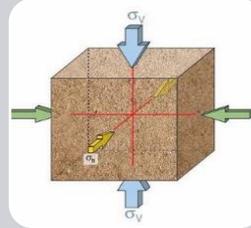
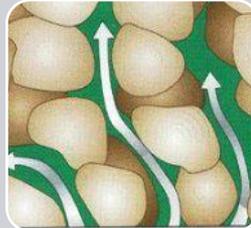
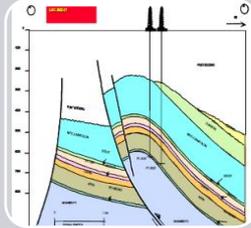
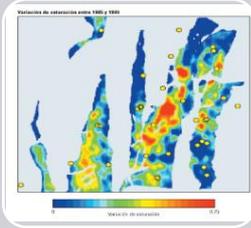


La Calidad del resultado será proporcional a la calidad de los datos utilizados.

Fase I: ¿Quiénes Recolecta Los Datos?



FASE I: Modelo de Datos



Geofísica

- Sísmica 2D
- Sísmica 3D
- Sísmica 4D

Geología

- Testigo Coronas / laterales
- Registros eléctricos
- Recortes de rocas (cutting)
- Afloramientos
- Modelos conceptuales

Petrofísica

- Testigo de Coronas/laterales o de pared
- Registros eléctricos
- Estudios de laboratorio
- Ensayos

Geomecánica

- Testigo de Coronas
- Registros eléctricos
- Ensayos

Geoquímica

- Testigo de Coronas/laterales o de pared
- Registros eléctricos
- Ensayos

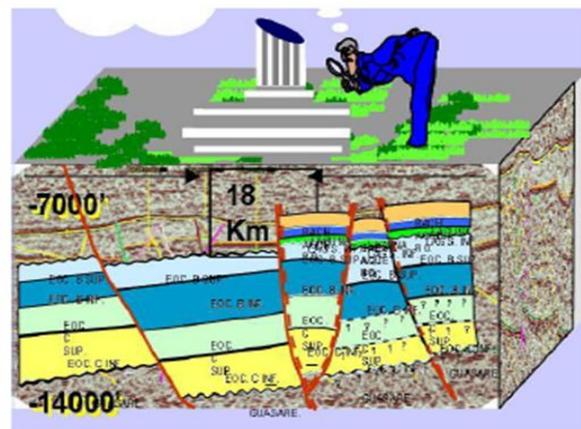
Reservorio

- Análisis de fluidos: PVT/ Krelativas/ presiones capilares, entre otros
- Ensayos de presión
- Histórico de Producción/ presión

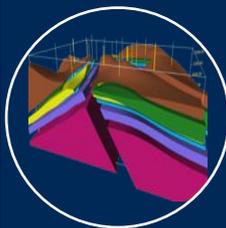
FASE II: Modelo Estático y Dinámico

Modelo Estático

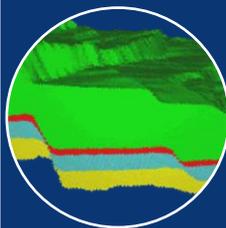
Es el resultado de la integración de aspectos geofísicos, geológicos, geoquímicos, petrofísicos, geomecánicos y de fluidos característicos del yacimiento, el cual permitirá entender el comportamiento del yacimiento, para establecer o mejorar los planes de explotación.



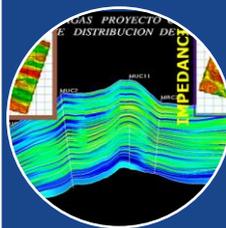
FASE II: Modelo Estático



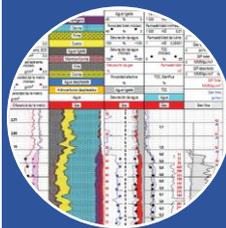
Modelo Estructural



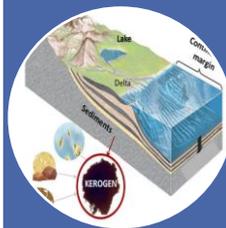
Modelo Estratigráfico



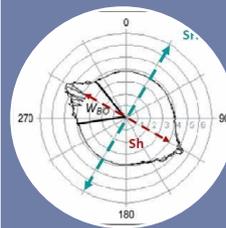
Modelo sedimentológico



Modelo Petrofísico



Modelo Geoquímico



Modelo Geomecánico



Modelo Geoestadístico

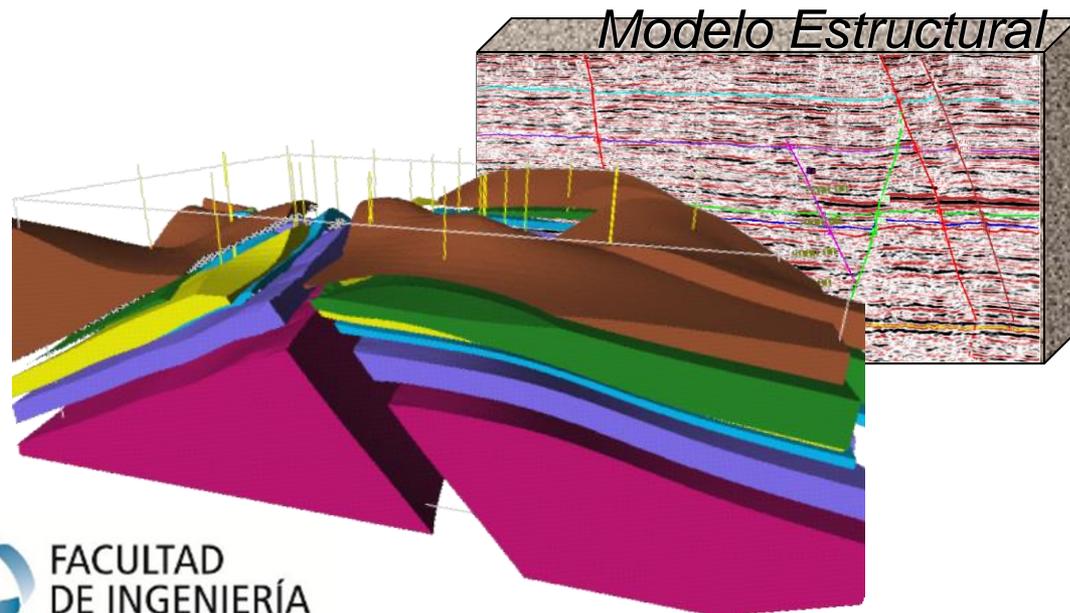


Modelo Estructural

Permite delimitar el área de la acumulación de hidrocarburos mediante la interpretación y estudio de la tectónica de la región, identificando las principales deformaciones generadas que impiden la migración de los fluidos.

