



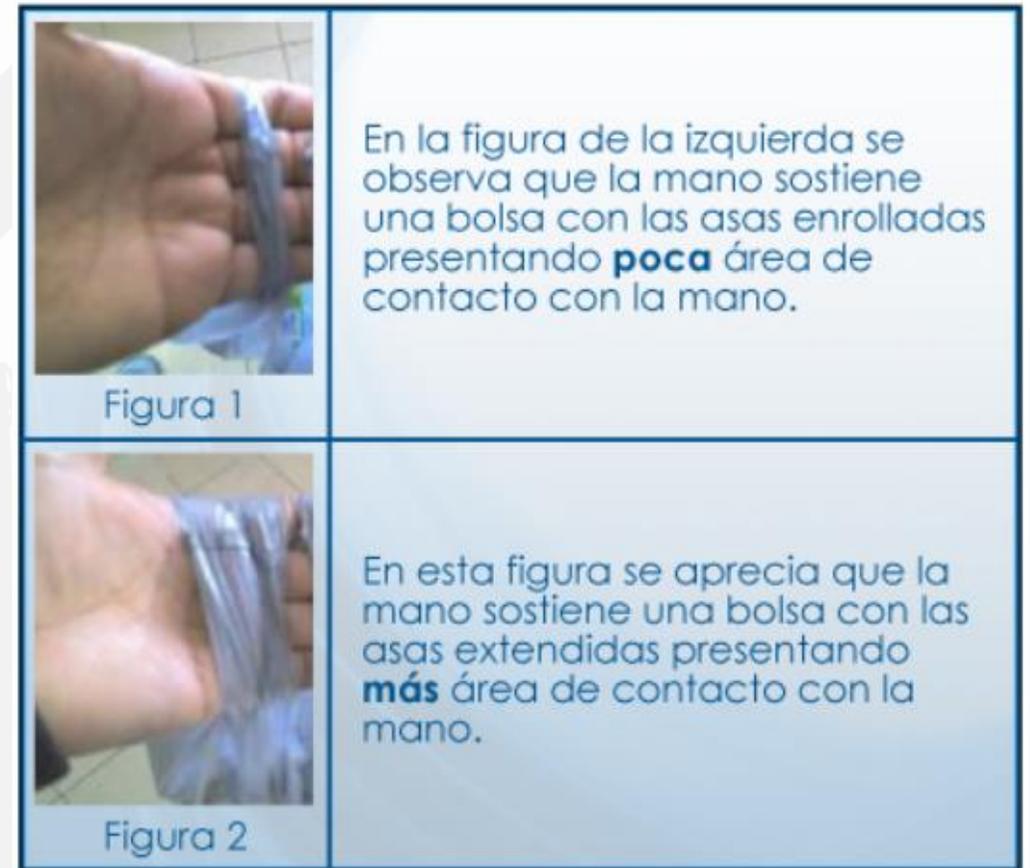
***Equipos y Herramientas de Perforación de
Pozos
Conceptos Básicos***

***Ing. Juan Carlos Sabido Alcántara
Ingeniero Petrolero
Facultad de Ingeniería UNAM***



- **Presión.**
- “Cuando tenemos que cargar objetos pesados en ocasiones utilizamos bolsas de plástico, como las que nos dan en el supermercado. Por lo general las asas de estas bolsas son muy angostas y se enrollan como en la figura 1, pero también las podemos acomodar como se aprecia en la figura 2”.

- Fuente:
http://www.academico.cecyt7.ipn.mx/fisica_II/menu/unidad2/unidad2_t2.html



Conceptos Básicos

- **Presión.**
- “¿Te lastiman las asas de la bolsa cuando están enrolladas o cuando las acomodas para que sean más anchas? ¿A qué crees que se debe esto?”
- La respuesta es que debido a que las asas son más angostas (como en la figura 1) y suelen enrollarse, el peso de la bolsa se ejerce sobre un área menor de nuestra mano, mientras que si las asas son más anchas o las extendemos lastiman menos. Esta relación de la fuerza (peso de la bolsa) y área de las asas en contacto con nuestra mano se llama **presión**”.

• Fuente: http://www.academico.cecyt7.ipn.mx/fisica_II/menus/unidad2/unidad2_t2.html



- **Presión.**

$$P = \frac{\textit{Fuerza}}{\textit{Área}} = \left[\frac{N}{m^2} \right] = [Pa]$$

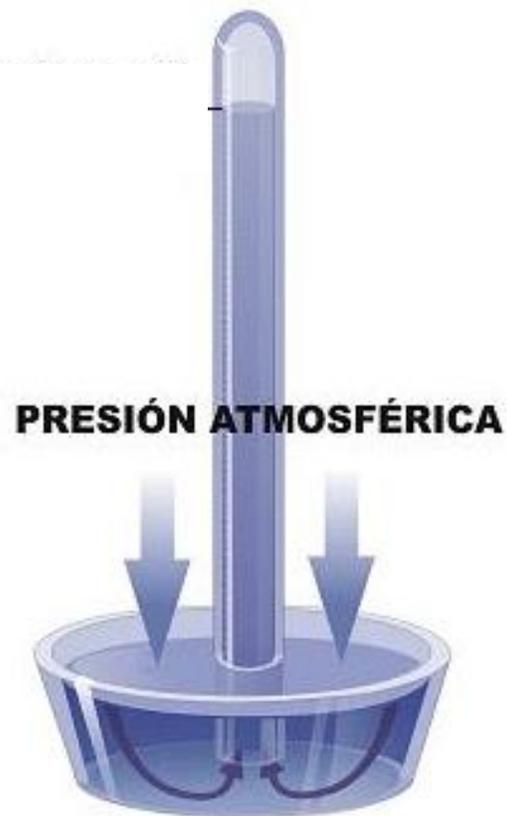
- Otras unidades de presión son:

$$[bar], [atm], [mmHg]$$

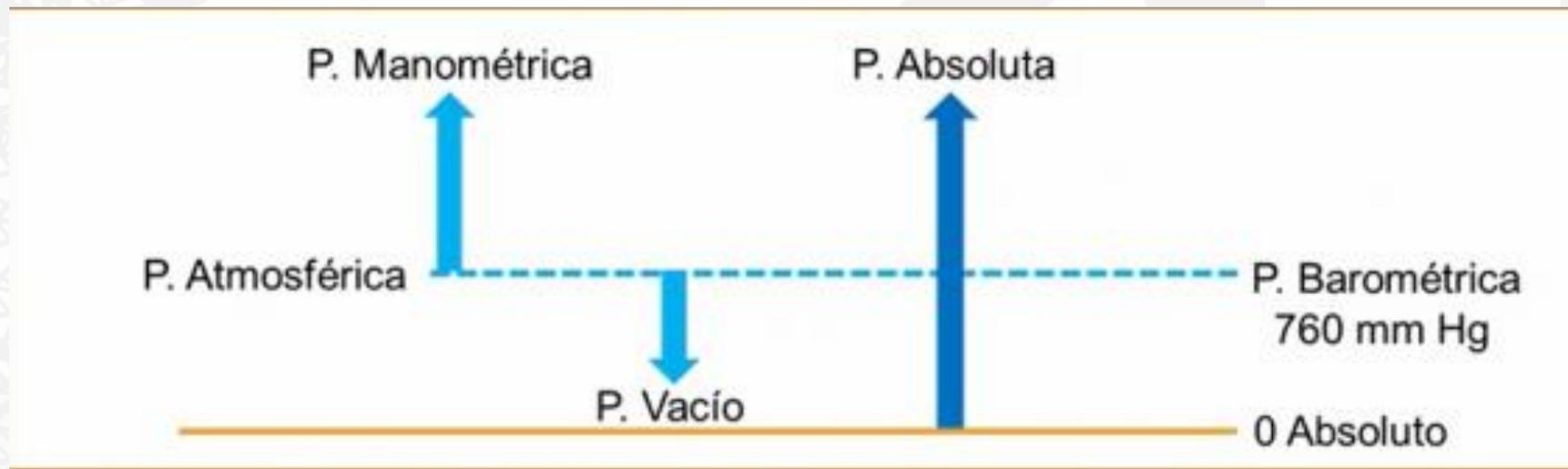
- Las más comunes en la industria petrolera son:

$$\left[\frac{kg}{cm^2} \right], \left[\frac{lb}{pg^2} \right] = [psi]$$

• Presión.



• Presión.



• Presión.



- **Presión Hidrostática.**

$$P = \rho gh$$

ρ : densidad del fluido $\left[\frac{gr}{cm^3} \right]$, $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$, $\left[\frac{lb}{gal} \right]$

g : gravedad $\left[\frac{m}{s^2} \right]$

h : altura o profundidad de la columna de fluido $[m]$, $[pie]$

• Presión Hidrostática.

- Un buzo que se encuentra sumergido en un lago soporta una presión total de 3.5 atm. Determine la profundidad a la que se encuentra dicho buzo considerando la siguiente información: $\rho_{lago} = \rho_{agua}$, $P_{atm} = 10^5 Pa$, $g = 10 m/s^2$.

$$3.5 [atm] * 10^5 [Pa/atm] = 10^5 [Pa] + \left(1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 10 \left[\frac{m}{s^2} \right] * h[m] \right)$$

$$350,000 [Pa] = 10^5 [Pa] + \left(10,000 \left[\frac{kg}{m^2 s^2} \right] * h[m] \right) \text{ sabemos que } 1 [Pa] = \left[\frac{kg}{m * s^2} \right] \therefore$$

$$350,000 [Pa] - 10^5 [Pa] = 10,000 \left[\frac{kg}{m * s^2} \right] * h$$

$$250,000 [Pa] = 10,000 \left[\frac{kg}{m * s^2} \right] * h$$

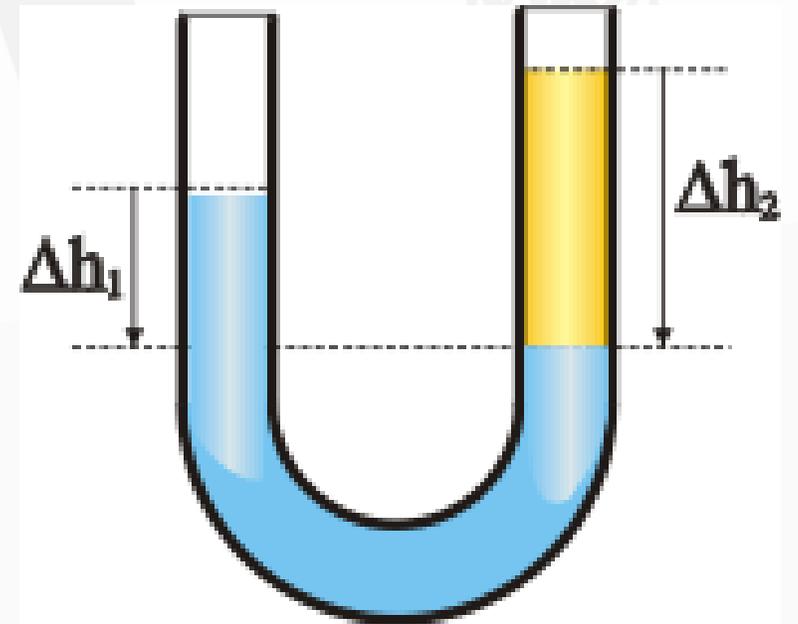
$$h = \frac{250,000 [Pa]}{10,000 [Pa]} = 25 \therefore \text{ el buzo se encuentra a } 25 [m]$$

