

---

# **TERCER SIMPOSIO PETROLERO - ENERGETICO UNIVERSITARIO - SPEU III / 2017**

**FRATERNIDAD PETROLERA DIONISIO FOIANINI (FPDF)**

**CAMARA BOLIVIANA DE HIDROCARBUROS Y ENERGIA (CBHE)**

**ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA - SANTA CRUZ (EMI - SCZ)**



# Sistemas Expertos para la explotación hidrocarburífera

*Ing. Nelson Cabrera Maráz, Msc*

*[roneven@cotas.com.bo](mailto:roneven@cotas.com.bo)*

*N@Plus 2017, Octubre 27*



---

# **Sistemas Expertos para la explotación hidrocarburífera**

## **Agenda**

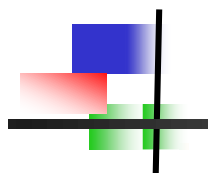
***Visión General de UPSTREAM***

***Manejo integral de activos***

***La implementación de Campo Inteligente***

***Manejo automatizado de pozos***

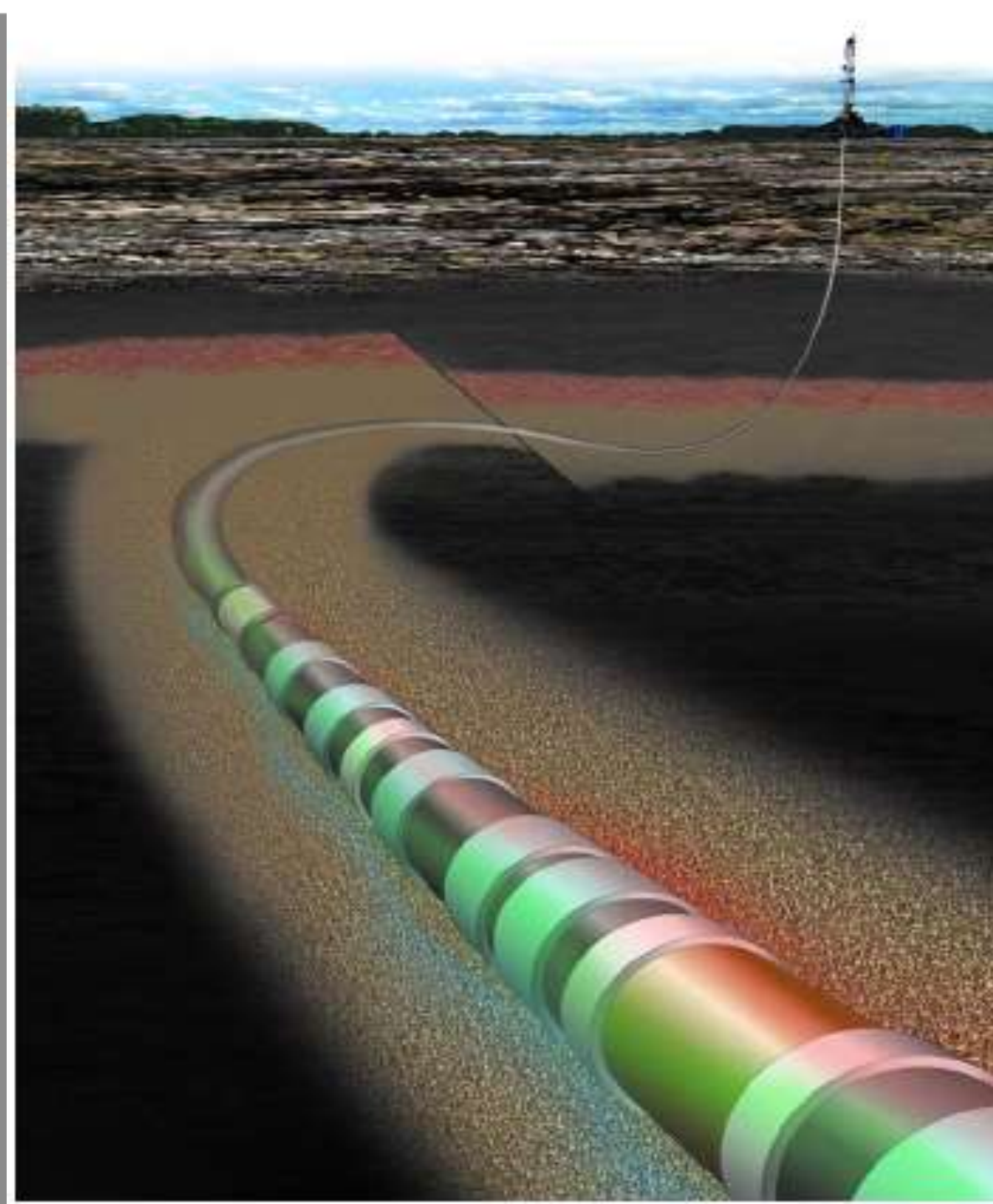
***Optimización de la producción del pozo a la planta***



***La tecnología digital continua creciendo en cuanto a sofisticación y ahora invade la mayor parte de las actividades de los campos de petróleo y gas***

***Han surgido numerosas expresiones para caracterizar el enlace entre la tecnología digital y el campo petrolero, “Campo Inteligente” es la que mejor capta el concepto***

***El modelado integro de activos vincula las herramientas tradicionales, tales como el software de simulación de yacimientos, con otros modelos de sistemas de producción.***



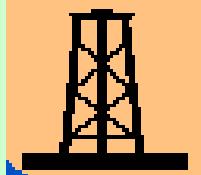
*Visión general del*  
**UPSTREAM**  
*(E&P)*

# Ciclo de vida: Exploración y Producción

**Generación  
Prospectos**



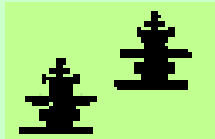
**Perforación  
Exploratoria**



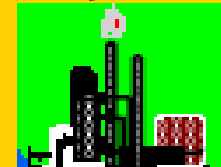
**Descubrimiento  
Evaluación  
Desarrollo**



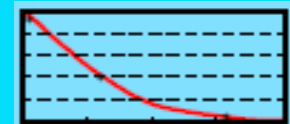
**Optimización  
De Campo**



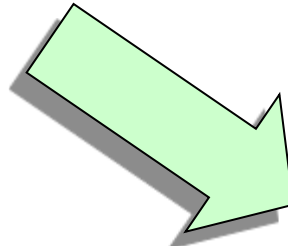
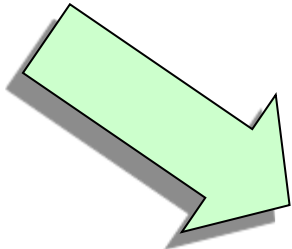
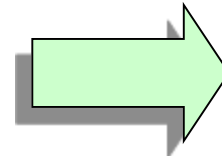
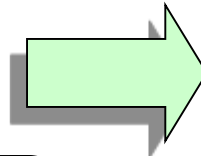
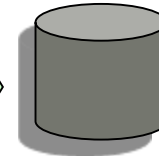
**Recuperación  
Mejorada**