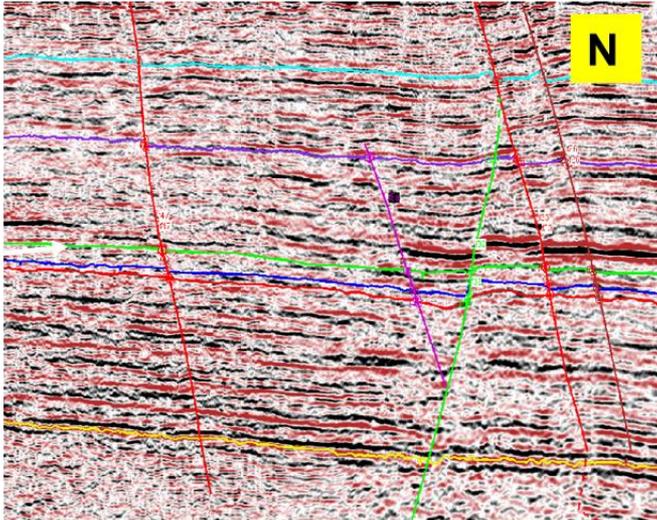
Define la orientación y geometría de los elementos estructurales (fallas, pliegues, altos, bajos estructurales) del área en estudio.

Delimita arealmente el yacimiento.

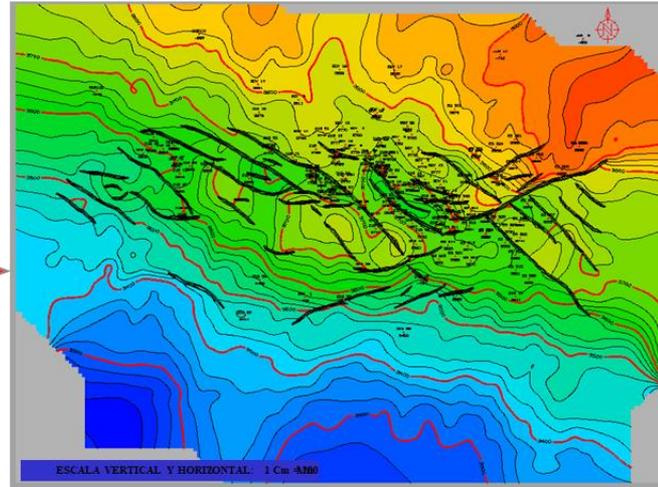


Modelo Estructural

Línea sísmica



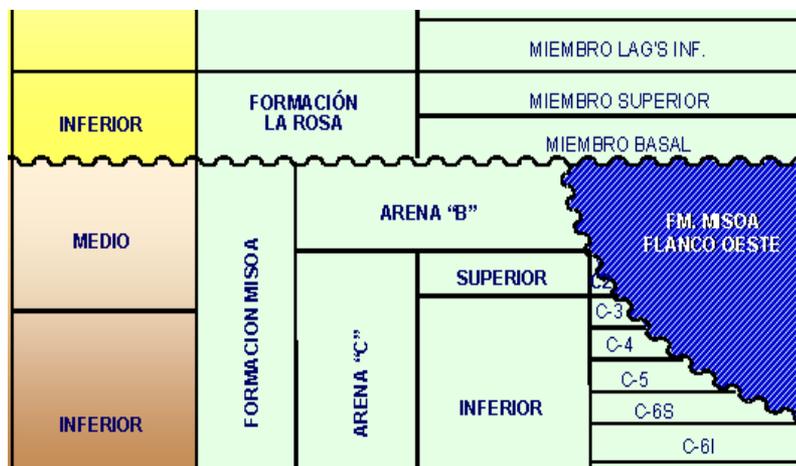
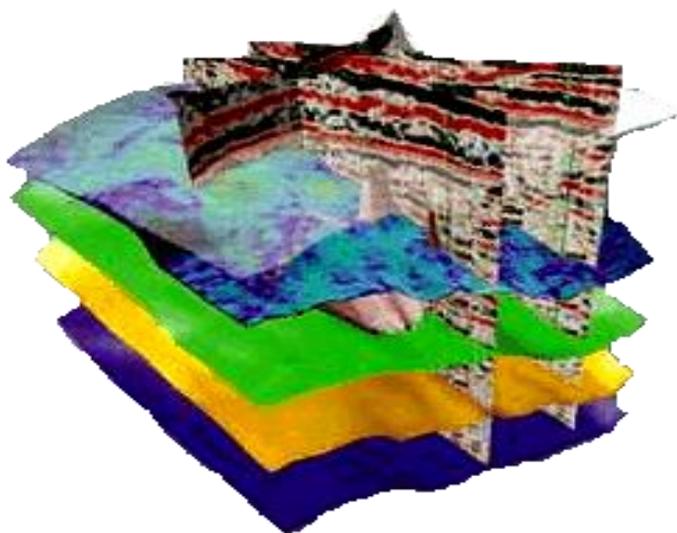
Mapa MFS-80 (sísmica 3D)