- **Presión Hidrostática.**

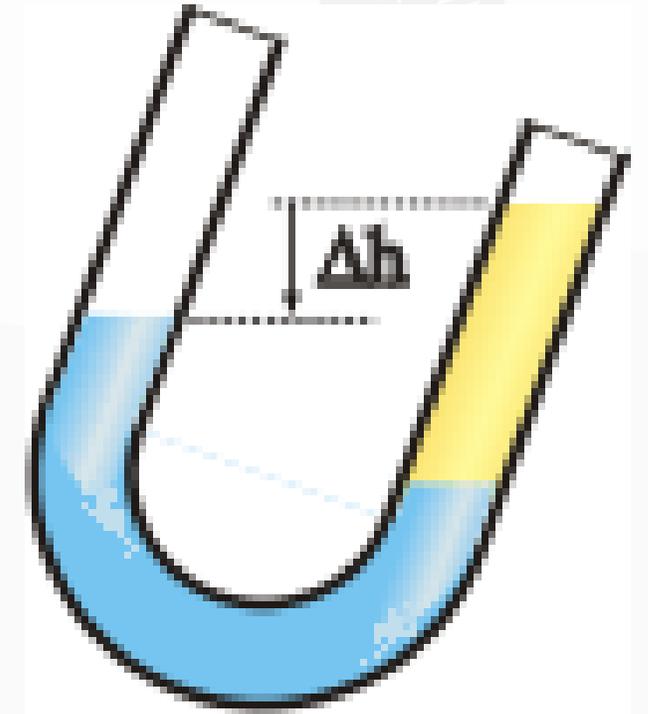
$$P = \rho gh$$

$$\rho_1 \Delta h_1 = \rho_2 \Delta h_2$$

- De lo anterior, es sencillo observar que conociendo la ρ de uno de los fluidos y el valor de los Δh es posible conocer la ρ del otro.



- **Presión Hidrostática.**
- ¿Qué ocurre en este caso?
¿Cómo medimos las alturas de los fluidos? ¿Cómo se mide la presión? ¿La expresión $\rho_1 \Delta h_1 = \rho_2 \Delta h_2$ sigue siendo válida?



• Presión Hidrostática.

- El tubo en forma de U mostrado en la figura contiene tres líquidos no miscibles A, B y C. si las densidades de A y C son $500 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ y $300 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ respectivamente. Determine la densidad del líquido B.
- Sabemos que la presión en el punto 1 es igual a la presión en el punto 2 ∴

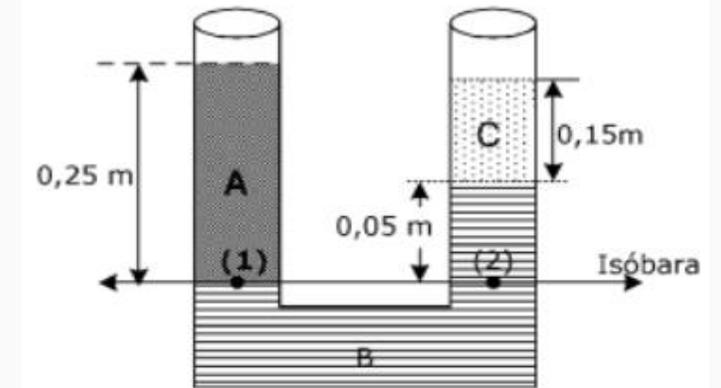
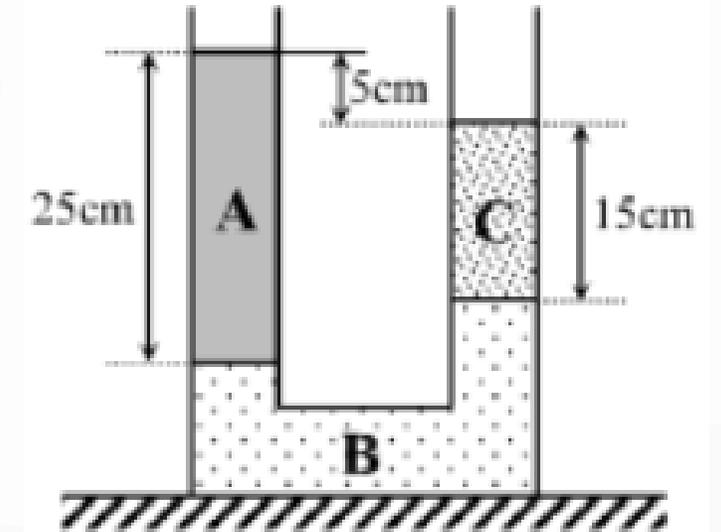
$$P_{atm} + \rho_A * g * 0.25 \text{ [m]} = P_{atm} + g(\rho_B * 0.05 \text{ [m]} + \rho_C * 0.15 \text{ [m]})$$

$$\rho_A * 0.25 \text{ [m]} = \rho_B * 0.05 \text{ [m]} + \rho_C * 0.15 \text{ [m]}$$

$$\rho_A * 0.25 \text{ [m]} - \rho_C * 0.15 \text{ [m]} = \rho_B * 0.05 \text{ [m]}$$

$$\rho_B = \frac{\rho_A * 0.25 \text{ [m]} - \rho_C * 0.15 \text{ [m]}}{0.05 \text{ [m]}}$$

$$\rho_B = \frac{500 \text{ [kg/m}^3\text{]} * 0.25 \text{ [m]} - 300 \text{ [kg/m}^3\text{]} * 0.15 \text{ [m]}}{0.05 \text{ [m]}} = 1600 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$



Conceptos Básicos

- Se conoce como roca sedimentaria a la roca que se formó a partir del depósito de sedimentos. Estos sedimentos son movilizados por el viento o el agua y, después de un proceso denominado diagénesis, forman un material con una cierta consolidación. La disposición de las rocas sedimentarias en capas sucesivas forma distintos estratos.

Conceptos Básicos

- Los sedimentos pueden ser partículas que proceden de otras rocas que, tras ser sometidas a un proceso de meteorización, se descomponen. Los sedimentos son transportados por el viento o el agua, se acumulan y, gracias a la diagénesis, comienzan a formarse las rocas sedimentarias, que pueden encontrarse en la corteza terrestre en una profundidad de hasta diez kilómetros.

Conceptos Básicos

- “Una roca sedimentaria rica en contenido de materia orgánica que, si recibe calor en grado suficiente, generará petróleo o gas. Las rocas generadoras típicas, normalmente lutitas o calizas, contienen aproximadamente un 1% de materia orgánica y al menos 0,5% de carbono orgánico total (COT), si bien una roca generadora rica podría contener hasta 10% de materia orgánica. Las rocas de origen marino tienden a ser potencialmente petrolíferas, en tanto que las rocas generadoras terrestres (tales como el carbón) tienden a ser potencialmente gasíferas.” – Oilfield Glossary en Español (Schlumberger).

Conceptos Básicos

- “La preservación de la materia orgánica sin degradación es crucial para la formación de una buena roca generadora y resulta necesaria para que exista un sistema petrolero completo. En las condiciones adecuadas, las rocas generadoras también pueden ser rocas yacimiento, como sucede en el caso de los yacimientos de gas de lutita.” – Oilfield Glossary en Español (Schlumberger).