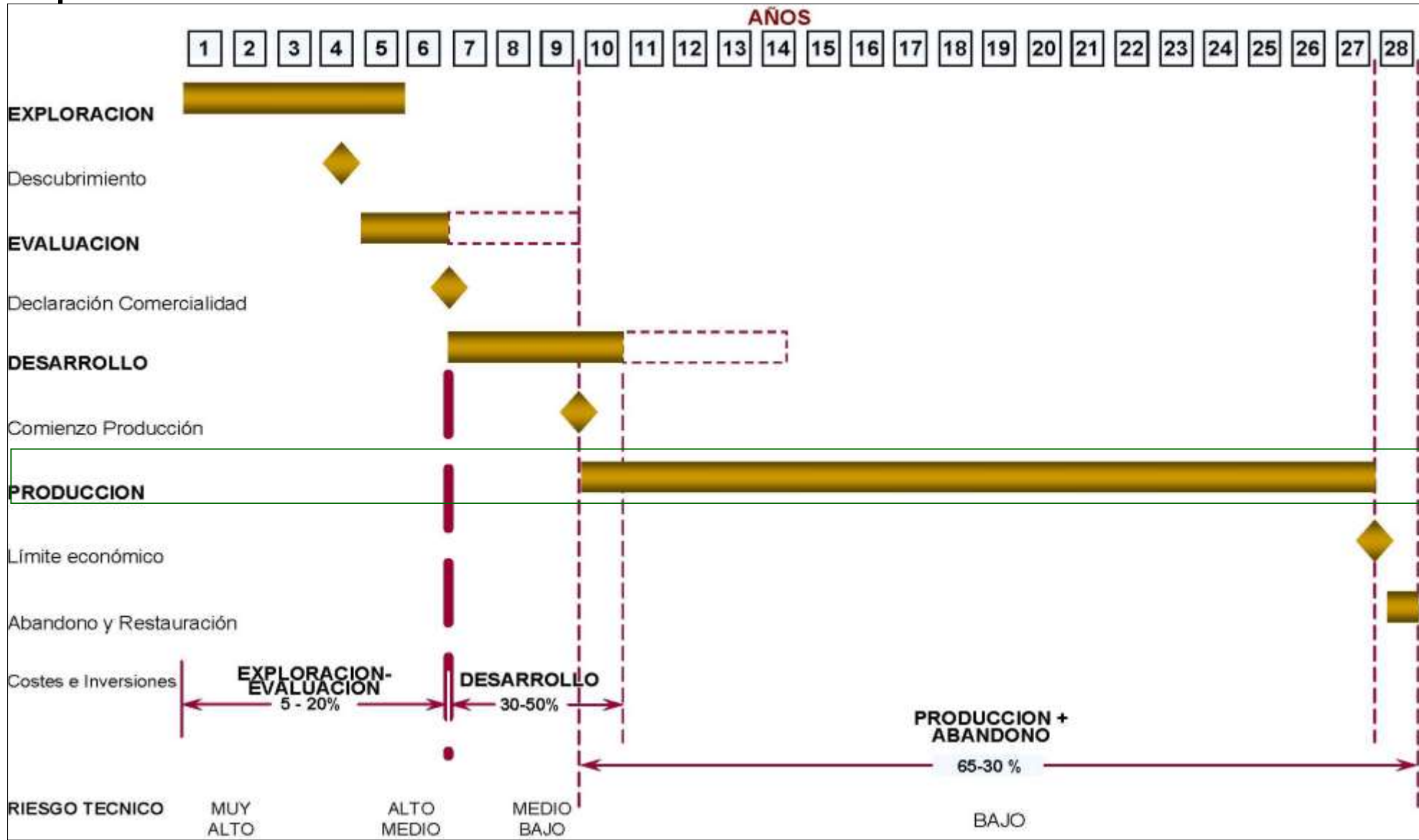
**Declinación  
Abandono**



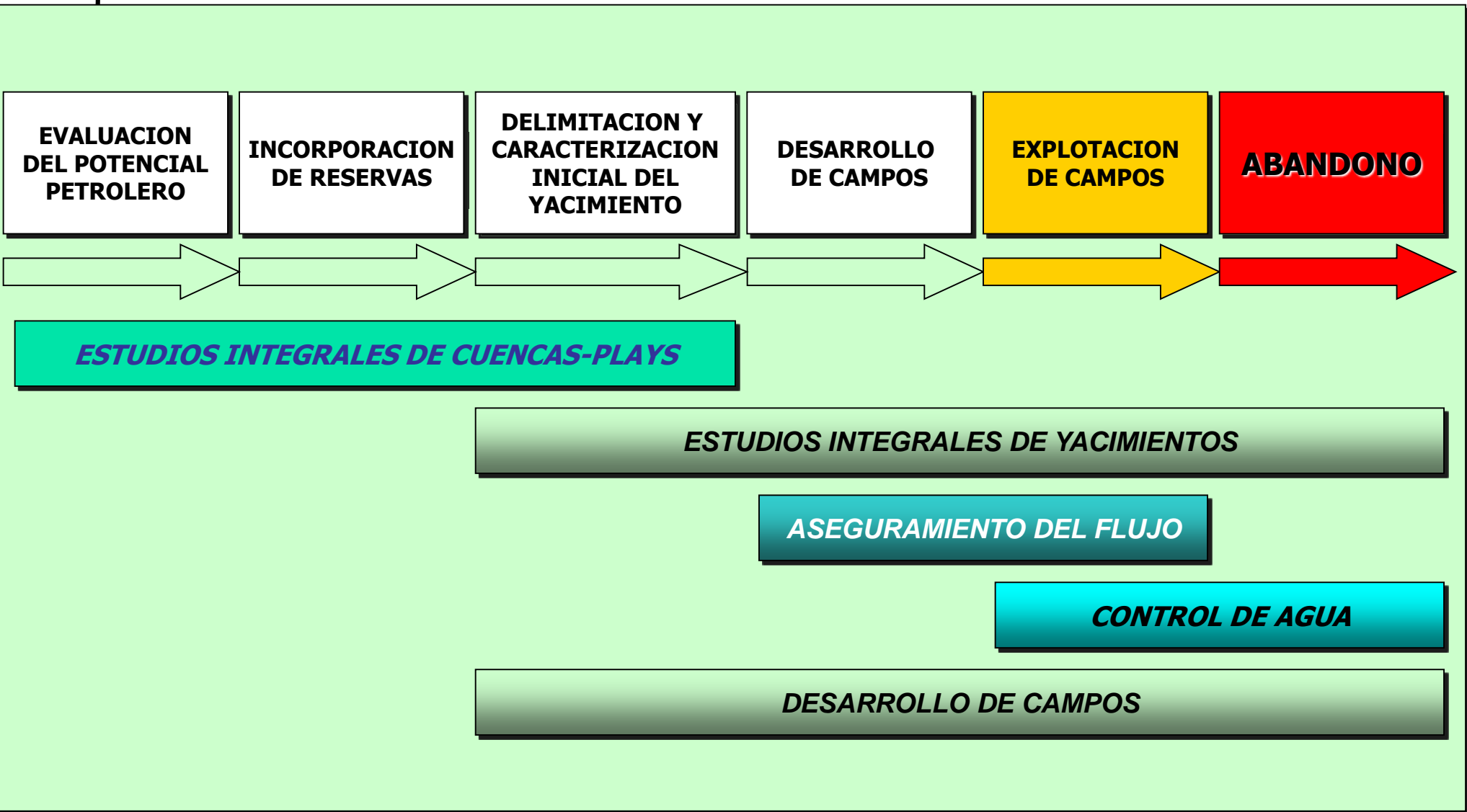
**E&P**



# LOS CICLOS: EXPLORACION, EXPLORACION-EVALUACION, EVALUACION-DESARROLLO, DESARROLLO-PRODUCCION

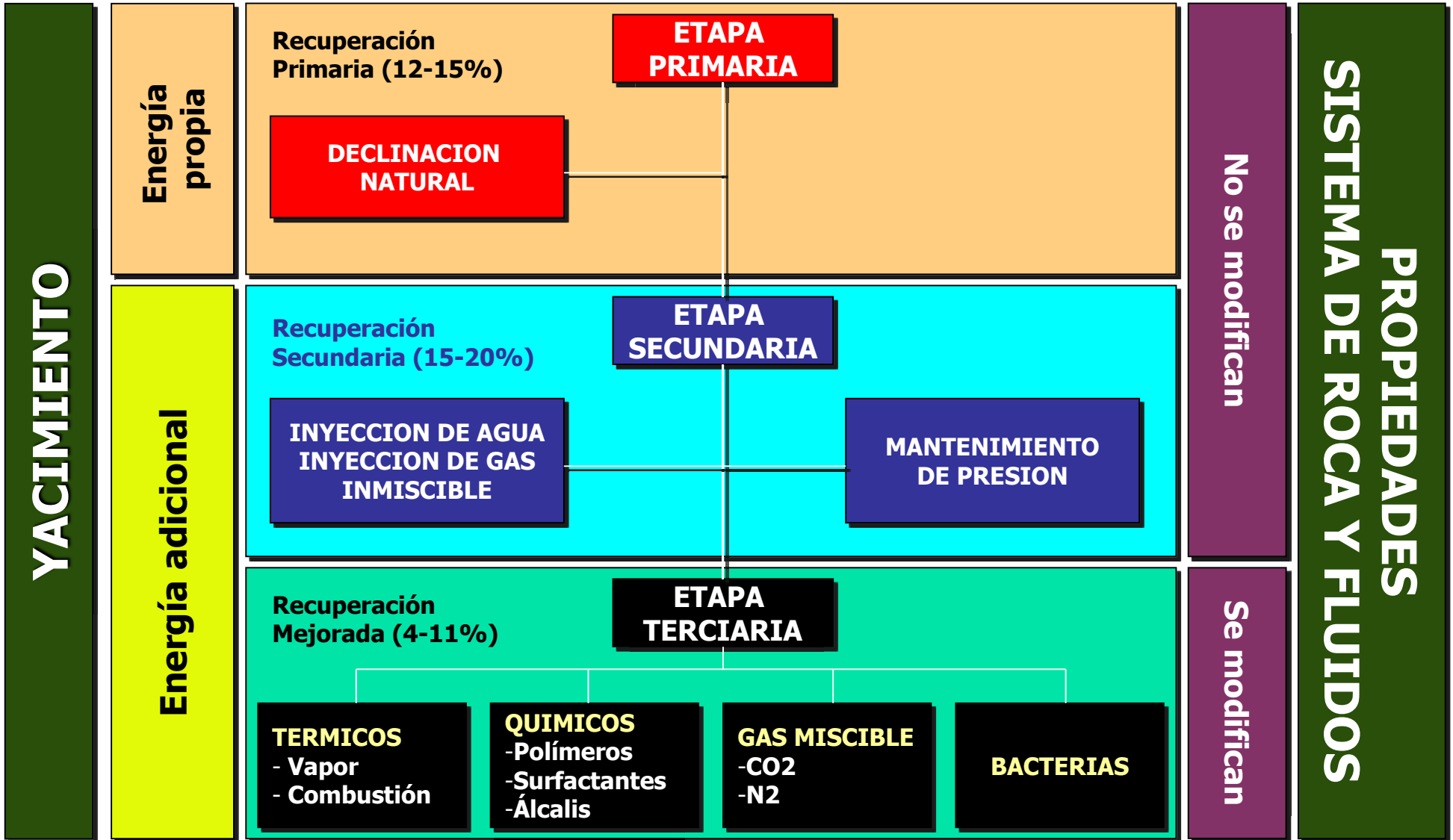


# Retos tecnológicos en la exploración y explotación

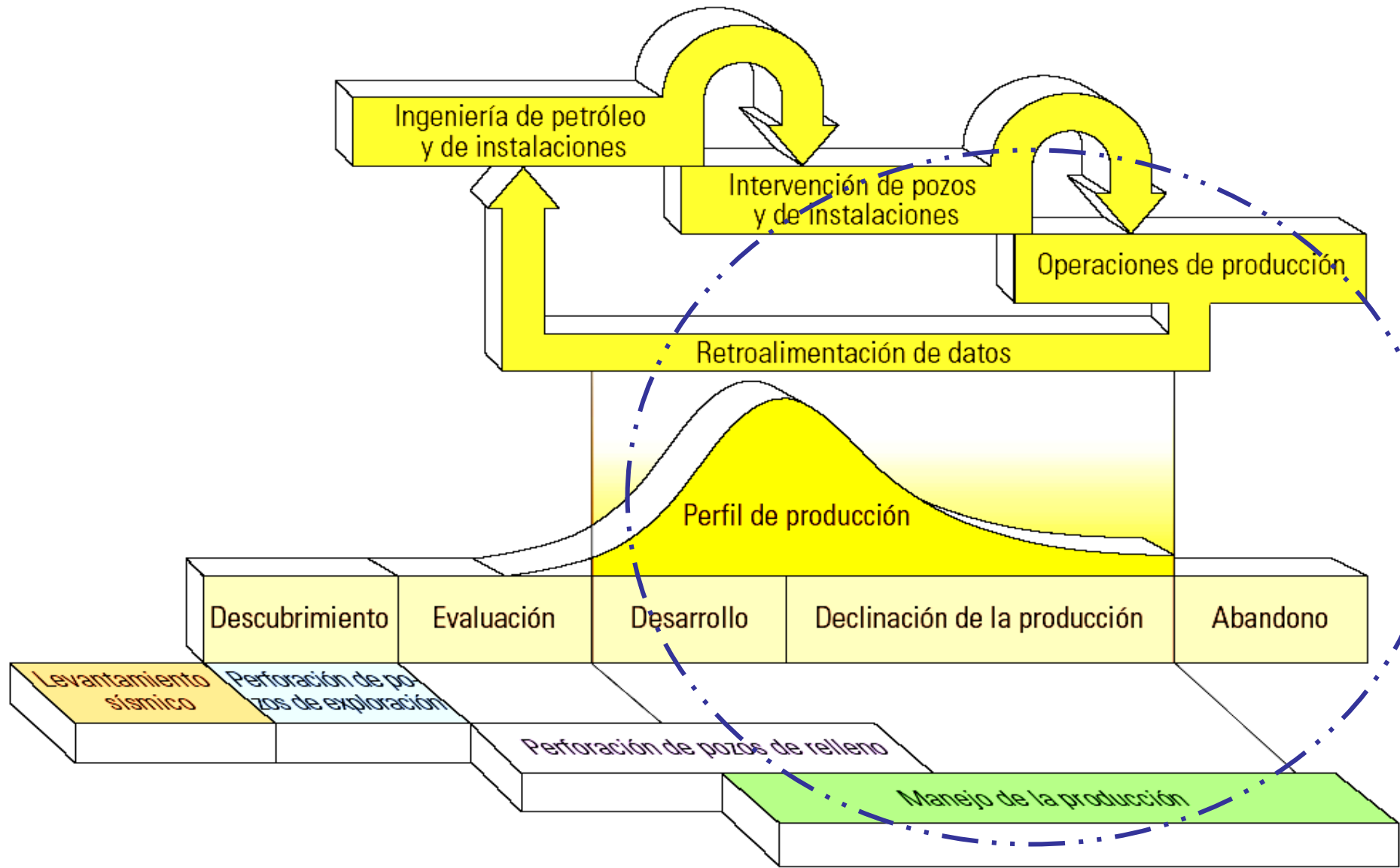


**RECURSOS: TECNOLOGIAS, TALENTOS, DINERO, GESTION, INNOVACION, IDEAS Y DEDICACION**





# Actividades de Exploración y Producción





# *Manejo Integral de Activos*

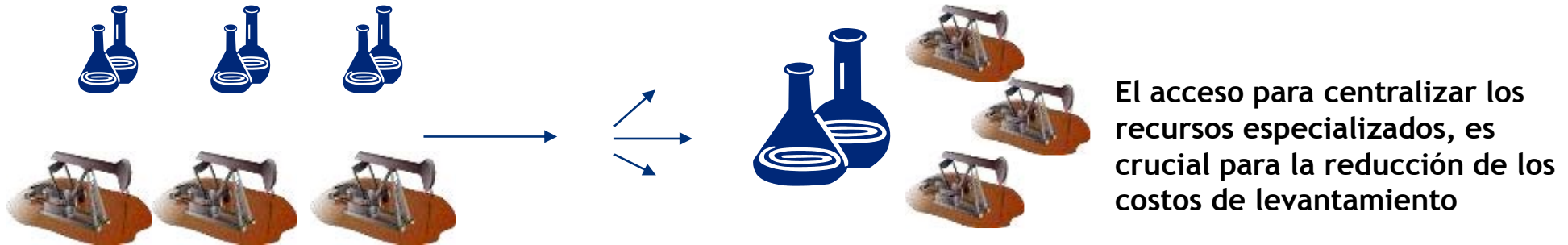
## Depletación de los Reservorios



Monitoreo, comunicaciones efectivas y sistemas de control son imperativos para mejorar la productividad de los pozos.

- Grandes reservorios actualmente explotados en muchas regiones, están siendo reemplazados por pequeños, numerosos y a menudo por pozos remotos.
- El acceso a soluciones tecnológicas y de comunicaciones está permitiendo optimizar los costos operativos de un gran número de pequeños, dispersos y activos remotos.

## Centralización de los recursos



- Las compañías petroleras están centralizando los recursos analíticos, científicos y de ingeniería para conseguir más eficiencia.
- Los científicos e ingenieros están localizados en oficinas corporativas remotas, requieren datos en tiempo-real, voz y video, como elementos clave de comunicación efectiva, para la toma de decisiones tácticas y operativas.

- Los yacimientos, pozos, redes de recolección e instalaciones de procesamiento son sistemas dinámicos complejos, y los cambios producidos en cualquiera de sus parámetros pueden afectar a todo el sistema.
- Con la introducción de sensores y el instrumental de fondo de pozo y superficie destinados a optimizar el desempeño de los sistemas, los operadores deben abordar el procesamiento y el manejo de los enormes flujos de datos producidos por estos sistemas.