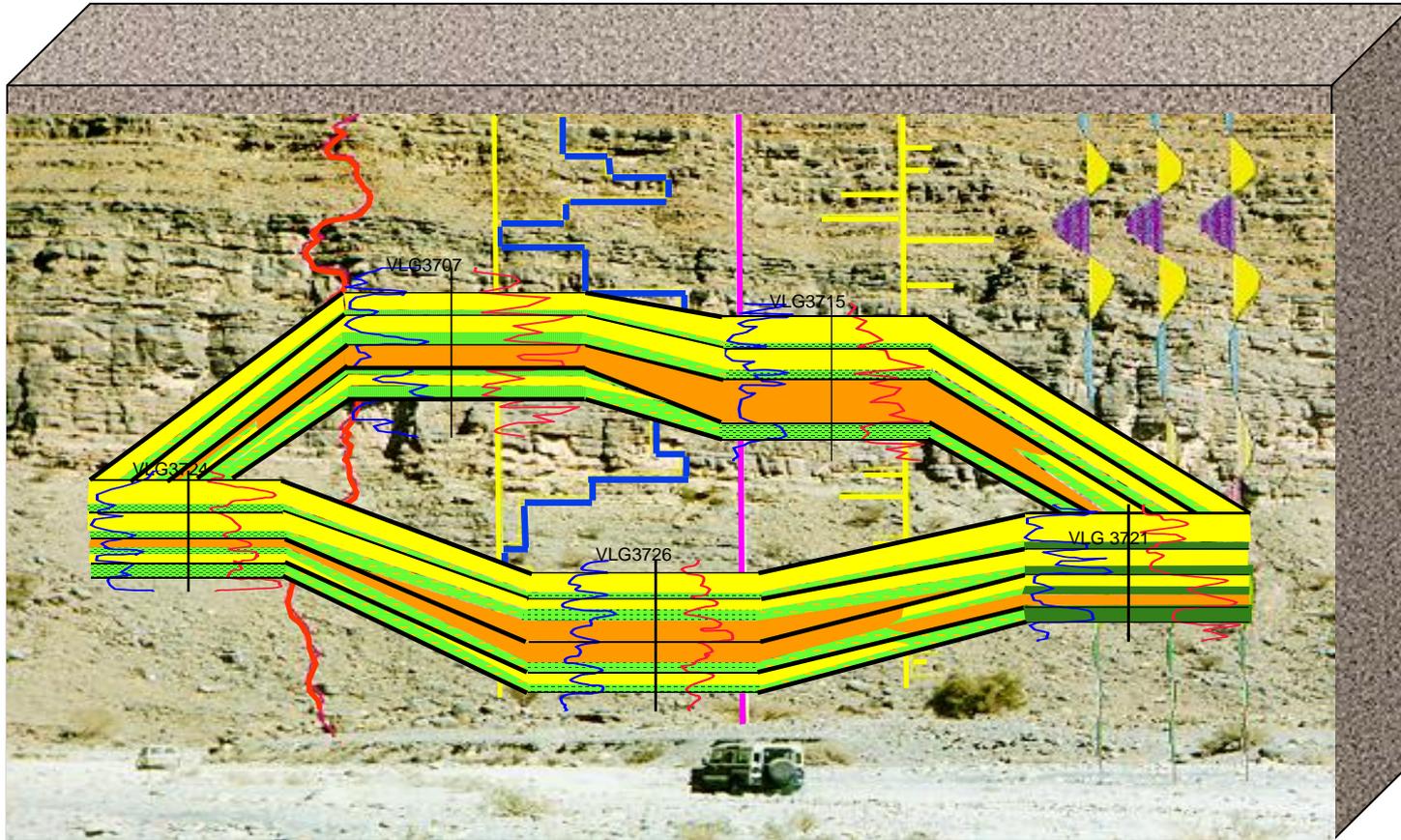
Modelo Estratigráfico

Definir arquitectura interna del yacimiento, mediante la interpretación de marcadores de interés o unidades cronoestratigráficas: límites de secuencias, superficies de máxima inundación.

Esto permitirá establecer unidades de flujo presentes y elaborar mapas de distribución de espesores.



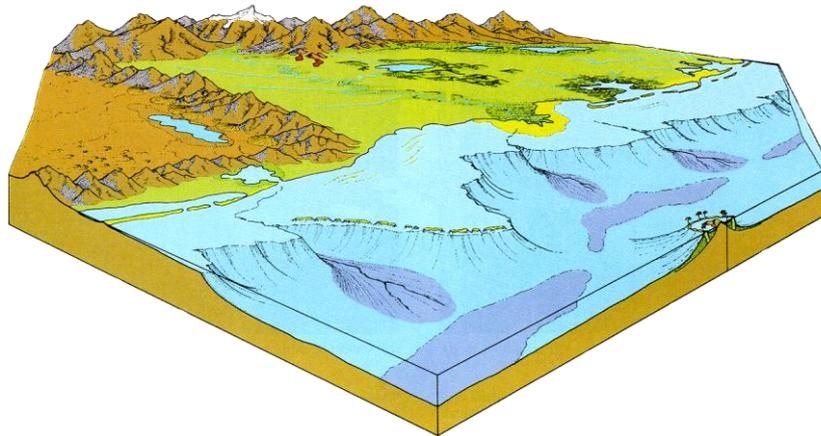
Modelo Estratigráfico



Modelo Sedimentológico

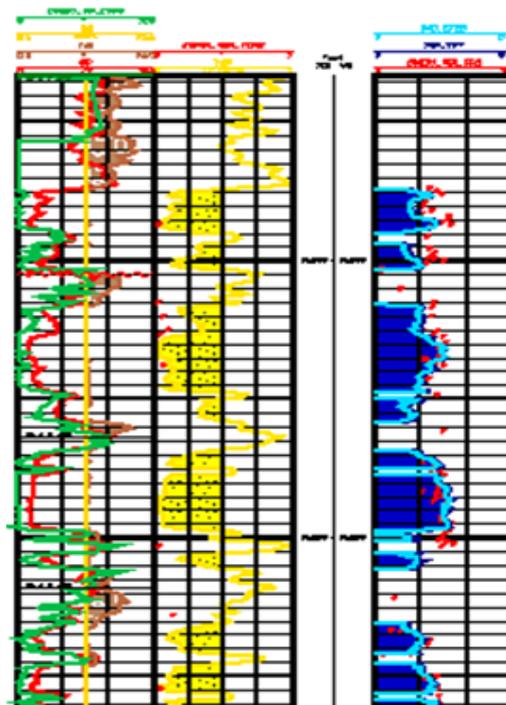
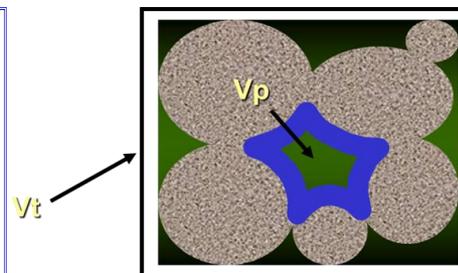
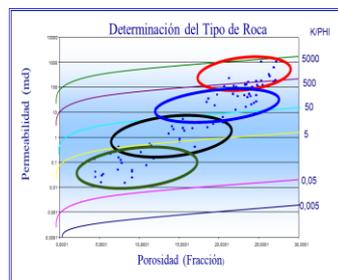
Definir el ambiente, geometría, orientación, distribución areal y calidad de los depósitos sedimentarios que constituyen el yacimiento mediante el análisis y estudios de sus sedimentos desde el punto de vista físico, químico y mineralógico.

El modelo sedimentológico complementa y calibra los modelos estratigráfico y estructural, además de las propiedades de la roca para la caracterización petrofísica final.