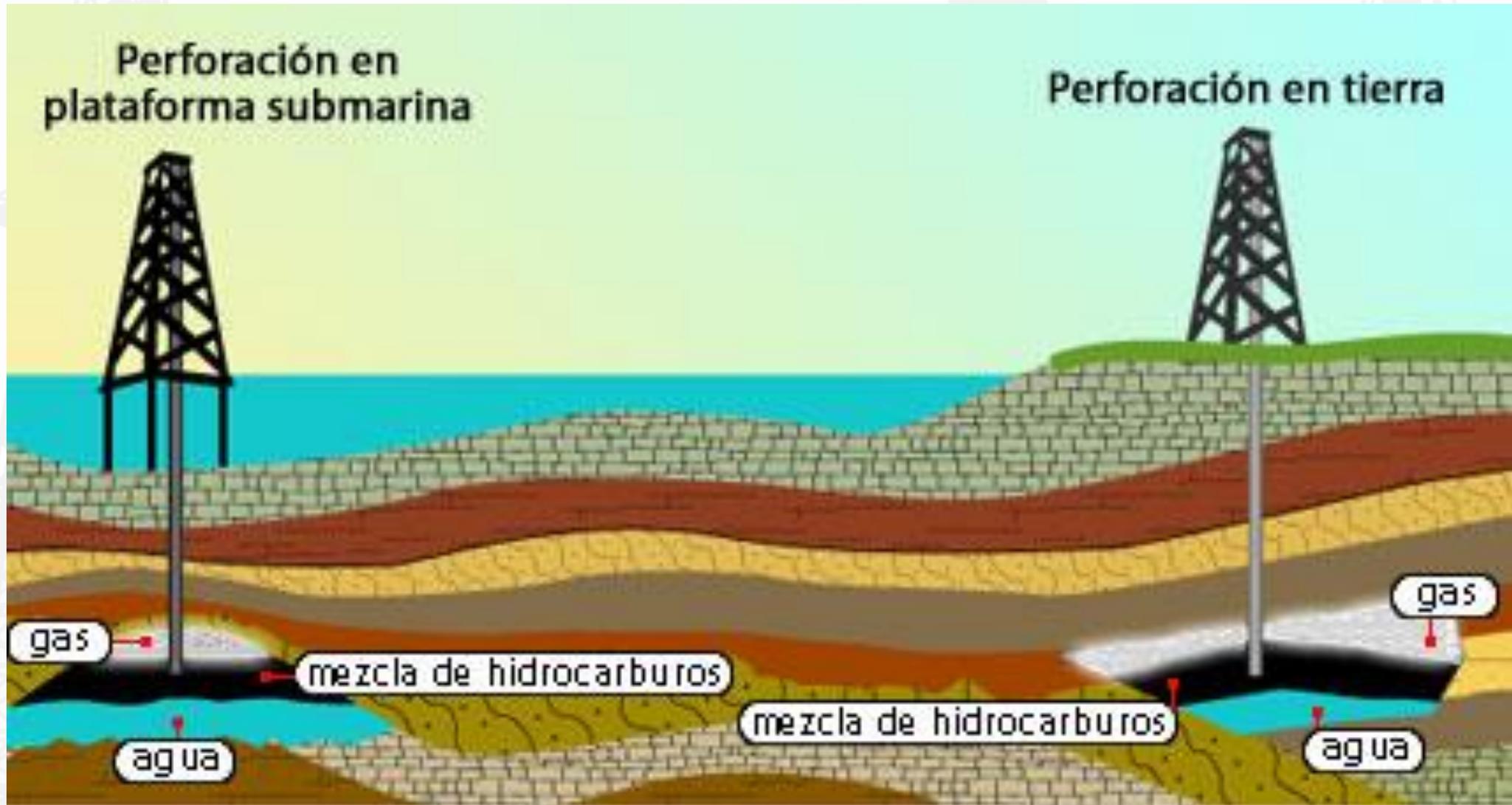
Conceptos Básicos

- **Yacimiento:** “Es un cuerpo de roca del subsuelo que exhibe un grado suficiente de porosidad y permeabilidad para almacenar y transmitir fluidos. Las rocas sedimentarias son las rocas yacimiento más comunes porque poseen más porosidad que la mayoría de las rocas ígneas o metamórficas y se forman bajo condiciones de temperatura en las cuales los hidrocarburos pueden ser preservados. Un yacimiento es un componente crítico de un sistema petrolero completo.” – Oilfield Glossary en Español (Schlumberger).

Conceptos Básicos

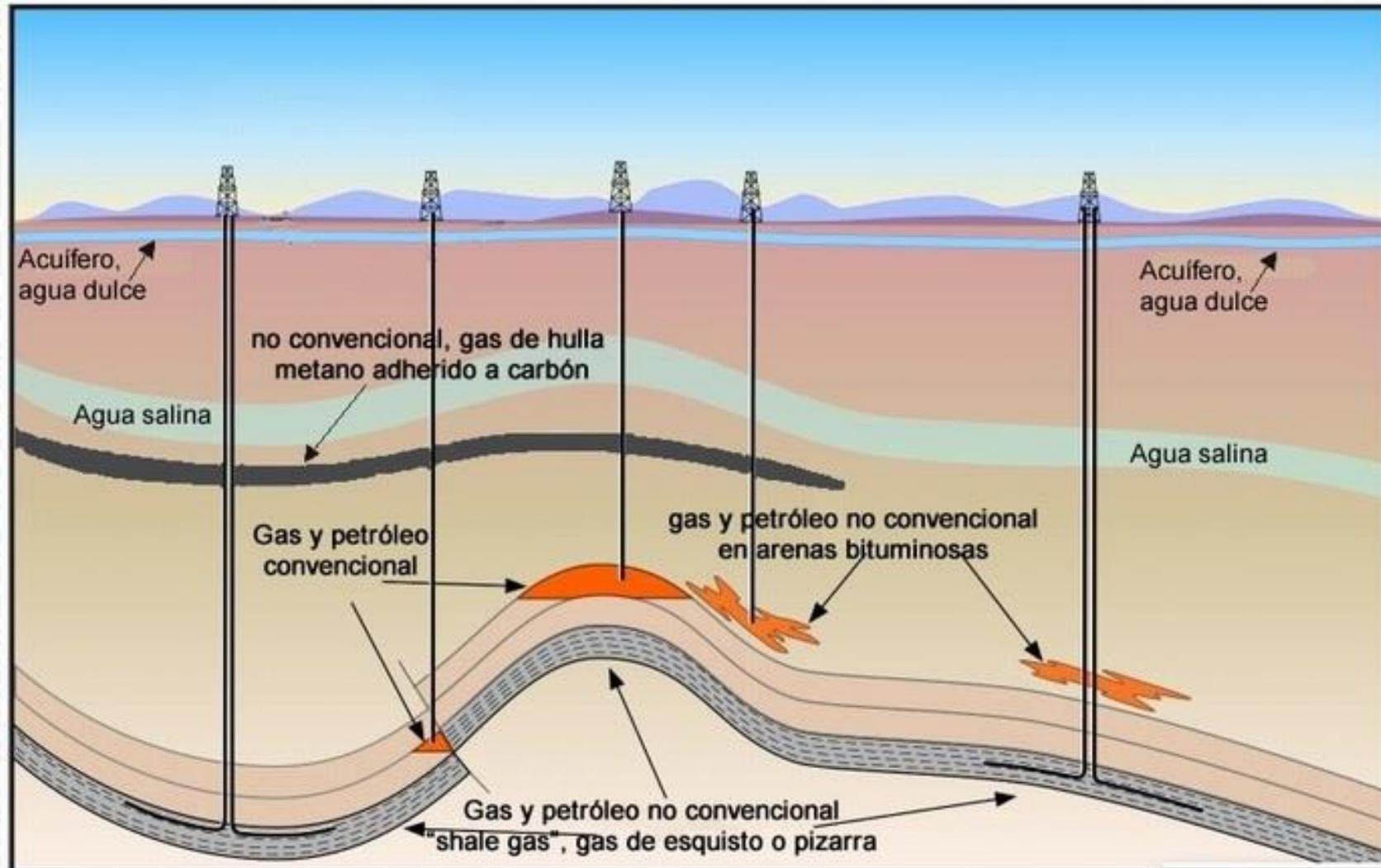
- **Yacimiento:** En el yacimiento podemos encontrar gas y/o aceite y/o agua. El yacimiento no siempre es la roca generadora o madre, es decir, el hidrocarburo se genera en una roca rica en materia orgánica y después migra hasta una roca conocida como almacén o trampa en donde se acumula hasta formar un yacimiento. En los yacimientos no convencionales ocurre que la roca madre es al mismo tiempo roca almacén. Los yacimientos se clasifican según el tipo de hidrocarburos que contengan, Aceite Negro, Aceite Volátil, Gas Seco, Gas Húmedo y Gas y Condensado.