- Las compañías de E&P se están volviendo especialistas en el manejo y respuesta a los datos críticos en tiempo real, es decir, están implementando nuevas tecnologías de procesamiento, análisis e intercambio de información para alcanzar las metas.
- Cada medición y cada dato apunta a lograr que los operadores estén mejor informados y puedan tomar decisiones mas rápidas que mejorarán los factores de recuperación, aumentarán las reservas y, en última instancia, incrementarán el valor de sus activos.
- La optimización del desempeño de los yacimientos incorpora una diversidad de metodologías de trabajo, que permitirán a los gerentes pasar de la adquisición y el análisis de los datos a la ACCION.

- Los desafíos crecientes relacionados con el reemplazo de reservas a través de nuevos descubrimientos, están induciendo a las compañías de petróleo y gas a centrar la atención en la optimización de la producción de las reservas comprobadas en los activos existentes.
- Muchas compañías están recurriendo a los sensores y al instrumental de fondo de pozo y de superficie, junto con la tecnología avanzada de terminación de pozos y automatización, en un esfuerzo para mejorar los factores de recuperación y la eficiencia operacional, además de reducir los costos de operación.



Las tecnologías avanzadas están cambiando la manera de trabajar de las empresas del UPSTREAM, y sus beneficios pueden medirse en función de indicadores de negocios clave:

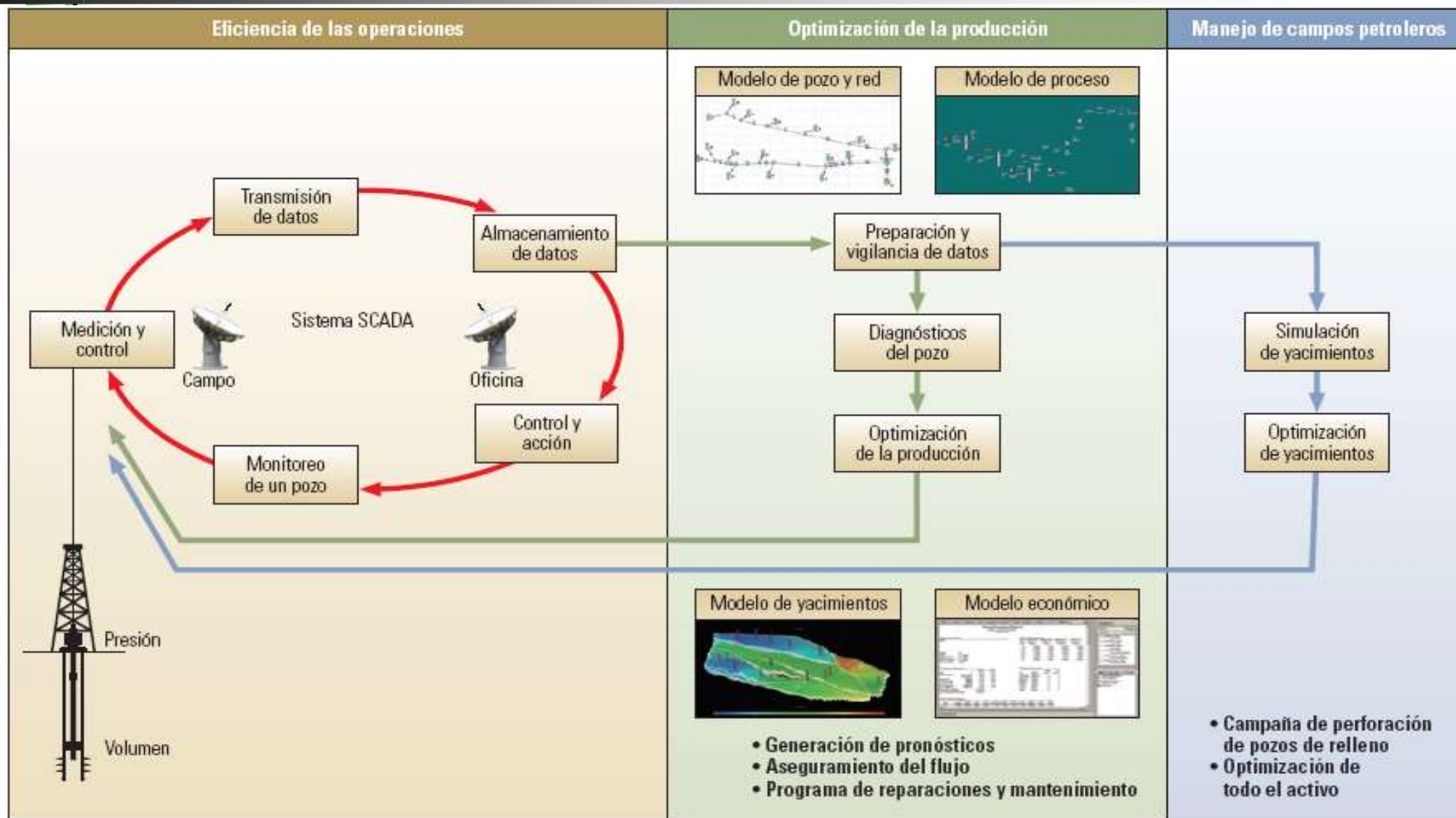
- Incrementos de la recuperación
- Incrementos de la eficiencia
- Incrementos de la seguridad
- Reducciones del tiempo inactivo y pérdida de producción
- Reducciones de los costos de operación.

# Evolución de la Tecnología Digital



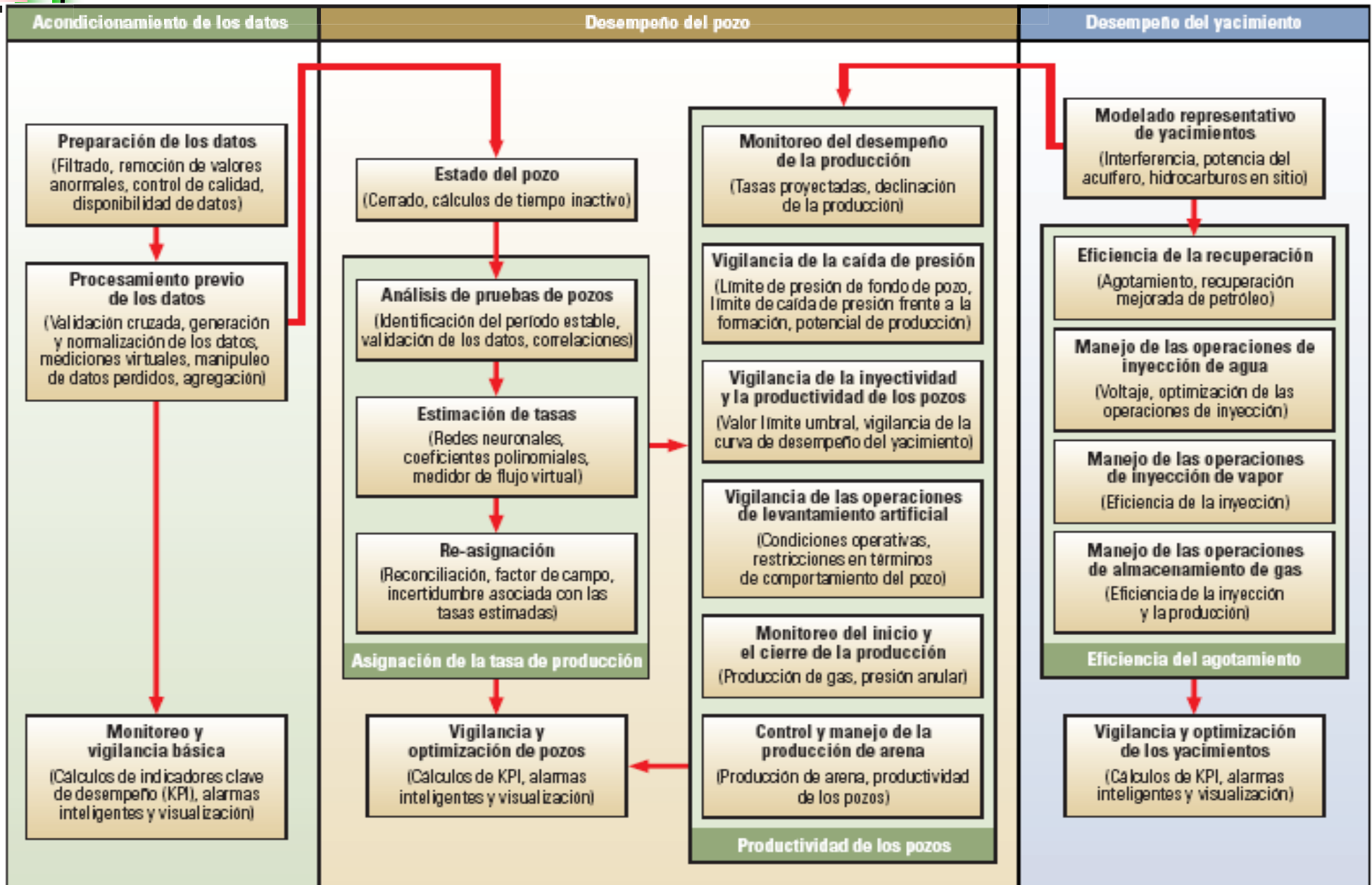
*Durante los 25 años, la computación y la tecnología digital de campos petroleros han evolucionado a lo largo de trayectos muy similares.*