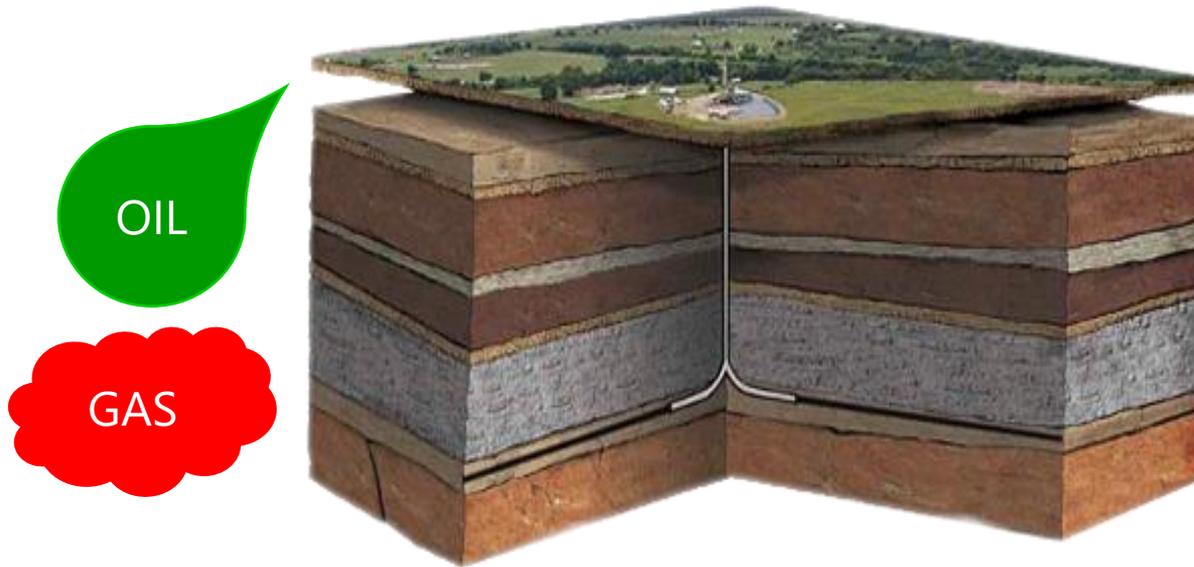
Modelo Petrofísico

- Determinación parámetros petrofísicos.
- Cuantifica los parámetros básicos de Porosidad, Saturación, Permeabilidad y contenido de arcillas de los depósitos.
- Correlación núcleo - perfil.
- Definición parámetros corte.
- Valores promedios por unidad de flujo.
- Calibración datos producción.
- Mapas isopropiedades.
- Mapas de ANP.



Modelo Geoquímico

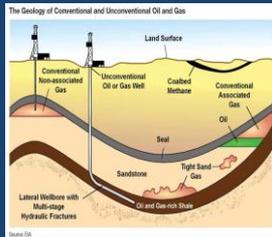
Hunt: define la **Geoquímica del Petróleo** a la Aplicación de los principios químicos y geológicos al estudio del



Modelo Geoquímico: Aplicación

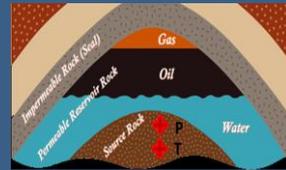
Yacimientos Tipo Shale

Hidrocarburos entrapados en la Roca Generadora (arcillas y/o Carbonatos)



Roca Generadora

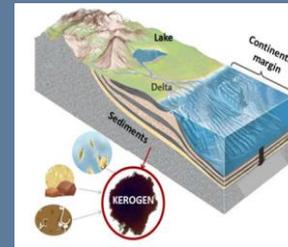
- + Presión
- + Temp.
- Oxígeno.



Rica en Materia Orgánica

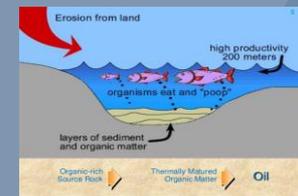
Geoquímica Petrolera

Caracterización, transformación y distribución de las rocas generadoras



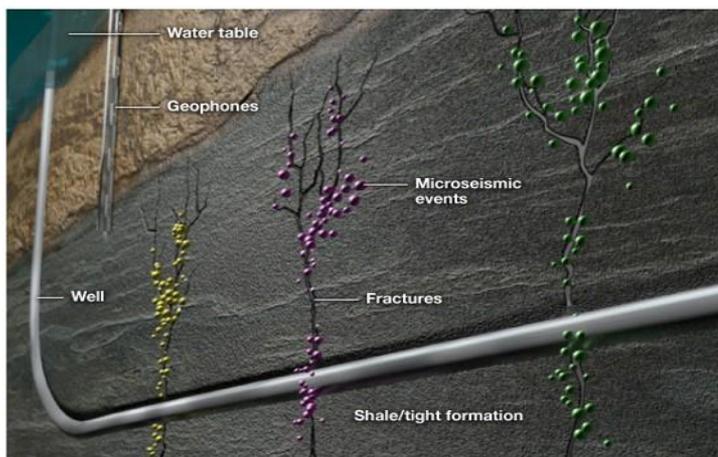
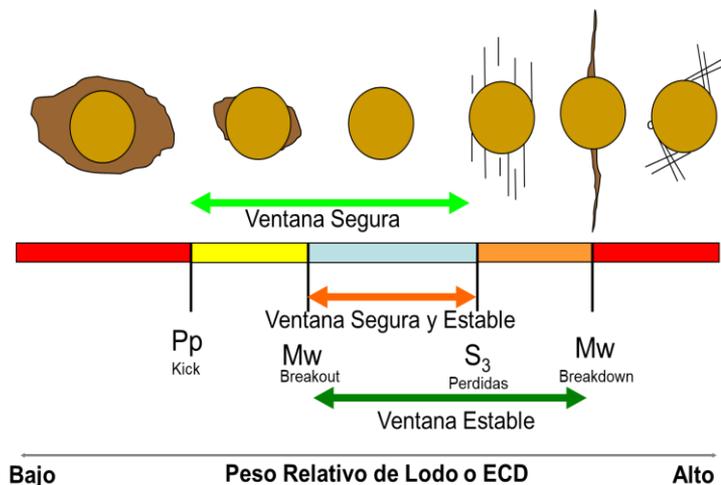
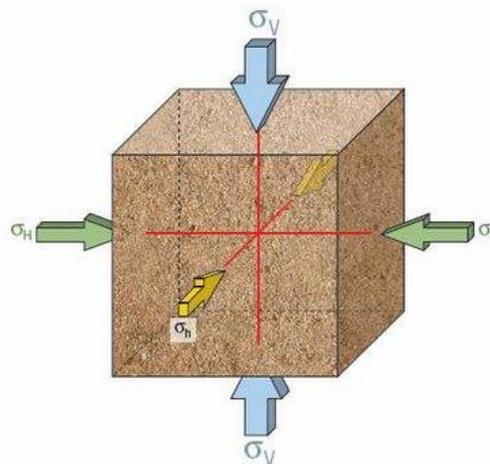
Potencial de Generación

- 1.- Riqueza Orgánica
- 2.- Madurez Térmica



Modelo Geomecánico

Disciplina de la ingeniería que estudia el comportamiento mecánico (propiedades mecánicas) de los materiales geológicos bajo cambios externos, ya sean esfuerzos, deformaciones, cambios de temperatura o cambios químicos; producto de la operaciones petroleras de perforación, completación y producción de pozos.

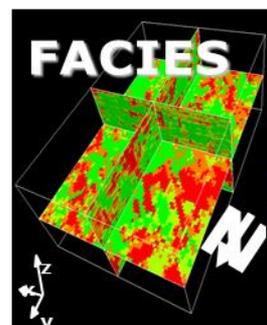


Modelo de Geoestadístico

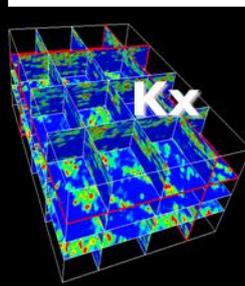
La Geoestadística es una ciencia que aplica los conceptos estadísticos a las ciencias de la tierra.

Es la base fundamental para la generación del modelo estático de un yacimiento determinado.

Esta ciencia es la encargada de generar valores en zonas donde no se tienen datos por medio de interpolaciones que pueden ser realizadas por diferentes métodos geoestadísticos, cuya utilización dependerá del comportamiento de la distribución de la propiedad estudiada en todo el volumen del yacimiento.