Conceptos Básicos



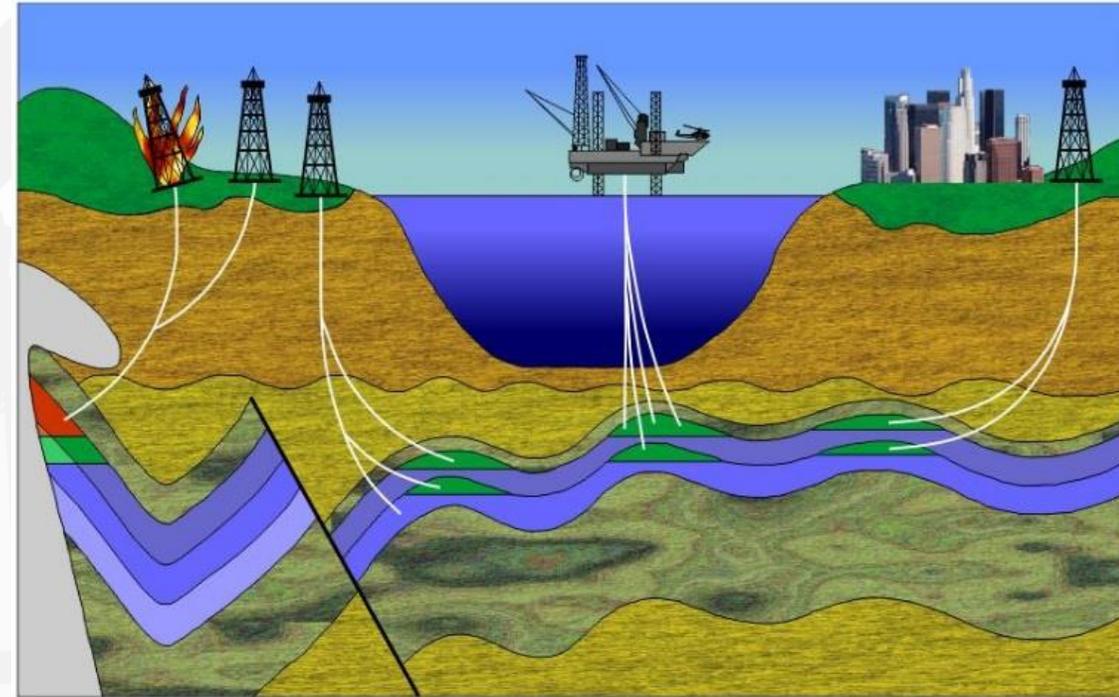


Conceptos Básicos

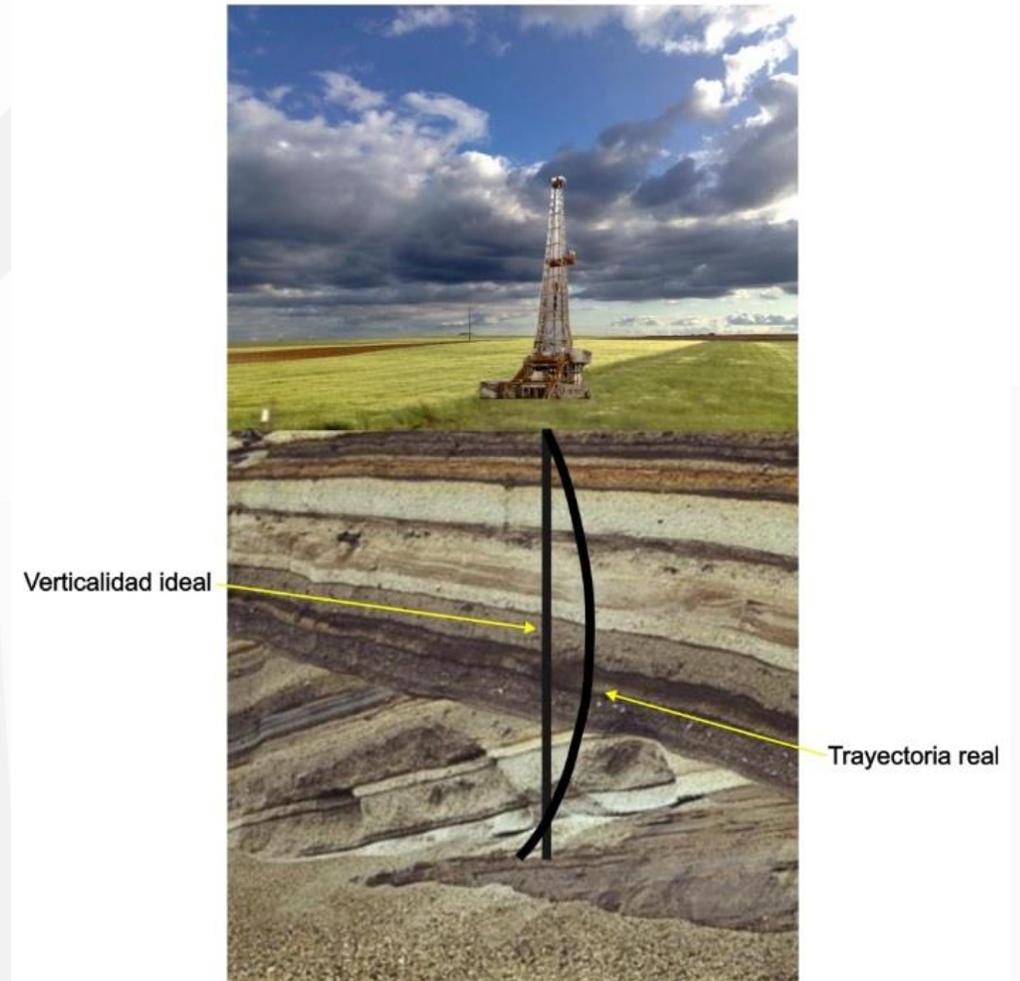


- **Clasificación de Pozos.**
- Los pozos se clasifican de dos formas, por su trayectoria y/o por su objetivo o función operativa.
- Estas clasificaciones no son mutuamente excluyentes, un pozo puede cumplir con una amplia variedad de combinaciones de ambas.

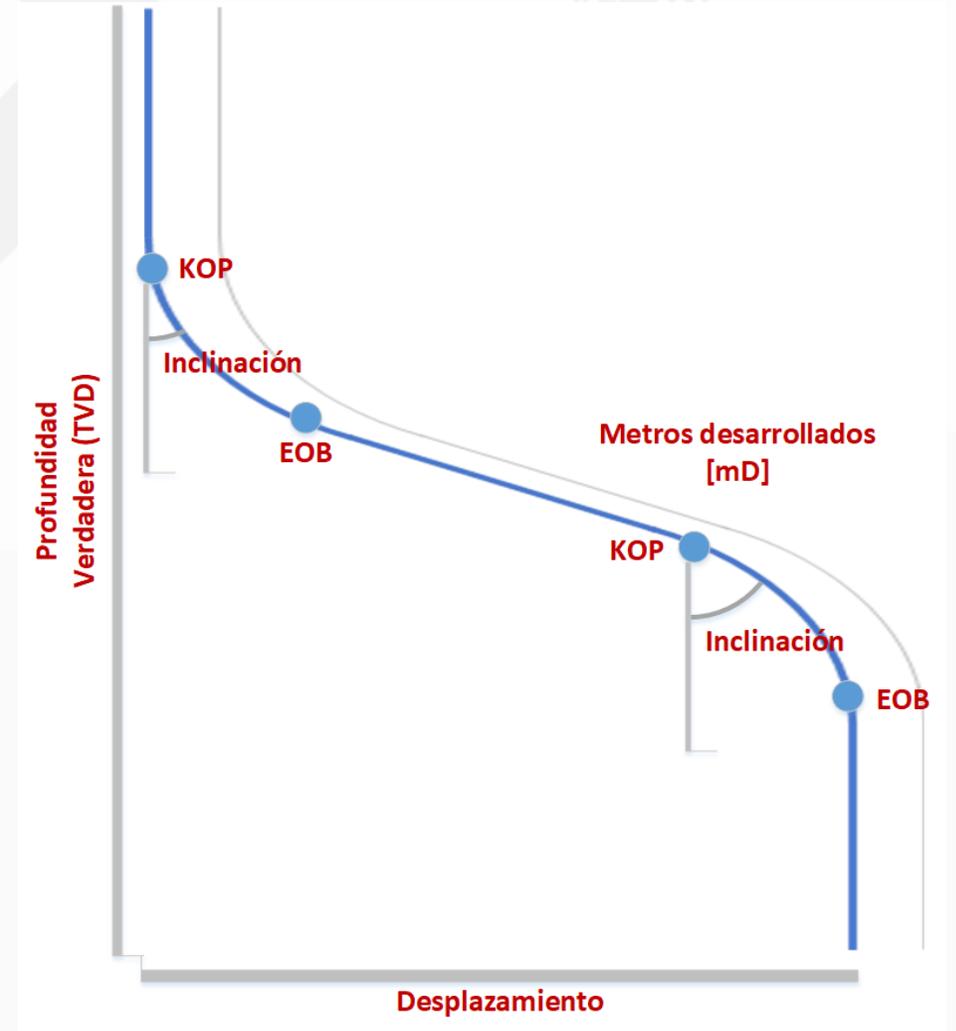
- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- La razón de la existencia de diferentes trayectorias de pozos se debe a múltiples factores, tenemos el económico, el logístico, el ecológico, el social y por supuesto el técnico.



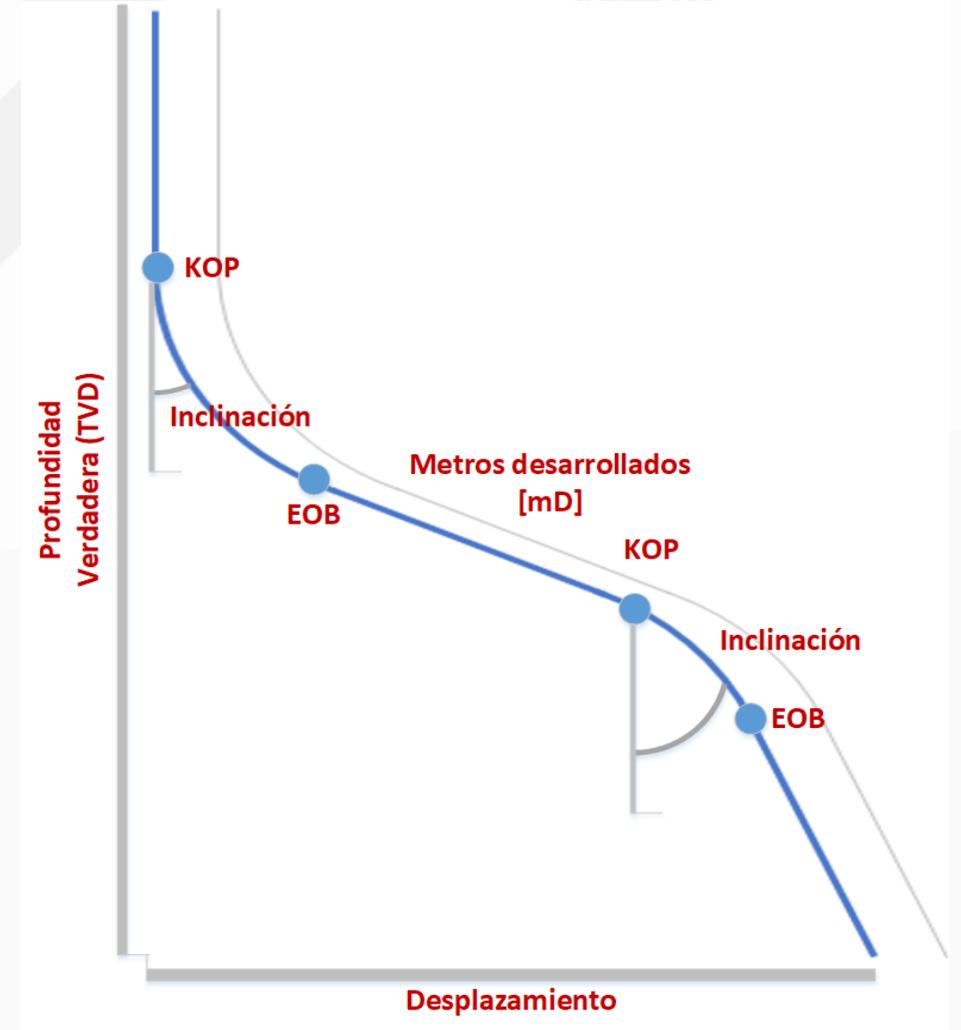
- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Pozo Vertical:** Este pozo se perfora colocando el equipo teóricamente arriba del objetivo que se pretende alcanzar en el subsuelo y no alcanza ningún ángulo. La realidad es otra, pues mantener la vertical en cero grados es imposible. Se considera vertical con menos de cinco grados de inclinación.