# Modelo de manejo de Activos



Metodología automatizada de trabajo para adquirir y clasificar los datos, señalar componentes que exhiben desempeños deficientes, diagnosticar problemas y recomendar acciones correctivas para optimizar la producción a través de todo el activo.

# Metodología de trabajo para el manejo de activos





## ***Campo Inteligente I-Field***

## ***Manejo Automatizado de Campo***

La producción de petróleo y gas no es fácil ni barata. Sin importar si tiene lugar en ambientes terrestres o en aguas profundas, sus costos son elevados. Conforme el incremento de los costos converge con una contracción del suministro, los productores de energía buscan extraer hasta la última gota de sus activos actuales y optimizar el diseño de las nuevas instalaciones. Un factor clave relacionado con esta pugna por la eficiencia, es el empleo cada vez más frecuente de la **TECNOLOGIA DIGITAL INTELIGENTE**.

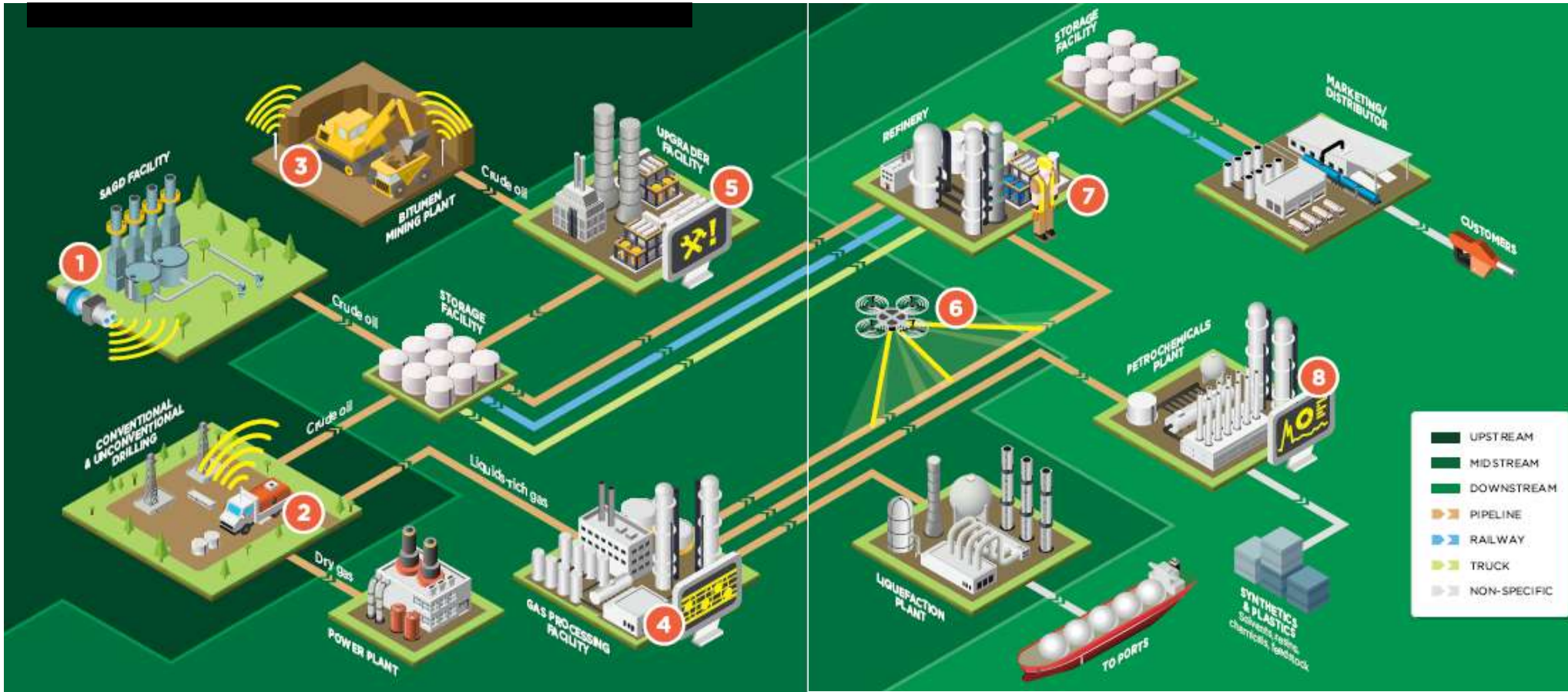
***DIGITAL OIL FIELD (DOF) o Campo Petrolero Digital, denominada “I-Field”, fue una iniciativa original de la compañía CHEVRON.***

### ***¿Qué es exactamente DOF o I-Field?***

*Se trata de un término amplio que abarca el uso de tecnologías interconectadas e innovaciones en la gestión de grandes datos para optimizar las operaciones de exploración y producción, permitiendo la supervisión remota y soporte para la toma de decisiones.*

# Campo Petrolero Digital o Inteligente

Una manera de entender el concepto de DOF es mediante la descripción de ejemplo



- |   |   |   |   |  |   |  |  |
|---|---|---|---|--|---|--|--|
| <p><b>1</b></p> <p>Improve SOR, asset reliability and optimize production through increased use of improved sensors, automation and connectivity to remote experts.</p> | <p><b>2</b></p> <p>Improve fleet efficiency with vehicle identification, logistics optimization and automated loading using pervasive wireless and real-time sensor and video data analytics.</p> | <p><b>3</b></p> <p>Provide pervasive wireless connectivity to support collaboration, knowledge access and personnel welfare in the field.</p> | <p><b>4</b></p> <p>Use remote monitoring and inspection applications to improve security and environmental protection with predictive intrusion, leakage and deformation detection.</p> | <p><b>5</b></p> <p>Reduce downtime and improve asset integrity with predictive maintenance using real-time analytics and immediate virtual expert support.</p> | <p><b>6</b></p> <p>Remote monitoring of assets such as pipelines, gas plants and storage facilities via smart video surveillance, self-navigating drones and satellite.</p> | <p><b>7</b></p> <p>Improve personal safety and optimize processes with wireless real-time tracking, video analytics and automated incident response.</p> | <p><b>8</b></p> <p>Perform analytics on collected data to identify operating insights that can be used to enhance decision making.</p> |
|---|---|---|---|--|---|--|--|



*Aprovechar los beneficios de las tecnologías del **Campo Petrolero Digital** no es tan simple como la creación de una red de sensores inalámbricos y pulsar el botón “on”.*

*El nivel de gestión y análisis de datos necesarios para la implementación exitosa del DOF sigue siendo un territorio desconocido para amplios sectores de la industria, especialmente para los ingenieros más veteranos, acostumbrados a un trabajo más de campo que centrado tanto en el uso de tecnología inteligente e internet, por lo que el factor humano puede ser un escollo importante.*

*La implementación DOF requiere de una adaptación en términos de recursos humanos. La industria del petróleo y el gas se ha centrado en crear especialistas en ingeniería desde hace décadas, pero las demandas del Campo Petrolero Digital en los yacimientos requiere de un alto valor en términos de un conjunto de habilidades más amplias. Es decir, el ingeniero ideal en este sector, debe ahora combinar un conocimiento práctico de las cuestiones técnicas con una alta formación en herramientas y sistemas digitales.*

*Lo que se necesitará, es cada vez más ingenieros híbridos, personas que sean competentes en cuestiones técnicas clave, así como en los procesos digitales, como los sistemas de búsqueda de datos, inteligencia artificial y visualización inmersiva”.*

*Cuando estos elementos se fusionen entre sí se obtendrá una interacción muy interesante.*

*A través del desarrollo de la capacitación de los empleados, los cursos especializados están comenzando ahora a surgir para ayudar a familiarizar a los ingenieros y al personal técnico, con las tecnologías digitales y las habilidades de comunicación necesarias para encontrar el éxito en el espacio DOF.*

*Asimismo, las **universidades** también tienen un papel importante que desempeñar en el desarrollo de competencias digitales en los ingenieros pero, en su mayor parte, esta responsabilidad recae en la industria mediante la colaboración con los centros académicos para desarrollar cursos y planes de estudios que reflejen la creciente importancia de las TI y tecnologías inalámbricas.*

*El **Campo Petrolero Digital** proporciona una vía de cambio en las reglas del juego para los operadores de petróleo y gas, que maximiza la productividad de proyectos y ayuda a abordar la crisis laboral que se avecina en el sector (por falta de personal) a través de flujos de trabajo más eficientes.*

*Sin embargo, mientras que la tecnología apoye el creciente despliegue de las innovaciones DOF, los desafíos involucrados en el fomento de estas nuevas habilidades en el personal, pone de relieve que no será un camino de rosas a menos que las empresas estén dispuestas a invertir en el lado humano de la revolución digital.*

## ***Del CONCEPTO a la implementación***

*Las tecnologías del DOF (I-Field) permiten de buena manera de aprovechar al máximo la potencialidad de los empleados más experimentados, mejorando la capacidad de supervisar y apoyar múltiples pozos simultáneamente usando datos optimizados en tiempo real que permite una mayor eficiencia en los tiempos de operaciones, por no mencionar más seguro que viajar a operaciones individuales, que a menudo se encuentran en ambientes remotos.*



# *I-Field, del concepto a la implementación*

*Permitirá:*

- *Mejorar la recuperación de hidrocarburos a través de la comprensión oportuna de los desafíos planteados por el mantenimiento de flujo, las operaciones de intervención tempranas y eficientes;*
- *La optimización de todo el campo;*
- *La reducción de las erogaciones de capital y los costos operativos, y las mejoras en materia de seguridad;*
- *El uso de sensores de fondo de pozo y de superficie para monitorear el desempeño de los yacimientos en tiempo real;*
- *La detección temprana de cualquier cambio de comportamiento del yacimiento que pudiera incidir en la recuperación;*