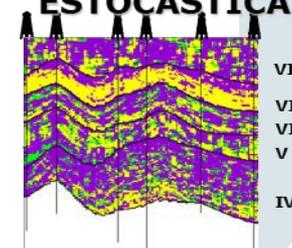
- SS3 Arenisca grano
- S11 Arenisca grano
- S2 Arenisca grano fino
- S2 L, H



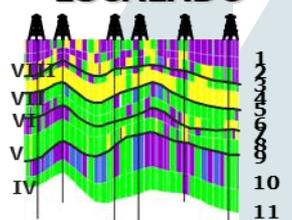
- 0-50 mD
- 50-100 mD
- 100-150 mD
- 150-200 mD

**Poblar espacialmente los volúmenes interpozos interpolando la información puntual...
GEO-ESTADÍSTICAMENTE !**

SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA

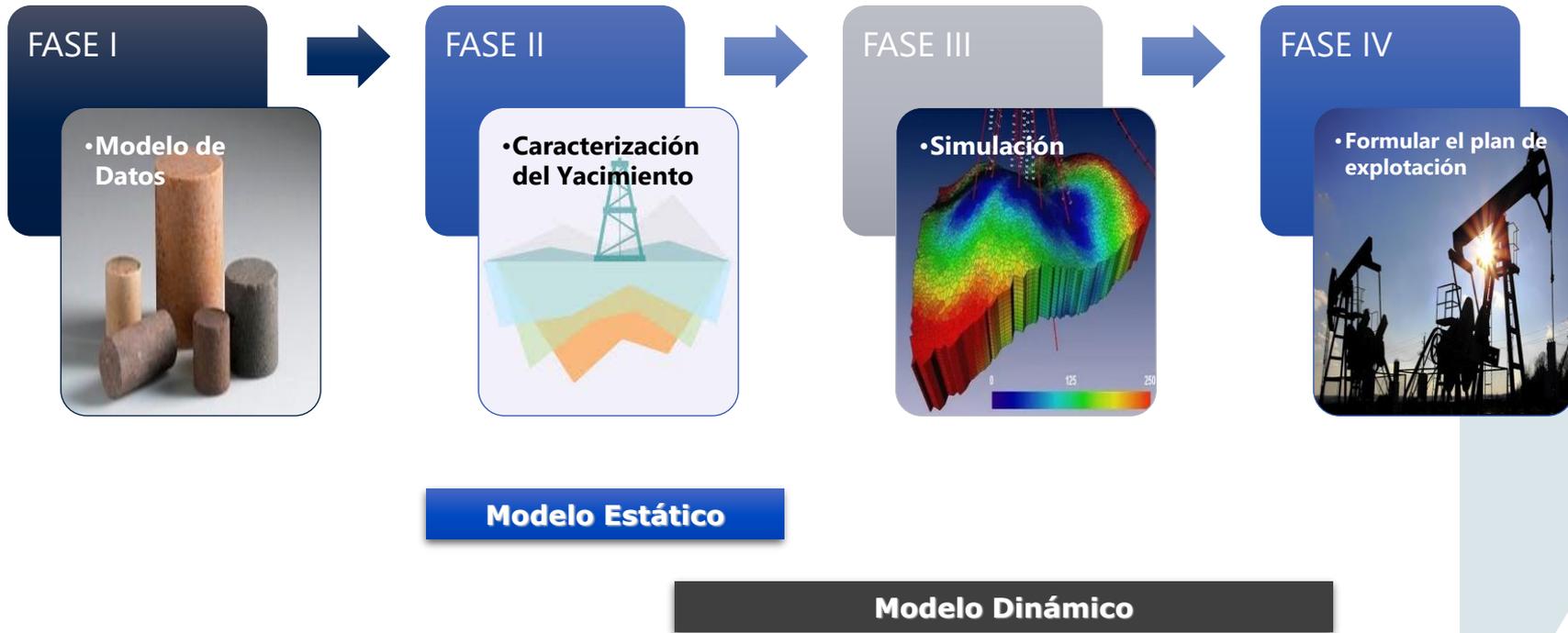


MODELO "ESCALADO"



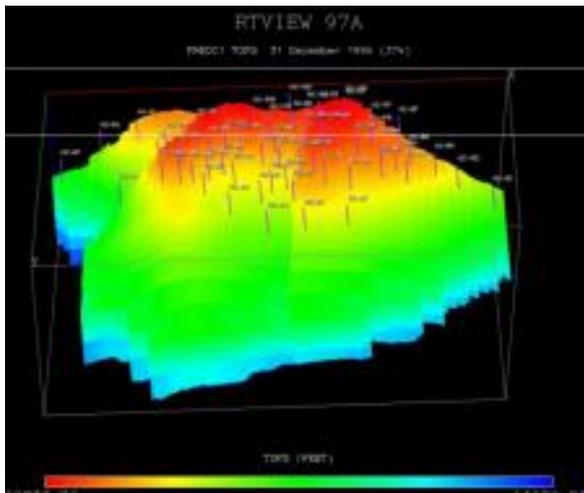
ESTUDIO INTEGRADO DE YACIMIENTO

FASES



MODELO DINÁMICO DE YACIMIENTOS

Representa los Mecanismos de producción activos en los Yacimientos, así como las principales características geológicas que permitan reproducir adecuadamente el movimiento de los fluidos en el yacimiento