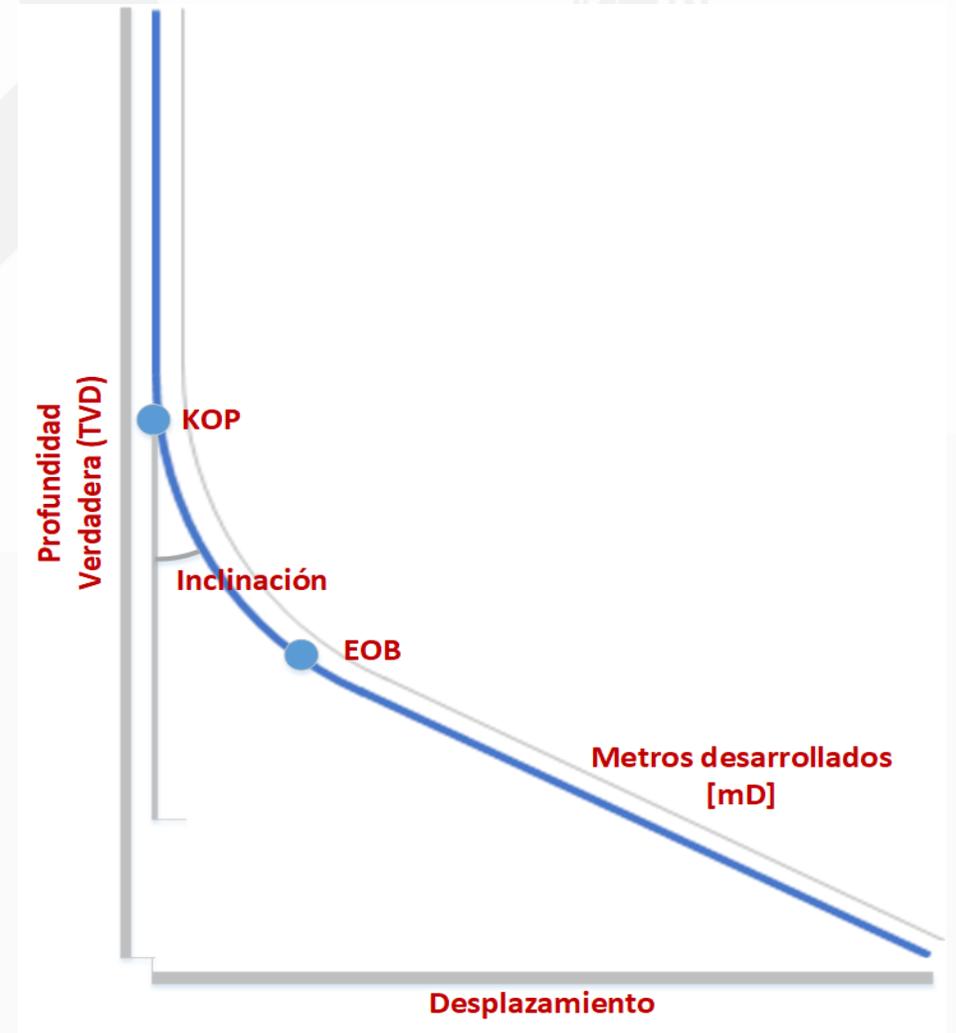
- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Pozo Tipo S:** Este pozo se perfora en un inicio de manera vertical, después de alcanzar una determinada profundidad se construye hasta alcanzar un cierto ángulo, se perfora tangente al ángulo para una vez alcanzada la profundidad necesaria disminuir la inclinación hasta alcanzar de nuevo la vertical.



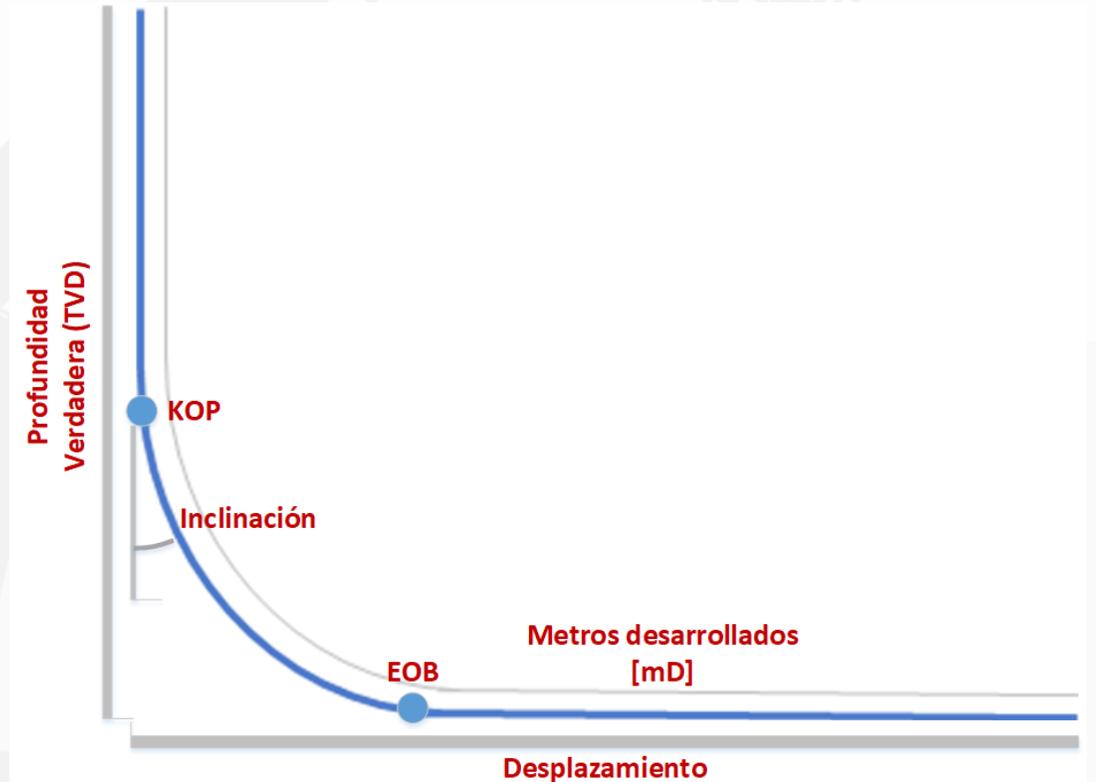
- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Pozo Tipo S Modificado:** Este pozo varía con respecto del Tipo S únicamente en su última sección, pues no se busca recuperar la vertical y se termina el pozo con un cierto ángulo.



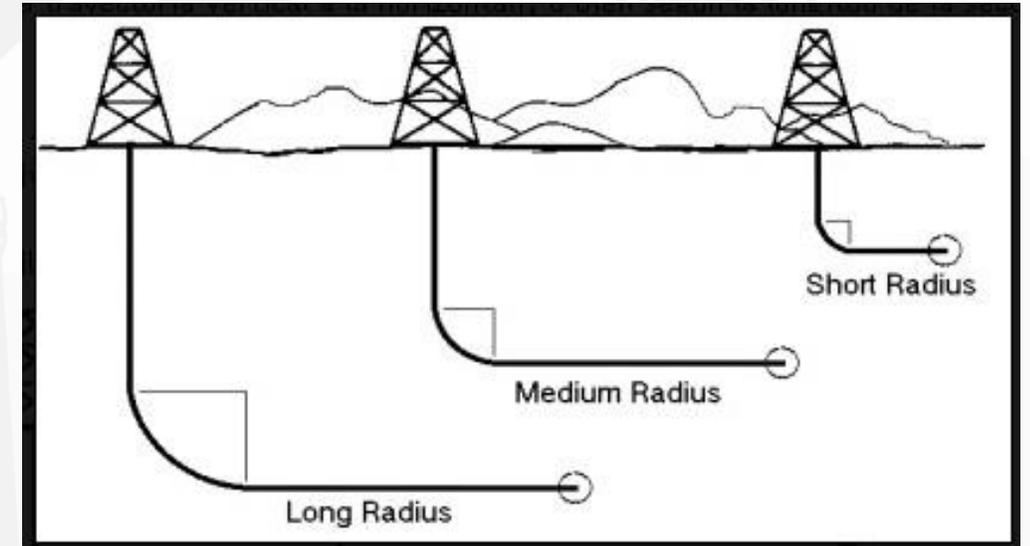
- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Pozo Tipo J:** Este pozo consiste en perforar verticalmente hasta una profundidad determinada, se comienza a construir hasta alcanzar la inclinación programada y se perfora la totalidad del pozo intentando mantener dicha inclinación hasta el objetivo final.



- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Pozo Tipo Horizontal:** Este pozo consiste en perforar verticalmente hasta una profundidad determinada, se comienza a construir hasta alcanzar altos ángulos, la literatura varía en cuanto a la definición del ángulo al cual ya se considera horizontal, pero un pozo que alcanza más de 75 grados seguro ya lo podemos considerar horizontal.

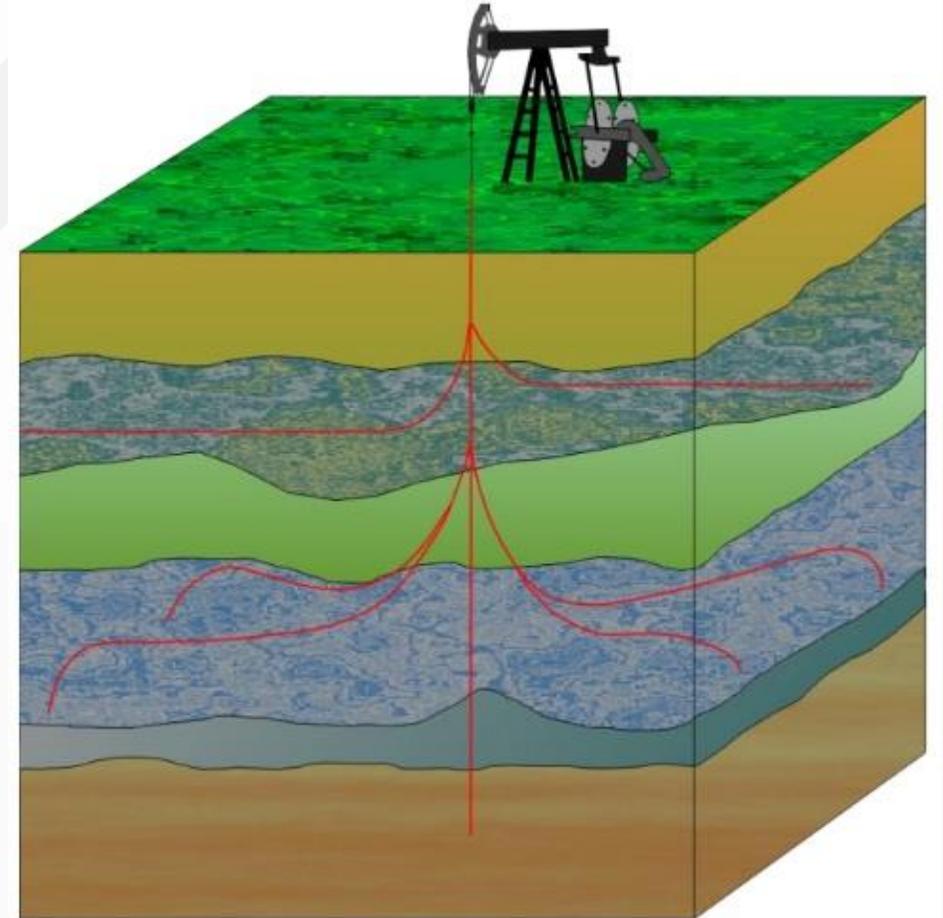


- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Pozo Tipo Horizontal:** En los últimos años estos pozos han sido perforados en gran cantidad debido a que son los que permiten obtener mejores resultados en yacimientos no convencionales.