***Todo esto gracias a la implementación de procesos de monitoreo remoto y de sistemas de alerta.***

*La estructura del desarrollo del campo inteligente consta de las siguientes etapas:*

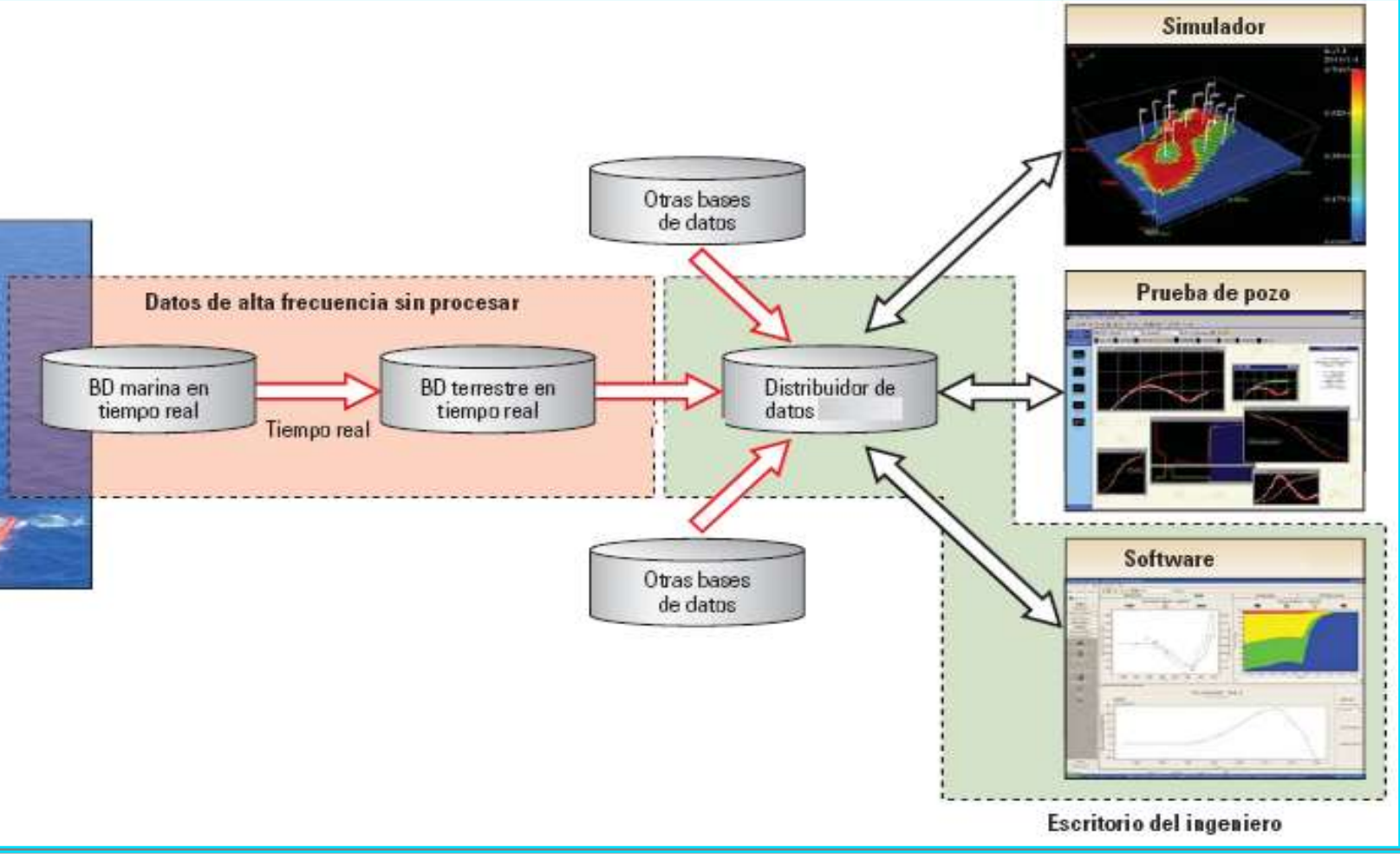
- **VIGILANCIA**
- **INTEGRACION**
- **OPTIMIZACION**
- **INNOVACION**



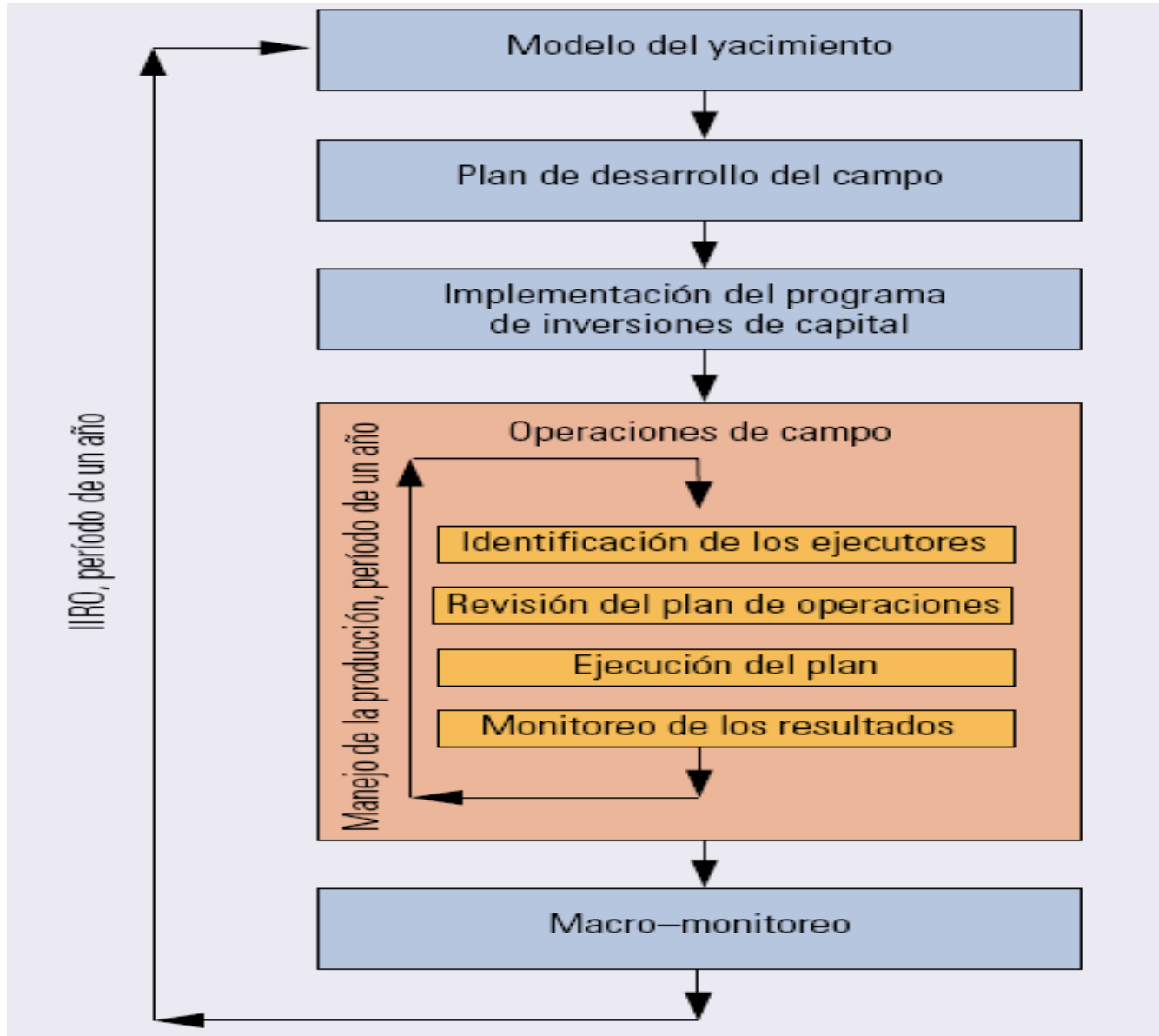
- Vigilancia: Provee el monitoreo continuo de la información relacionada con las operaciones de producción e inyección, aplica herramientas y procesos de manejo de datos para asegurar la utilidad de los mismos.
- Integración: Interroga a los datos en tiempo real para detectar tendencias y anomalías en el comportamiento de los yacimientos.

- Optimización: Simplifica las capacidades de optimización de todo el campo y las recomendaciones acerca del manejo de campos petroleros.
- Innovación: Proceso de manejo del conocimiento que preserva el conocimiento de los eventos que desencadenan el proceso de optimización y las acciones correspondientes a lo largo de toda la vida productiva del campo.