PRODUCCIÓN /
INYECCIÓN

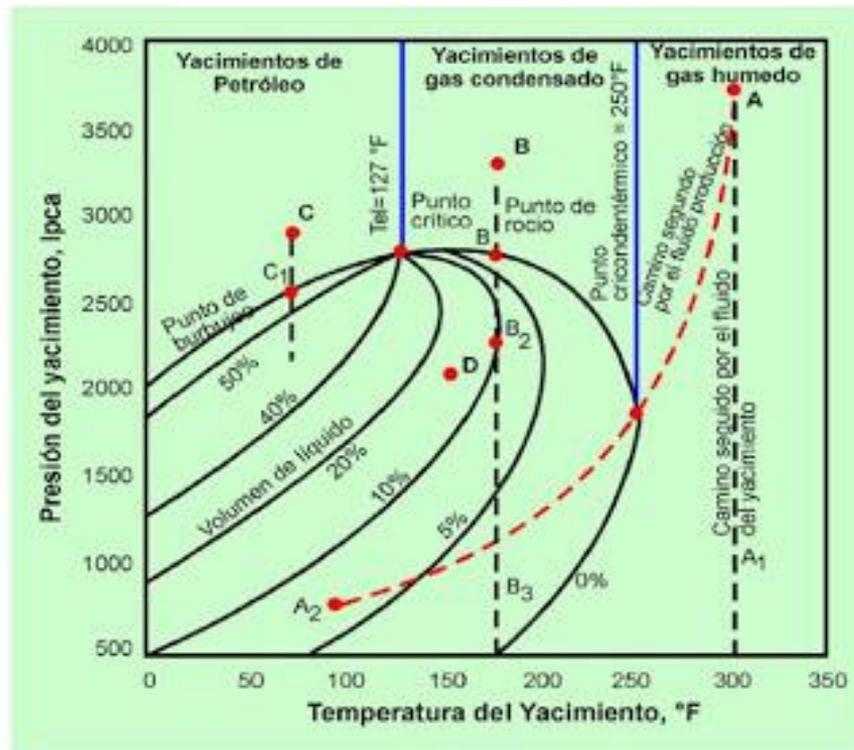
ANÁLISIS PVT

COMPORTAMIENTO DE
PRESIONES

MODELO ROCA -
FLUIDO

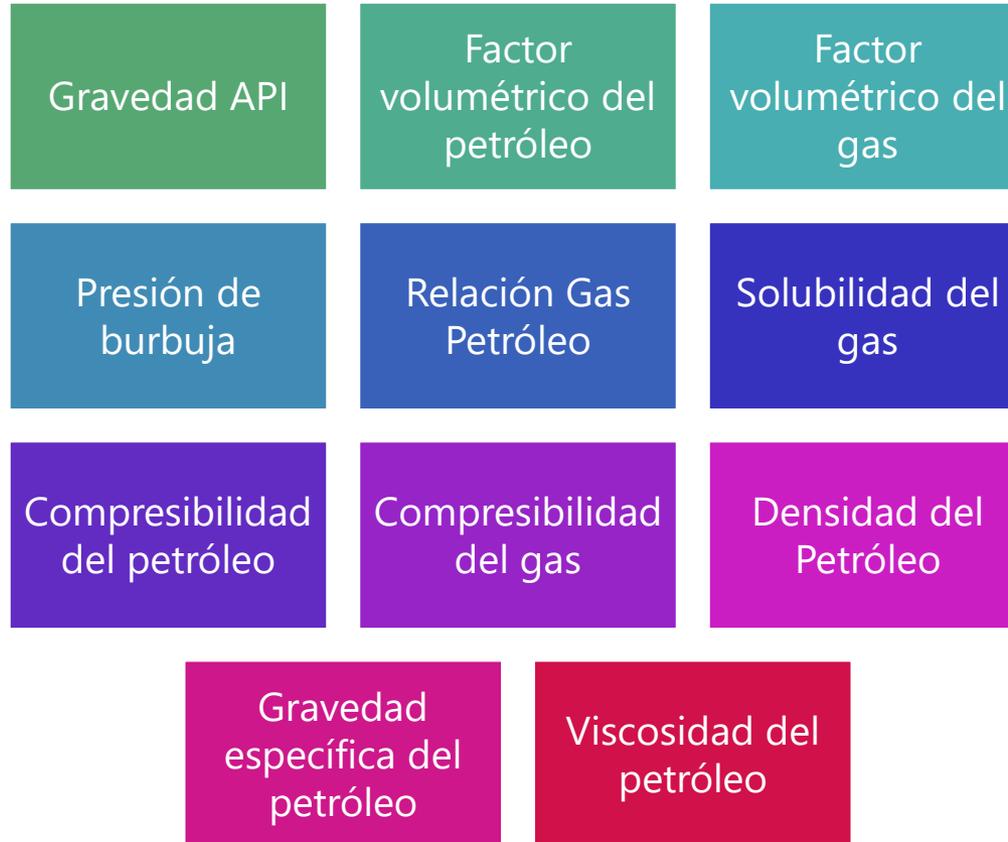
ANÁLISIS PVT

Definir las Propiedades y Distribución de los Fluidos en el Yacimiento, mediante la Caracterización Físico – Química, bajo diferentes condiciones de Presión y Temperatura, lo que permitirá estimar los Volúmenes Iniciales de hidrocarburos almacenados, por consiguiente las Reservas a recuperar



ANÁLISIS PVT

DATOS OBTENIDOS A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS PVT

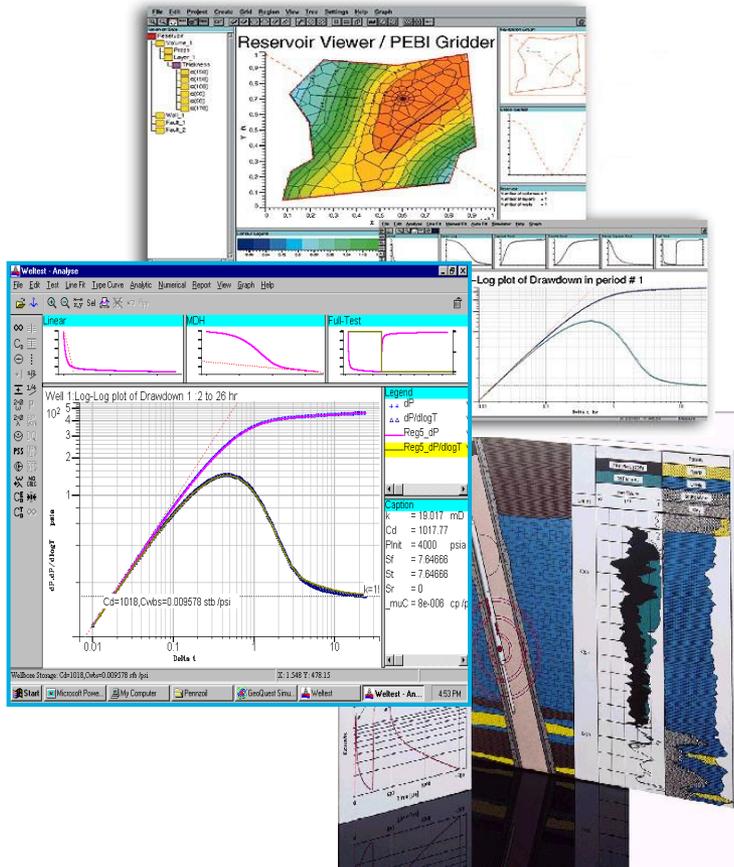


MODELO DE PRESIONES

PERMITE



Cuantificar la energía del yacimiento, caracterizar el sistema Pozo-Yacimiento, identificar las barreras o límites presentes.