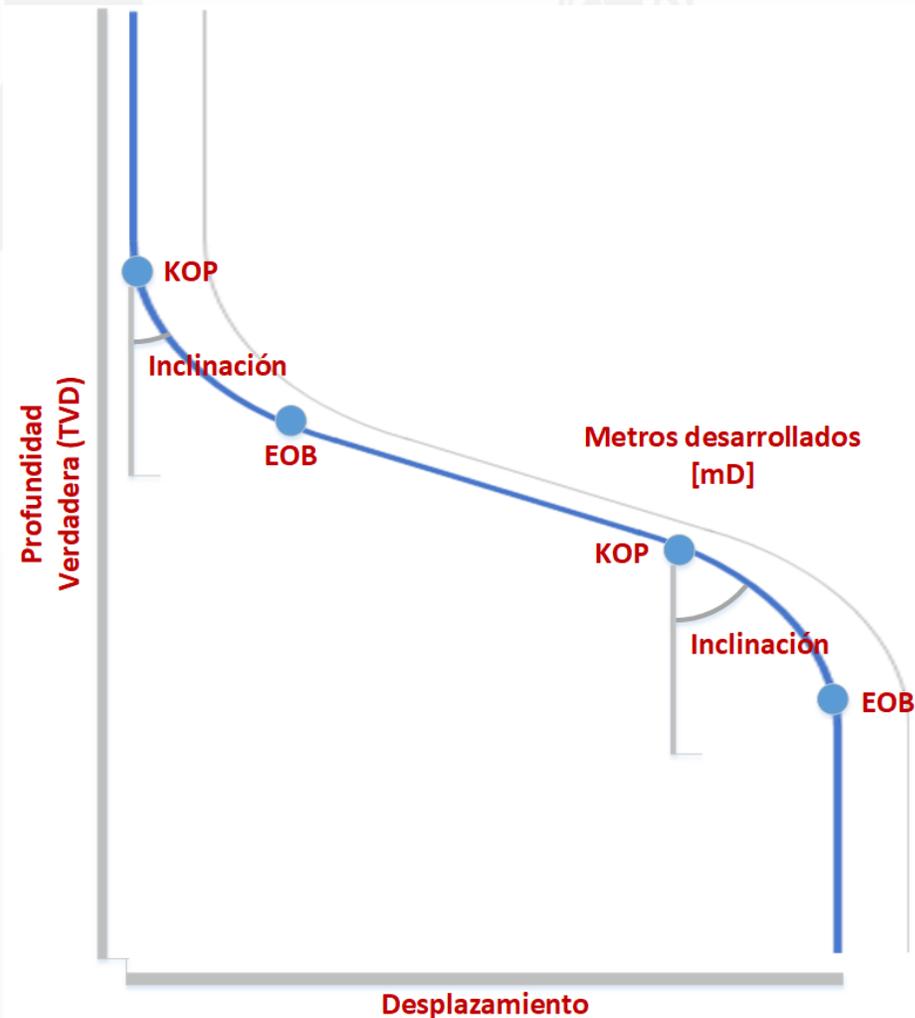


Conceptos Básicos

- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Pozo Tipo Multilateral:** Estos pozos tienen un reto técnico muy grande, se perfora un pozo vertical base, después se van perforando más ramas, la ventaja es que permite alcanzar diferentes objetivos desde un mismo punto superficial.

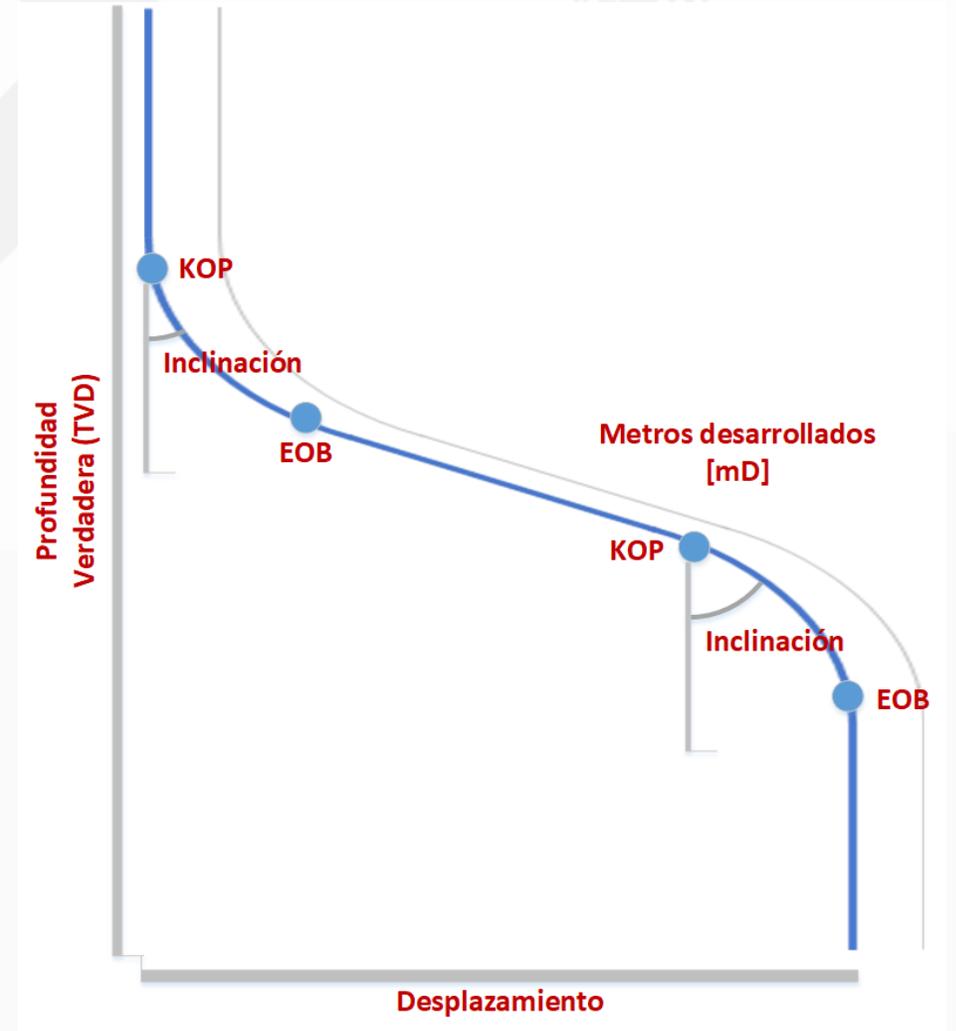


- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **KOP:** Kickoff Point, traducido al español como Punto de Arranque o KOP, es el punto preciso que existe en una inclinada de un pozo donde comenzarán las operaciones de direccionamiento para construir el perfil a la orientación previamente.



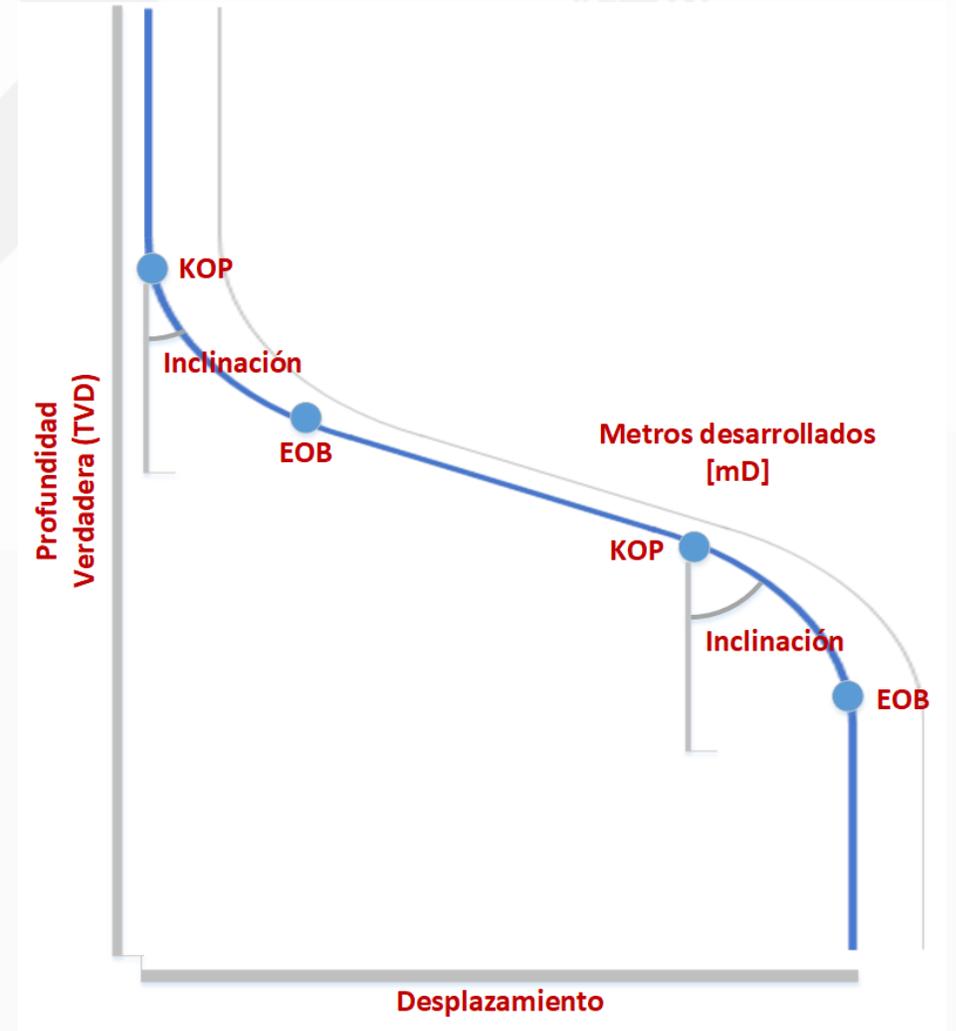
Conceptos Básicos

- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **EOB:** End of Buildup traducido al español como Fin del Incremento, es el punto preciso en donde se finaliza la sección de incremento.
- **EOD:** End of Drop traducido al español como Fin de Caída, es el punto preciso en donde finaliza la sección de caída o decremento.