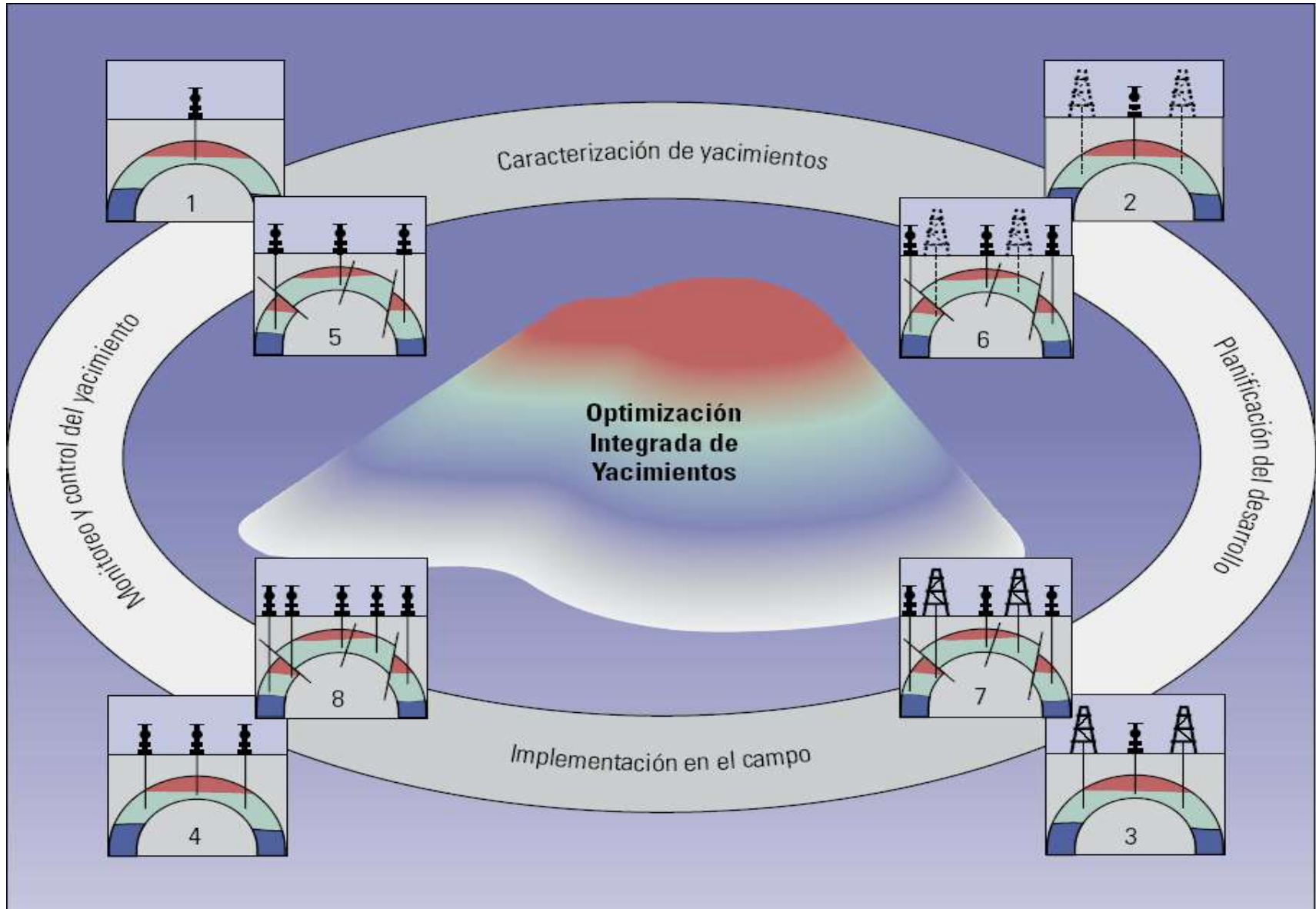
# I-Field, la implementación



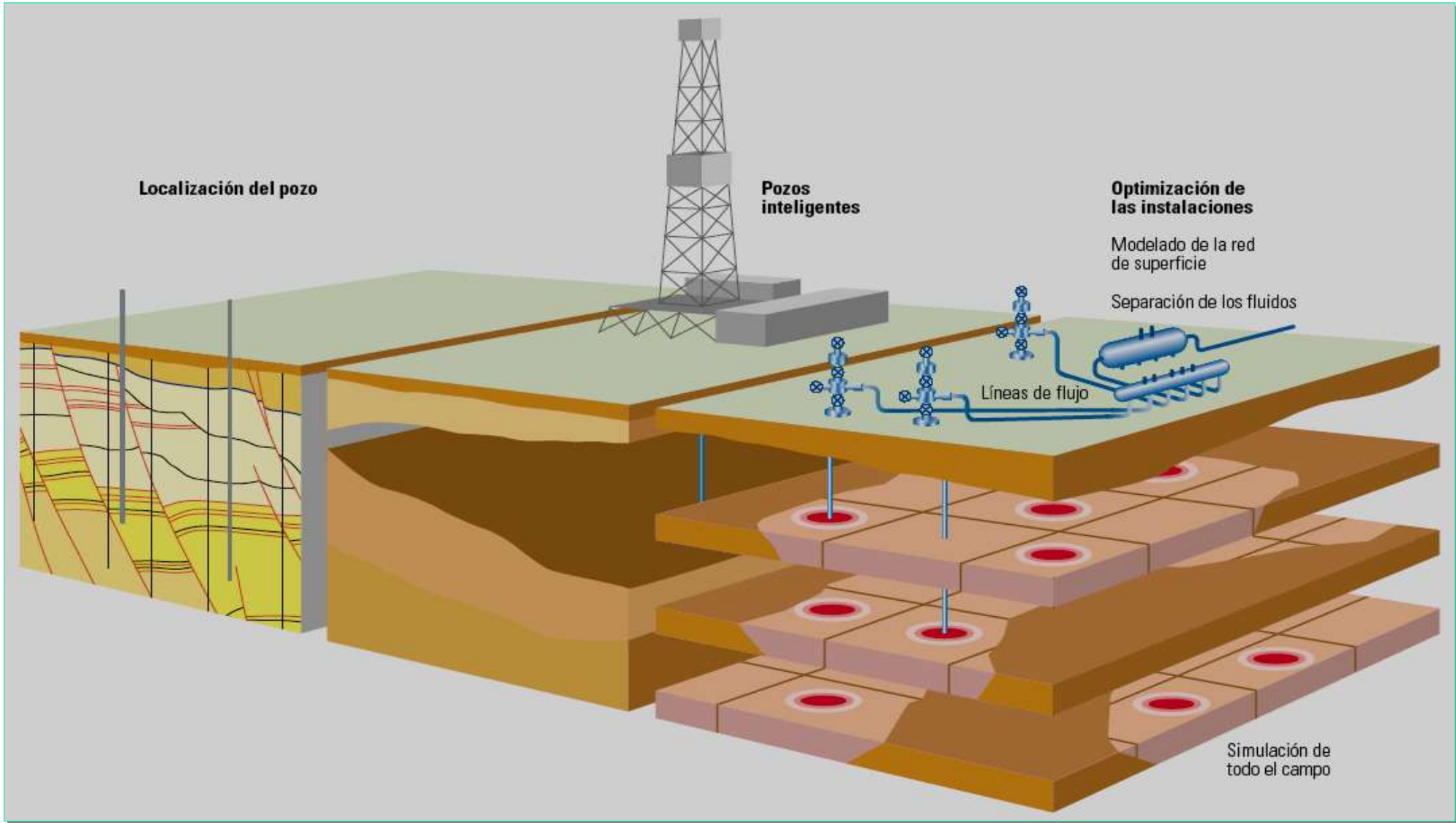
# Manejo Integrado de la producción y optimización de yacimientos