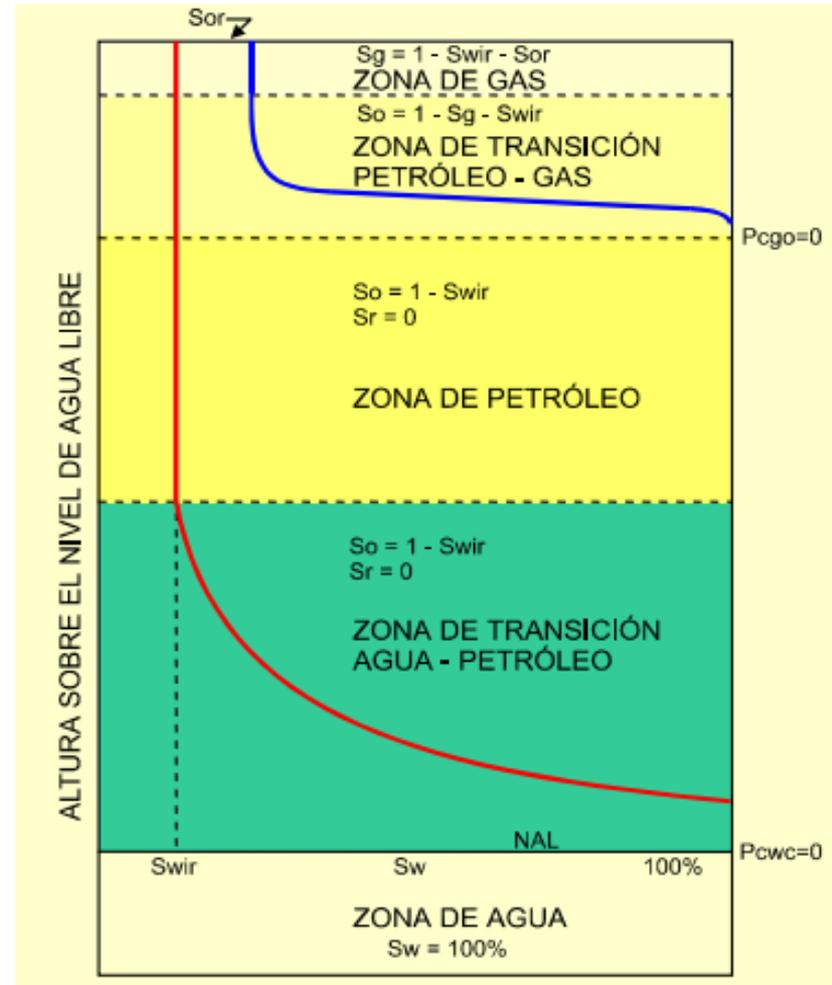


MODELO ROCA - FLUIDO

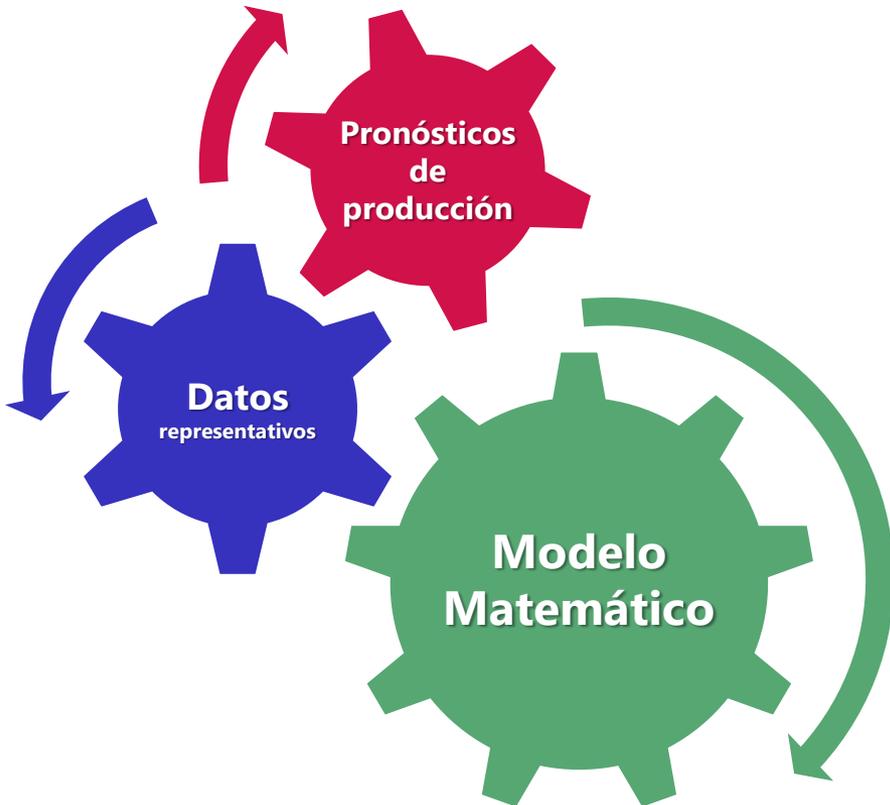
Definir parámetros básicos de roca tales como: saturación de agua inicial, saturación de agua connata, nivel de agua libre, saturación de petróleo residual y generar los datos necesarios para estimar y caracterizar el flujo multifásico de fluidos en el medio poroso.

Curvas de permeabilidad relativa

Curvas de presión capilar



MODELO DE SIMULACIÓN



MODELO ESTÁTICO INTEGRADO

COMPORTAMIENTO DE PRESIÓN

COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO

HISTORIA DE PRODUCCIÓN E INYECCIÓN

PREDICCIÓN CONFIABLE

MODELO DE SIMULACIÓN

Objetivo

Incorporar todos los Modelos generados en las Fases anteriores en un Modelo Numérico de Cálculo, que utiliza Ecuaciones de Transferencia de Masa y Movimiento de Fluidos en Medios Porosos con la finalidad de :

- Validar POIS/GOIS definido por el modelo estático y estimar los volúmenes Recuperables
- Analizar el Comportamiento de Producción / Presión
- Predecir el Comportamiento Futuro del Yacimiento
- Establecer la Estrategia Óptima de Desarrollo

MODELO DE SIMULACIÓN

Un modelo de simulación es capaz de responder las siguientes preguntas:

- ¿Como desarrollar y producir un campo para maximizar el recobro de reservas?
- ¿Dónde y cuando perforar los pozos?
- ¿Cuál sería el mejor esquema de recuperación adicional?
- ¿Por qué no se esta comportando el yacimiento como se había pronosticado? ¿Cómo se puede mejorar?
- ¿Cuáles son los parámetros críticos que se deben medir en la aplicación de un esquema de recobro particular?
- ¿Cuál es el mejor esquema de completación de los pozos? ¿De que porción del yacimiento proviene la producción?
- ¿Qué tan sellantes son las fallas y las barreras de permeabilidad?

Datos de entrada de un Simulador

A. Descripción del yacimiento.

1. Permeabilidad.
2. Porosidad.
3. Espesores de formación.
4. Elevación o profundidad.
5. Número y tamaño de los bloques.
6. Saturaciones iniciales para cada fluido.
7. Presión Inicial.
8. Comprensibilidad de la roca.

B. Propiedades de los fluidos del yacimiento.

1. Factor volumétrico del petróleo.
2. Factor volumétrico del agua.
3. Factor volumétrico del gas.
4. Viscosidad del petróleo.
5. Viscosidad del agua.
6. Viscosidad del gas.
7. solubilidad del gas en el petróleo.
8. Densidad del petróleo.
9. Densidad del agua.
10. Densidad del gas

C. Relaciones de interacción entre rocas y fluidos.

1. Curvas de permeabilidad relativa para petróleo, agua y gas.
2. Curvas de presión capilar agua-petróleo.
3. Curvas de presión capilar gas-petróleo.