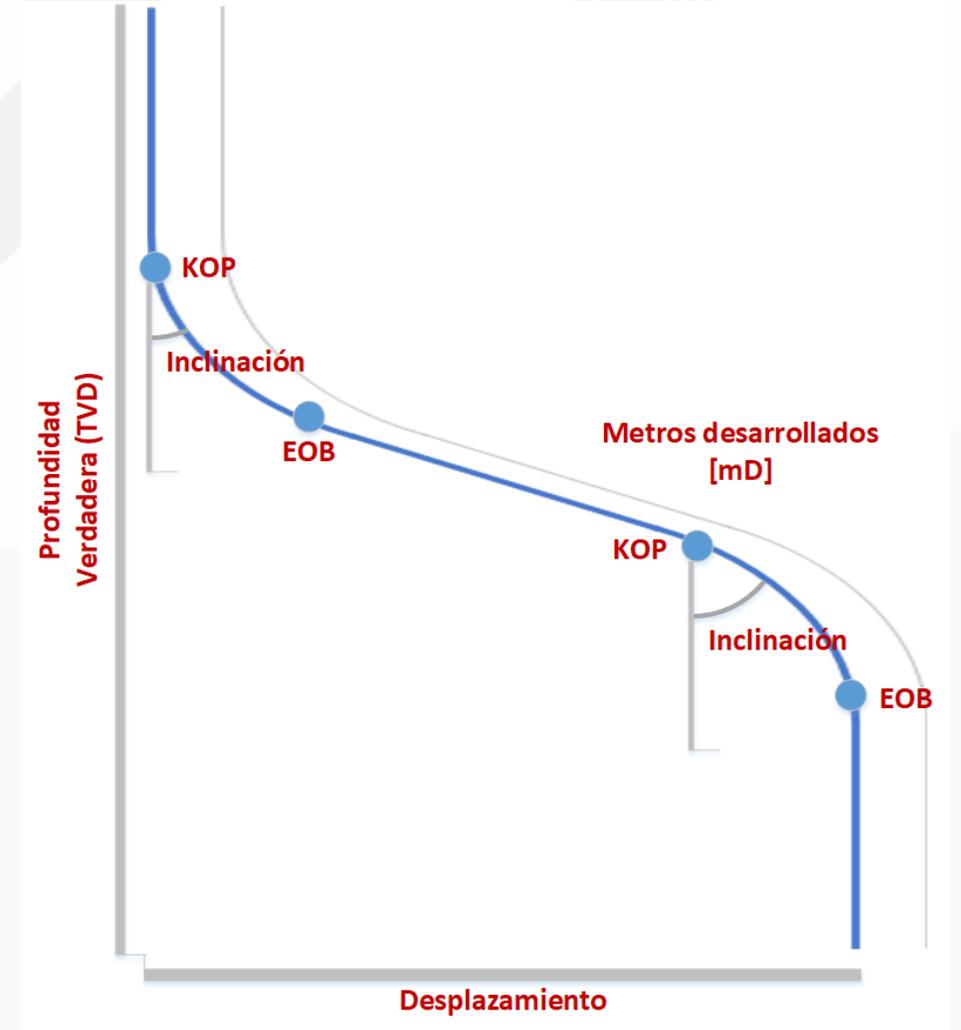


Conceptos Básicos

- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Inclinación:** Definido como el ángulo en el cual el pozo se desvía de la vertical.
- **Azimuth:** También conocido como Rumbo; es el ángulo en grados medido del componente horizontal en el plano de un pozo, y un Norte franco, con base en la escala completa de un círculo (360°).

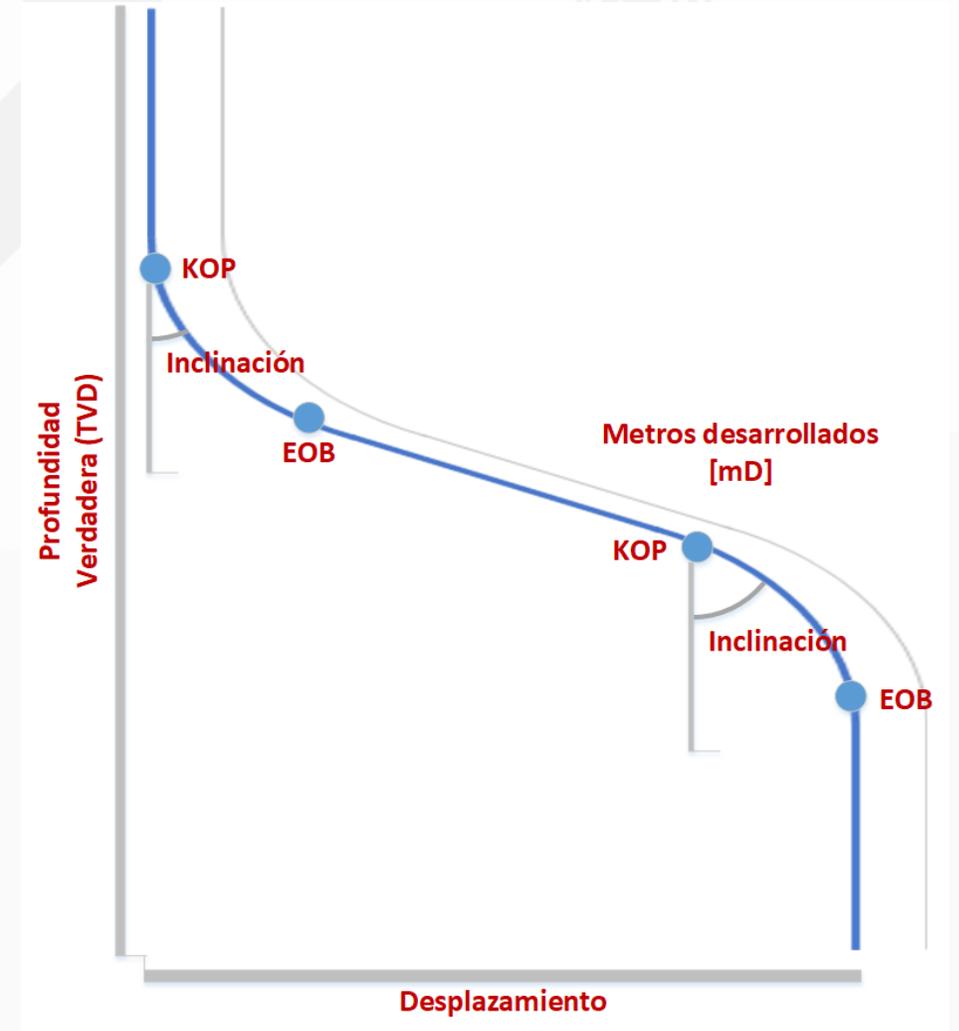


- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Dog Leg:** traducido al español como Pata de Perro, es un ajuste o cambio severo en el ángulo que posee la dirección del agujero, o en la inclinación de dos secciones del mismo.



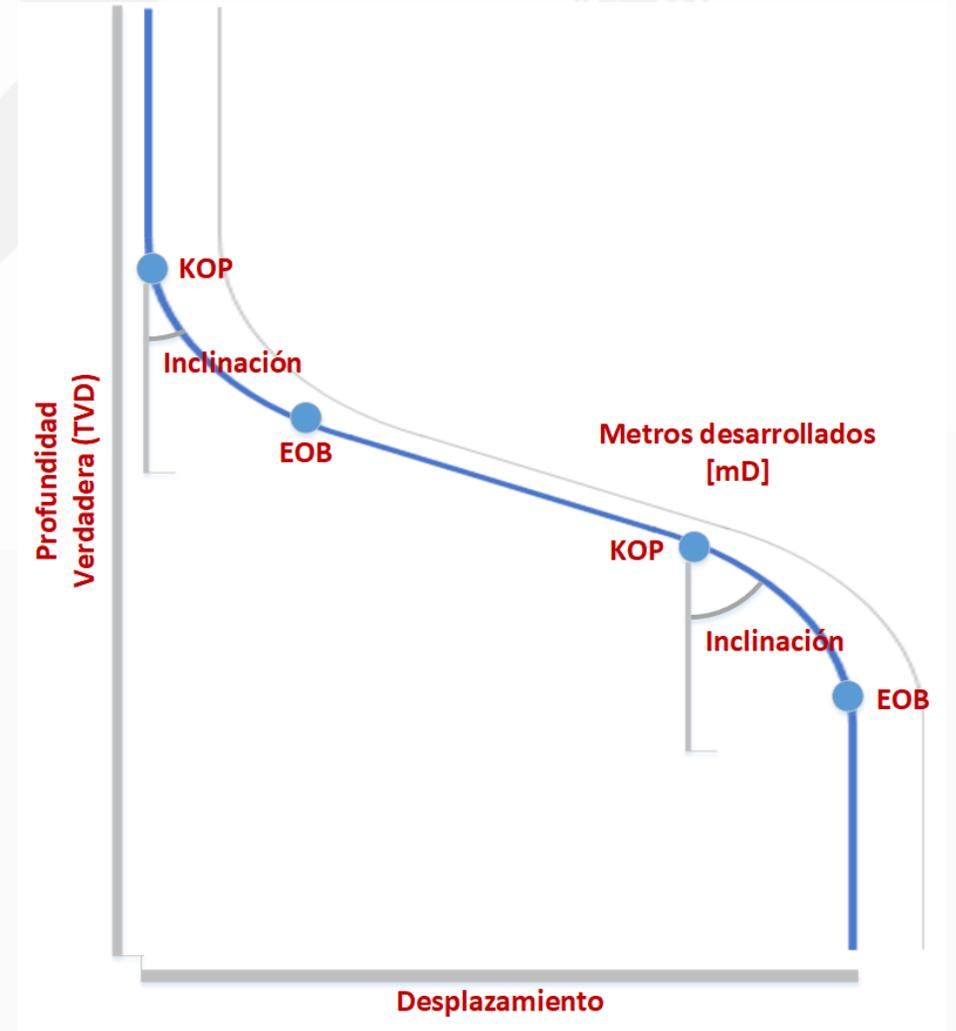
Conceptos Básicos

- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Dog Leg:** Debido a que en perforación direccional un perfil debe ser construido intencionalmente, una Pata de Perro siempre debe estar cuantificada. Por lo tanto, la severidad de una Pata de Perro mide el cambio en inclinación o la variación en un Azimuth de un punto de evaluación a otro, usualmente cuantificado en grado por cada 30 m.