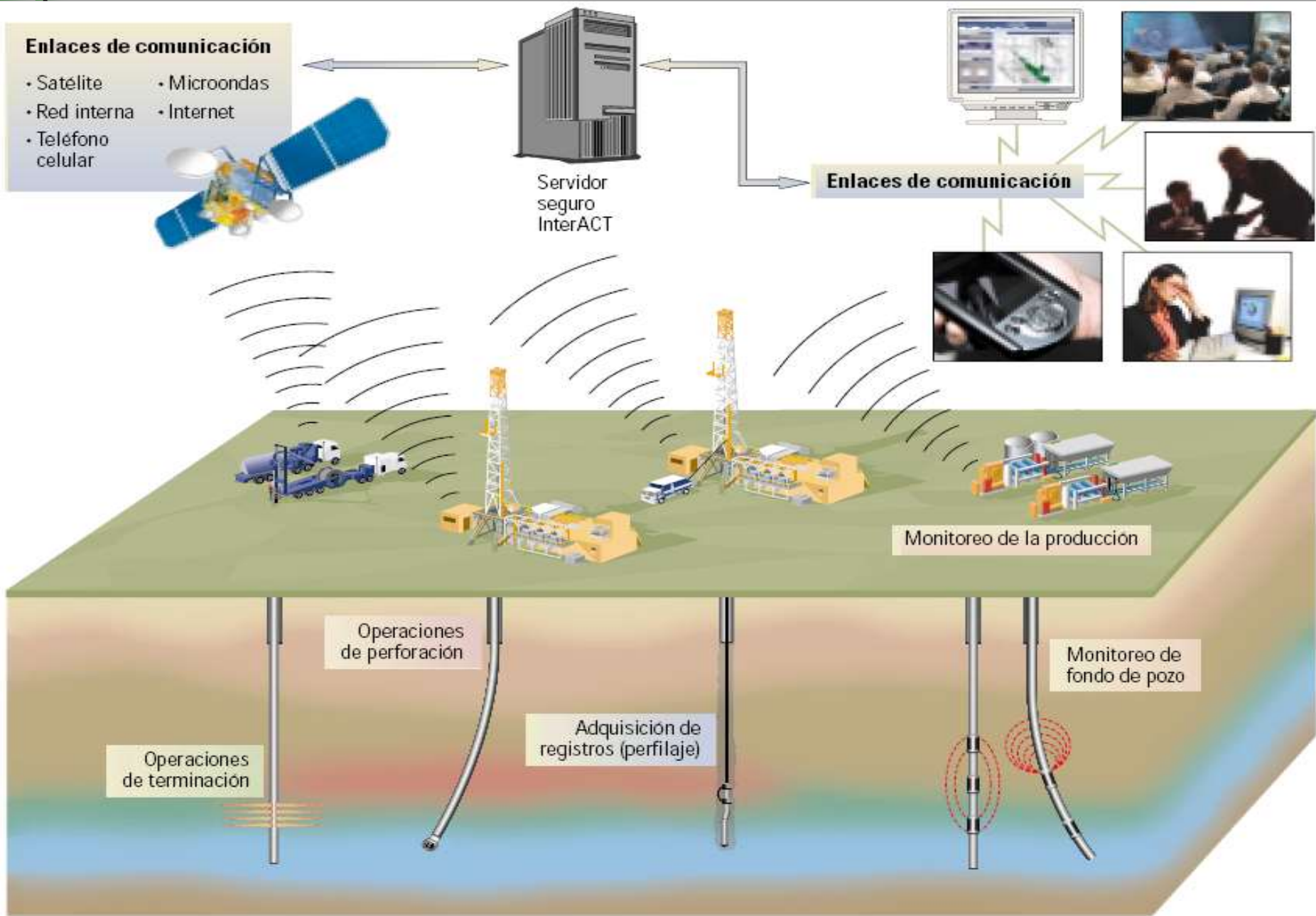
# Optimización Integrada de Yacimientos

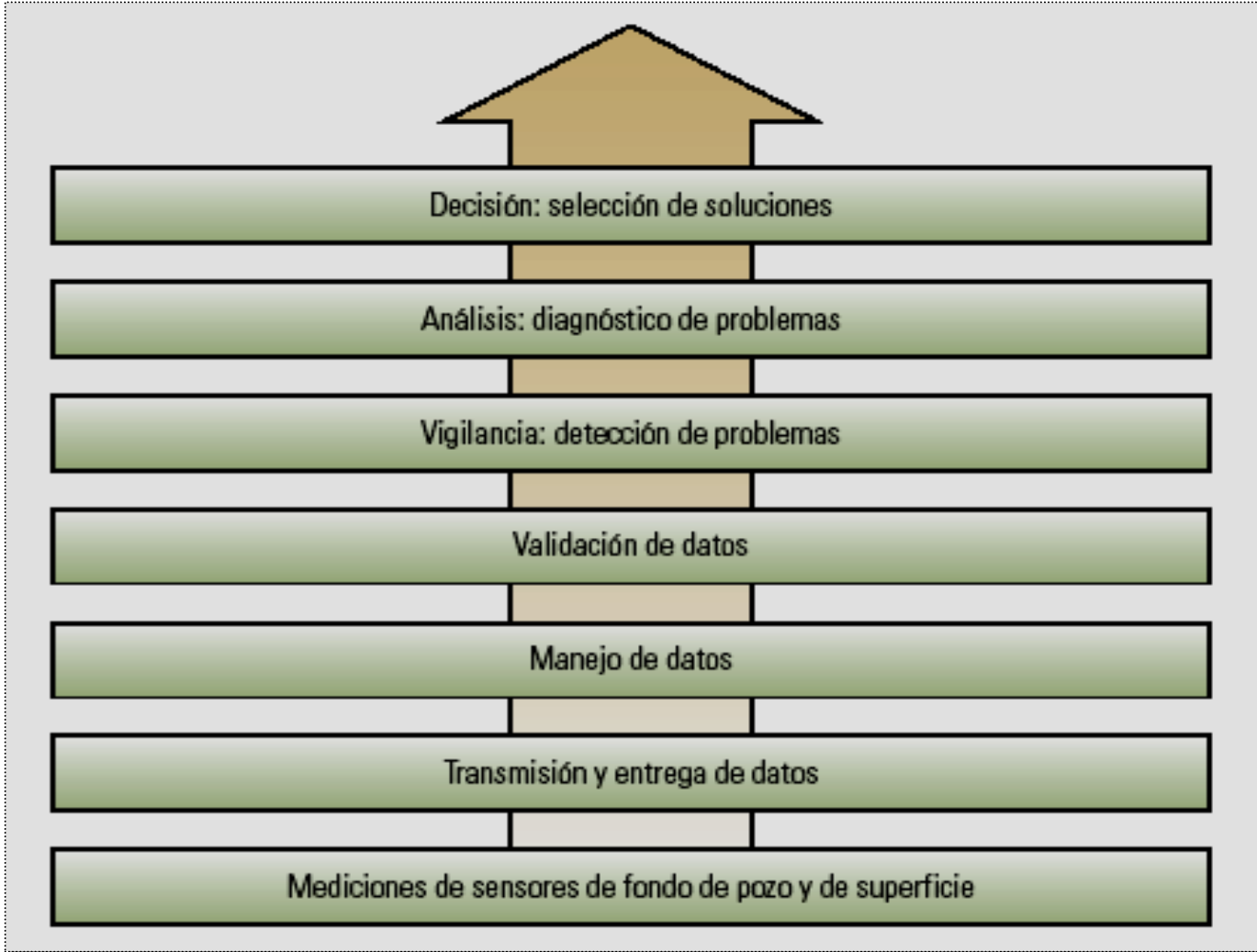


# Planificación de las Actividades de Explotación



# Manejo de la información de las operaciones

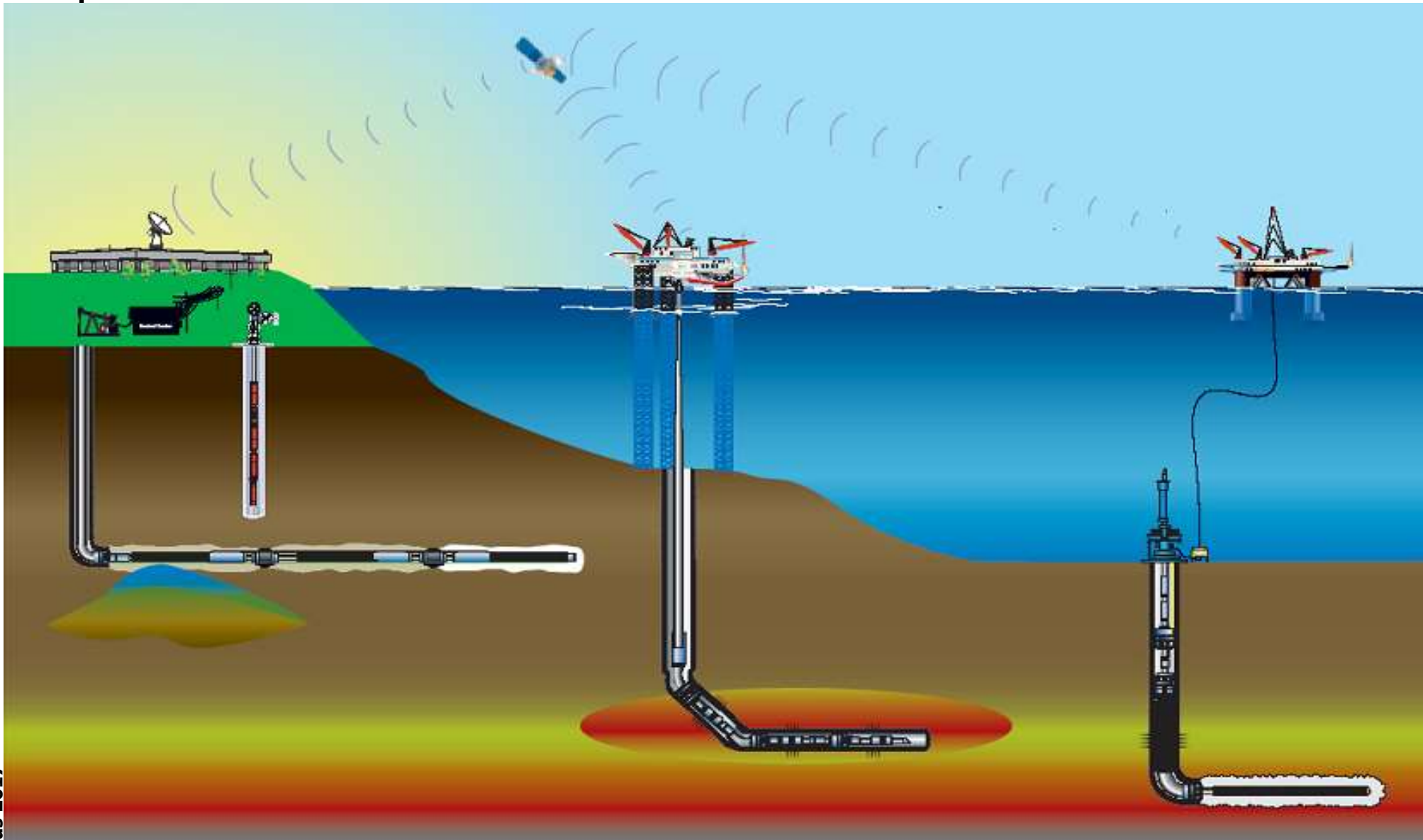




*Un sistema de rutina y subrutinas automatizadas adquiere, acondiciona y analiza los datos de campo a tiempo para que los gerentes técnicos respondan a las condiciones operacionales cambiantes.*



# Sistemas avanzados de terminación de pozos



*La necesidad de las tecnologías de terminación avanzada continúa creciendo con la complejidad de las técnicas de explotación: Pozos horizontales más largos, pozos multilaterales y pozos en aguas profundas con instalaciones submarinas han apuntado a que la industria examine el **despliegue de los sistemas de vigilancia.***

## ¿Qué es un robot?

No existe un consenso absoluto sobre qué máquinas pueden ser consideradas robots, pero sí existe un acuerdo general entre los expertos y el público sobre qué deben realizar los robots: moverse, hacer funcionar un brazo mecánico, sentir y manipular su entorno, y mostrar un comportamiento inteligente, especialmente si ese comportamiento imita al de los humanos o a otros animales.

El ***Institute of America*** definió al robot, como “un dispositivo multifuncional reprogramable diseñado para manipular y/o transportar material a través de movimientos programados para la realización de tareas variadas.”

La **Norma ISO 8373** define el robot como un aparato manipulador programable de tres o más ejes, controlado automáticamente, reprogramable y multifuncional, que puede estar fijado en un lugar o ser móvil, y cuya finalidad es la utilización en aplicaciones de automatización industrial.

Hasta hace poco, era difícil encontrar robots en la industria del petróleo y del gas, en comparación con otras industrias que se encuentran totalmente automatizadas, como por ejemplo la industria automotriz. En nuestra industria, siempre se ha confiado en el ingeniero humano y en su experiencia para progresar y ejecutar sus operaciones.

Sin embargo, el accidente de British Petroleum en el Golfo de México, en el año 2010, ayudó a cambiar esa actitud. Once trabajadores murieron cuando la plataforma *Deepwater Horizon* se incendió y se hundió.

La compañía noruega Statoil a proyectado que la automatización puede reducir a la mitad el número de trabajadores que se necesitan en una plataforma *offshore*, y ayudar a reducir en un 25% el tiempo de trabajo.