D. Datos de los pozos.

1. Localización y estado del pozo.
2. Historia de completación que incluya intervalos de producción, índice de capacidad de flujo (Kh), daño de formación, método de producción, etc..
3. Historia de producción y sus restricciones.
4. Historia de presiones de formación.

FASE IV. PLAN DE EXPLOTACIÓN

OBJETIVO

Definir, jerarquizar y evaluar los posibles escenarios de explotación, a fin de seleccionar el plan óptimo según el horizonte económico previamente establecido (generalmente 20 años) para el área o yacimientos estudiados



Gerencias Involucradas



FASE IV. PLAN DE EXPLOTACIÓN

INDICADORES ECONÓMICOS

Proporcionan Puntos de Referencia desde los cuales es posible evaluar la Rentabilidad o Seguridad que brinda una Inversión y adicionalmente, permiten comparar diferentes Alternativas de Negocios.



Valor Presente Neto (VPN)

Tiempo de Pago (TP)

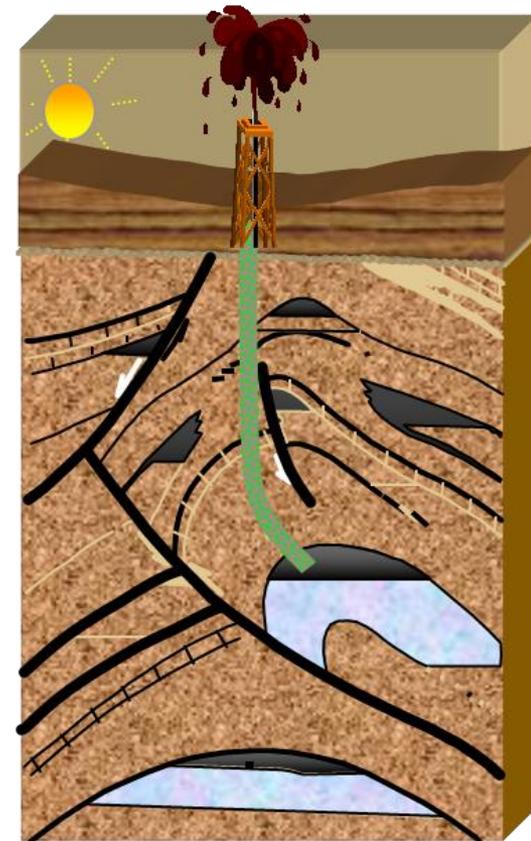
Tasa Interna de Retorno (TIR)

Eficiencia de inversión (EI)

CONCLUSIONES

- ❑ *Los estudios Integrados son necesarios para poder optimizar el recobro económico de las reservas de un yacimiento y para asegurar una máxima creación de valor en el **macro proceso** de explotación.*

¿A Mejor Descripción → Mayor recobro?

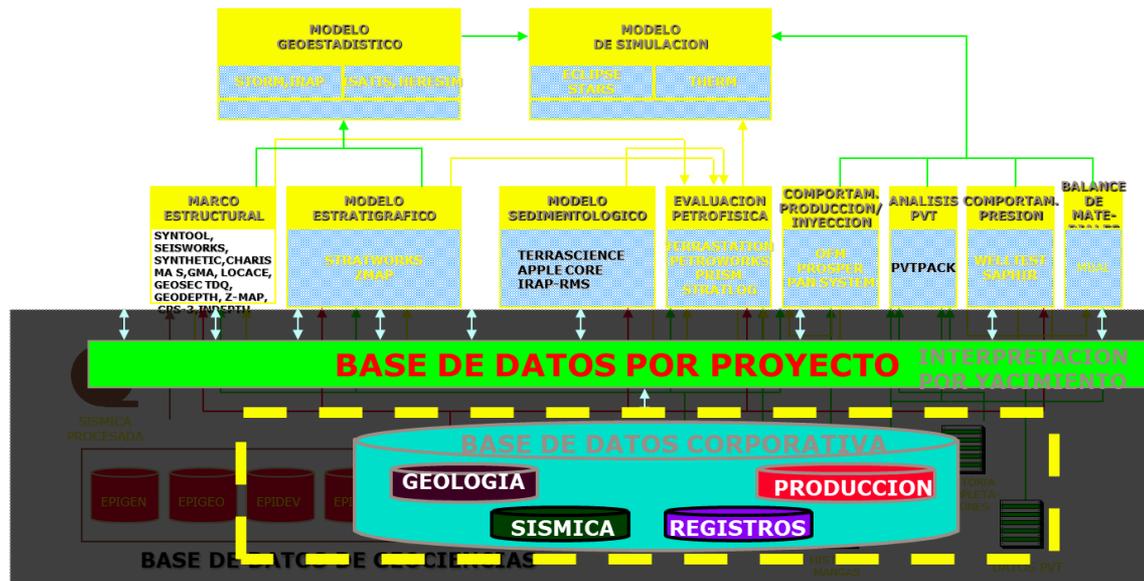


CONCLUSIONES

- ❑ *Se requieren profesionales altamente especializados y debidamente adiestrada para cumplir eficientemente esta tarea.*
- ❑ *Es necesario establecer una plan de acción sostenido para el fortalecimiento y mantenimiento de las pericias claves.*
- ❑ *Se requiere de una actualización continua para no caer en obsolescencia.*
- ❑ *Los Estudios Integrados no son infalibles.*
- ❑ *Son una aproximación a la verdad. Un modelo inferido del subsuelo.*
- ❑ *La incertidumbre es una de sus características y por ello debe existir una política de mantenimiento y actualización permanente, asociado al proceso de "Monitoreo" y control de yacimientos.*

CONCLUSIONES

- ❑ Se hace necesario profundizar en la captura de datos suficientes y de calidad para optimar el tiempo de ejecución de los estudios y elevar la Certidumbre de los mismos.
- ❑ La adecuación de las bases de datos corporativas es necesaria.
- ❑ Un estudio Integrado necesita contar con una base de datos integrada.



CONCLUSIONES

- ❑ *Los costos de un Estudio Integrado de Yacimientos son sumamente bajos comparado con los beneficios que se pueden derivar del mismo.*
- ❑ *El estudio más costoso es el que no se hace.*
- ❑ *Se requiere estudiar los yacimientos en forma periódica.*
- ❑ *La frecuencia de revisión depende de la complejidad del yacimiento, estado de agotamiento, incertidumbre del modelo y del avance de las tecnologías para la interpretación.*

CONCLUSIONES

Estadísticas indican que los modelos de Yacimientos deben "re-estudiarse" cada 5 años dependiendo de:

- ✓ Niveles de actividad
- ✓ % de Incertidumbre modelo anterior
- ✓ Complejidad
- ✓ Estado de Agotamiento
- ✓ Nuevas Tecnologías en el mercado
- ✓ Re-ingeniería

Si se mantiene una política de mantenimiento y actualización de los modelos existentes el tiempo de "re-estudio" debería ser cada vez menor y a menor costo.