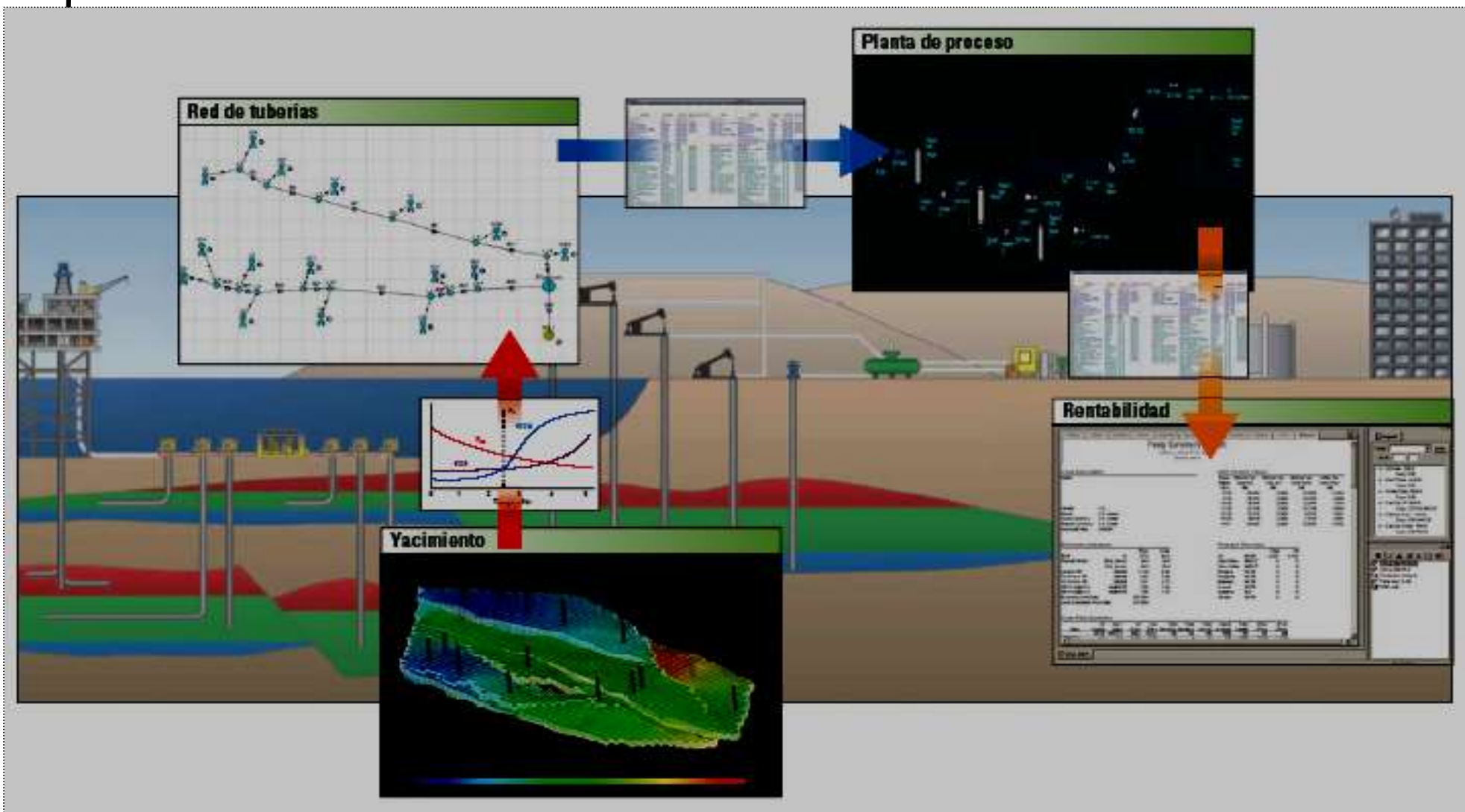




***Optimización  
de la  
producción  
desde el  
yacimiento  
hasta la planta***

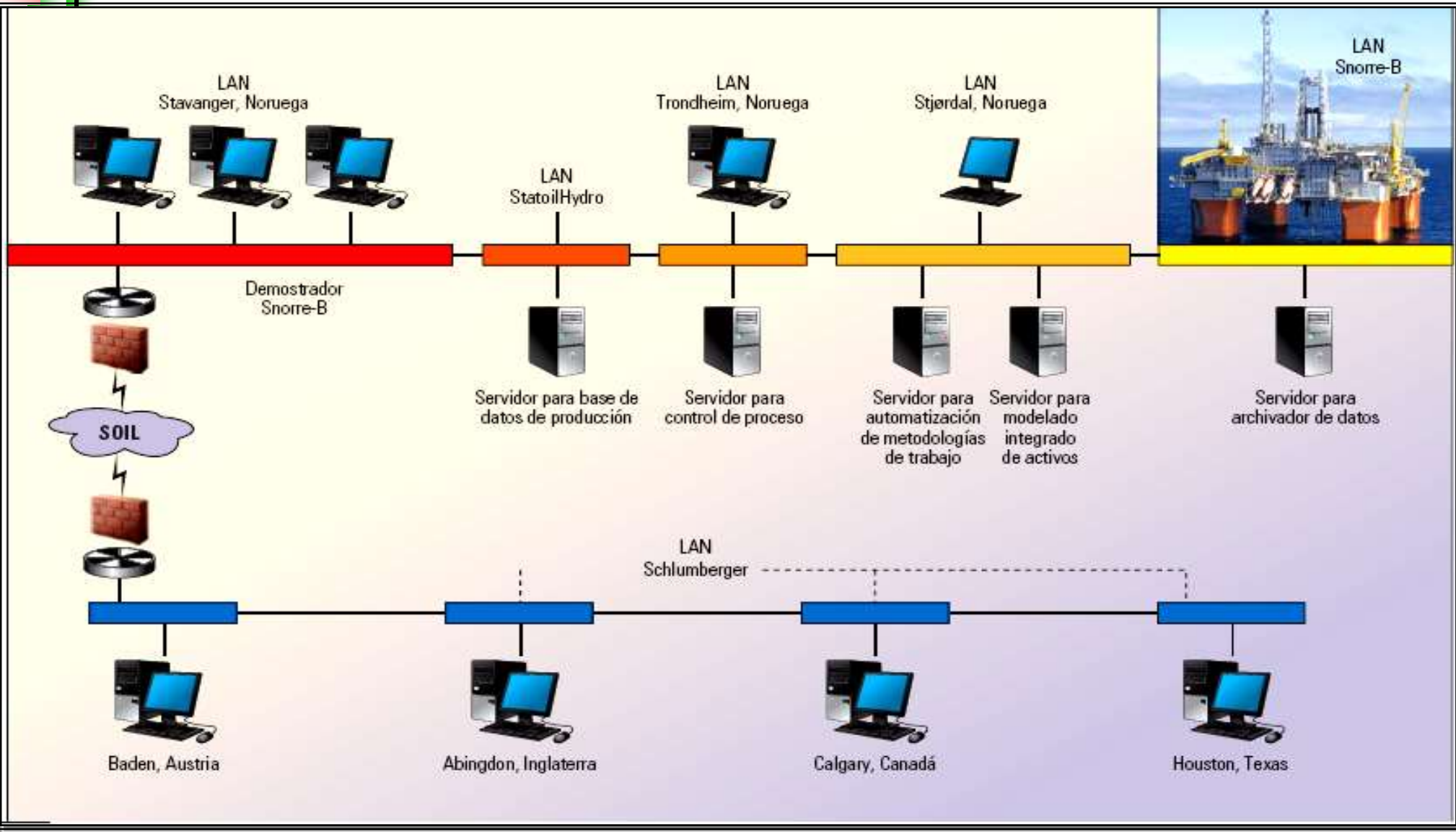
- Se observa una **revolución digital** en los campos de petróleo y gas.
- El **manejo de los campos petroleros** se ha transformado por la disponibilidad de mas datos, la rapidez de los procesos de evaluación y el mejor control de los datos.
- Que los **nuevos software de metodologías** de trabajo integran las operaciones de simulación de los activos, desde el yacimiento hasta la planta de proceso, y se traduce en mejores resultados económicos.

# Modelado tradicional de la producción





- *Un ingeniero de yacimiento corre una simulación de yacimientos para analizar el flujo a través de los medios porosos y toma en cuenta cualquier mecanismo de empuje natural o artificial*
- *Uno de los elementos de salida de la simulación son los perfiles de producción en función del tiempo para los pozos en consideración.*
- *Estos datos son transferidos a un ingeniero de producción para que desarrolle modelos de pozos individuales y una simulación de redes de tuberías.*
- *Este software analiza el flujo a través de la tubería y destaca los problemas relacionados con el aseguramiento del flujo.*
- *Un ingeniero de instalaciones utiliza el perfil de producción y los datos composicionales para construir un modelo de planta de proceso que simule los diversos procesos de compresión, separación, y los agentes químicos que pueden estar presente en el flujo.*
- *Finalmente, los datos provenientes de las simulaciones de yacimientos, tuberías y procesos se trasladan al software de evaluación económica.*



Arquitectura computacional para la demostración de las metodologías de trabajo.  
 Ejemplo: Las metodologías de trabajo, las bases de datos y las rutinas de control y de modelado integrado de activos de StatoilHydro (Noruega)

- El modelado integrado de activos constituye una extensión evolutiva de una técnica conocida como análisis NODAL de sistema de producción. Este proceso ha sido utilizado para estudiar sistemas de interacción complejos, tales como las redes de líneas de flujo, los circuitos eléctricos y la producción de petróleo.
  - Pozos-Yacimientos
  - Redes de recolección
  - Facilidades de producción (planta)
- La introducción de un software comercial que vincula los modelos independientes relacionados con los yacimientos, las tuberías, las instalaciones de proceso y la rentabilidad de la producción para lograr una solución optimizada.
- Son estructuras computacionales que vinculan los simuladores a través de los diversos activos, ambientes computacionales y localizaciones.

- *Inversiones*
- *Tecnologías evolutivas*
- *Administración integrada de reservorios*
- *Procesos*
- *Incentivos y reglamentación simple*
- *Talentos*

***El Ingeniero Petrolero es el profesional que posee los conocimientos que le permiten llevar a cabo, con excelencia técnica, la programación, la ejecución y la dirección de los procesos de explotación de hidrocarburos y prevenir los posibles daños ecológicos al medio ambiente.***



# Principales actividades ...

## Explotación de hidrocarburos

*Planea el desarrollo de yacimientos y campos petroleros, además de determinar la localización de los pozos a perforar.*

*Programa, dirige y supervisa los trabajos relacionados con la perforación, la terminación y la reparación de pozos, igualmente coordina la toma de registros de explotación y realiza las interpretaciones cualitativas y cuantitativas de ellos.*

*Proyecta y diseña las estimulaciones necesarias en los pozos, además de instalar los métodos artificiales de producción que éstos requieren.*

*Organiza y verifica las operaciones de inyección de fluidos en procesos de recuperación secundaria y mejorada de hidrocarburos.*

*Describe, analiza e interpreta la información que se obtiene por diversos medios durante la perforación de los pozos.*



# Principales actividades ...

---

## Explotación de hidrocarburos

Caracteriza los yacimientos y determina la cantidad de hidrocarburos que contienen, además de predecir su comportamiento primario y secundario.

Supervisa la correcta conducción del petróleo, del agua y del vapor geotérmico, desde el subsuelo, hasta la superficie.

Realiza la recolección, la medición, el transporte, el almacenamiento y el acondicionamiento de los recursos citados, asimismo, lleva a cabo su exploración y su cuantificación racional.

Mantiene y conserva pozos, así como equipos, herramientas y materiales utilizados en la explotación.

Elabora el análisis económico y de factibilidad de los proyectos relacionados con la explotación de hidrocarburos, y dirige su puesta en operación.



# Principales actividades ...

---

## Explotación de acuíferos

Optimiza la explotación racional del agua del subsuelo.

Programa, organiza y supervisa la perforación de pozos, tanto para agua de riego, como potable.

Diseña la terminación de los pozos y desarrolla las áreas de explotación.

Interviene en la operación general de los sistemas de perforación, en la adquisición de equipo y materiales de consumo.

Interpreta registros y estudios geológicos y geofísicos.





# Principales actividades ...

---

## Explotación geotérmica

Programa, termina y repara pozos geotérmicos.

Determina la extensión de este tipo de yacimientos, predice su comportamiento y efectúa una mejor explotación de los mismos.

Selecciona equipo y adapta nuevas técnicas de perforación y terminación de pozos.

## Docencia e investigación

Imparte enseñanza a nivel superior en instituciones públicas y privadas.

Da cursos de capacitación, actualización o de especialización a empresas e industrias que lo requieran.

Participa en proyectos de investigación.



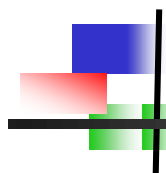
## Otras actividades

*Diseña y fabrica los equipos e instalaciones útiles para la explotación de los diversos yacimientos (hidrocarburos, acuíferos y geotérmicos).*

*Brinda servicio a empresas o instituciones responsables de la explotación de petróleo, gas, agua o vapor.*

*Selecciona, aplica y evalúa técnicas o métodos propios de la industria del ramo, además de dar mantenimiento a los equipos que ésta distribuye.*

*Elige adecuadamente los materiales y los productos empleados en los trabajos de perforación y estimulación de pozos, así como en procesos de tratamiento y recuperación de hidrocarburos, a fin de establecer su correcta aplicación y evaluación de resultados.*



*Así, para el Ingeniero Petrolero es fundamental conocer los fenómenos físicos del planeta y saber cómo explotarlos óptimamente, pero también requiere de una base socio humanística que le permita conocer las distintas problemáticas socio-económicas que vive el país, identificarse y comprender el contexto en el que se desenvolverá profesionalmente.*



*Ing. Nelson Cabrera M., Msc*

**COLEGIO DE INGENIEROS PETROLEROS**  
**Afiliado a la Sociedad de Ingenieros**



...