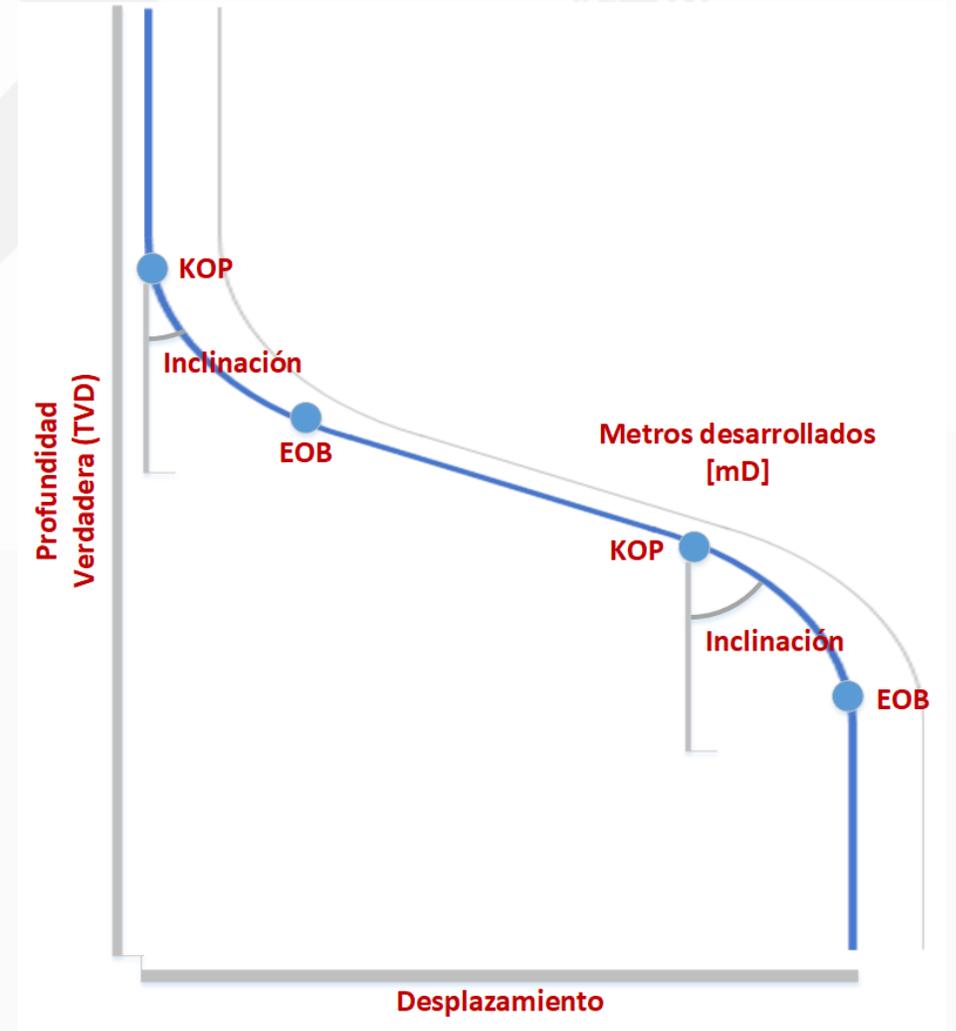


Conceptos Básicos

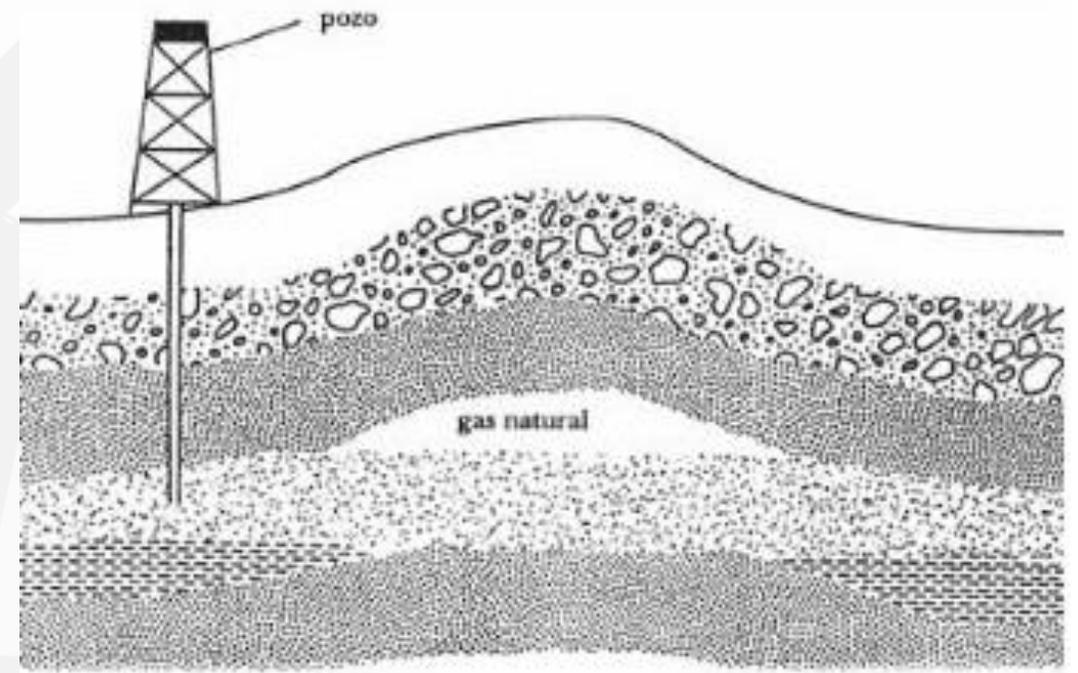
- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Desplazamiento:** El desplazamiento en perforación direccional se define como la distancia horizontal entre las líneas verticales que pasen a través del objetivo en el subsuelo y la cabeza de pozo.
- **TVD:** La Profundidad Vertical Verdadera, es la profundidad vertical medida en un punto de referencia en superficie con respecto a la trayectoria del pozo.



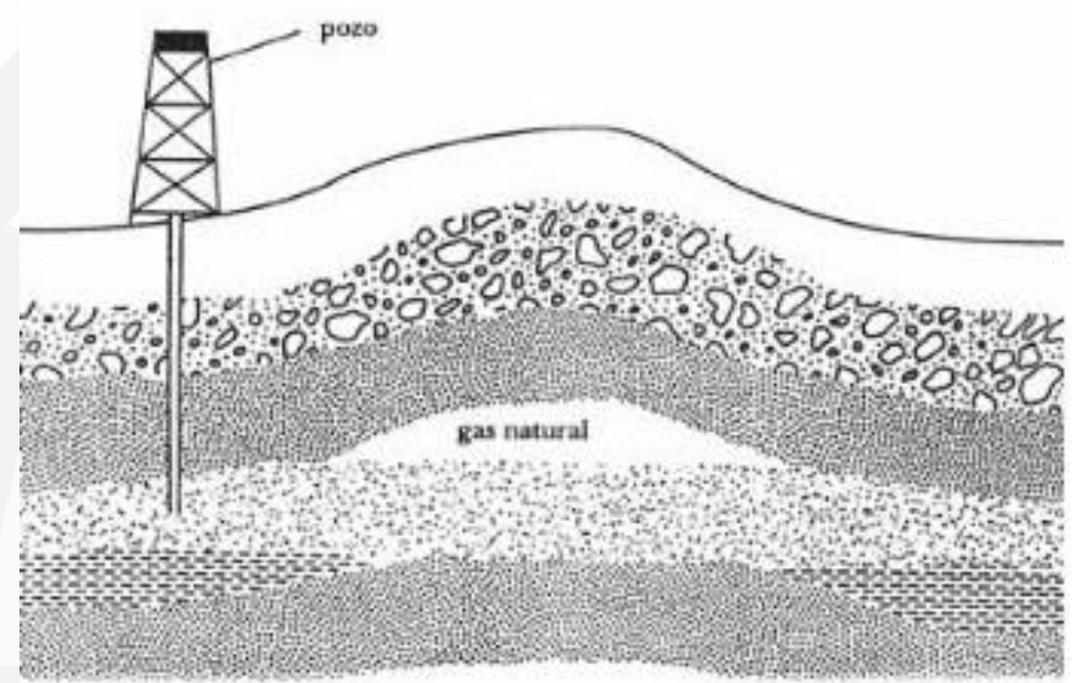
- **Clasificación de Pozos por Trayectoria.**
- **Profundidad de desarrollo (mD):** La Profundidad Desarrollada, es la profundidad medida desde la superficie a un punto de la trayectoria del pozo.



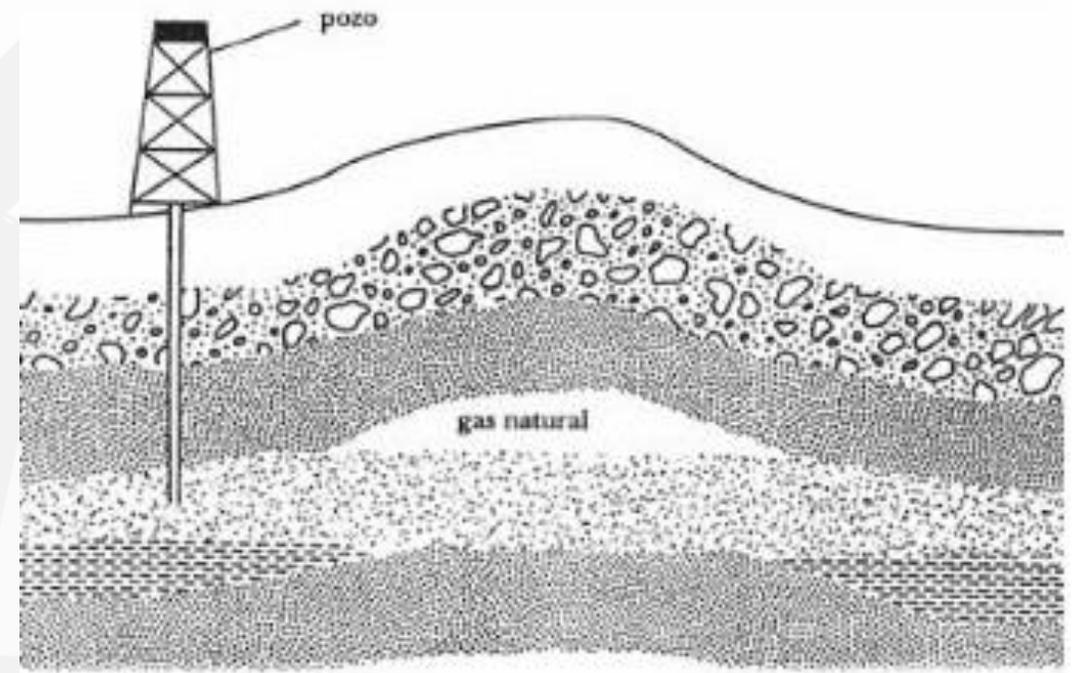
- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- **Pozo Exploratorio:** Este pozo es aquél que se perfora con un alto grado de incertidumbre, pues como lo dice su nombre, sirve para explorar el subsuelo en búsqueda de hidrocarburos. No siempre resultan descubridores.



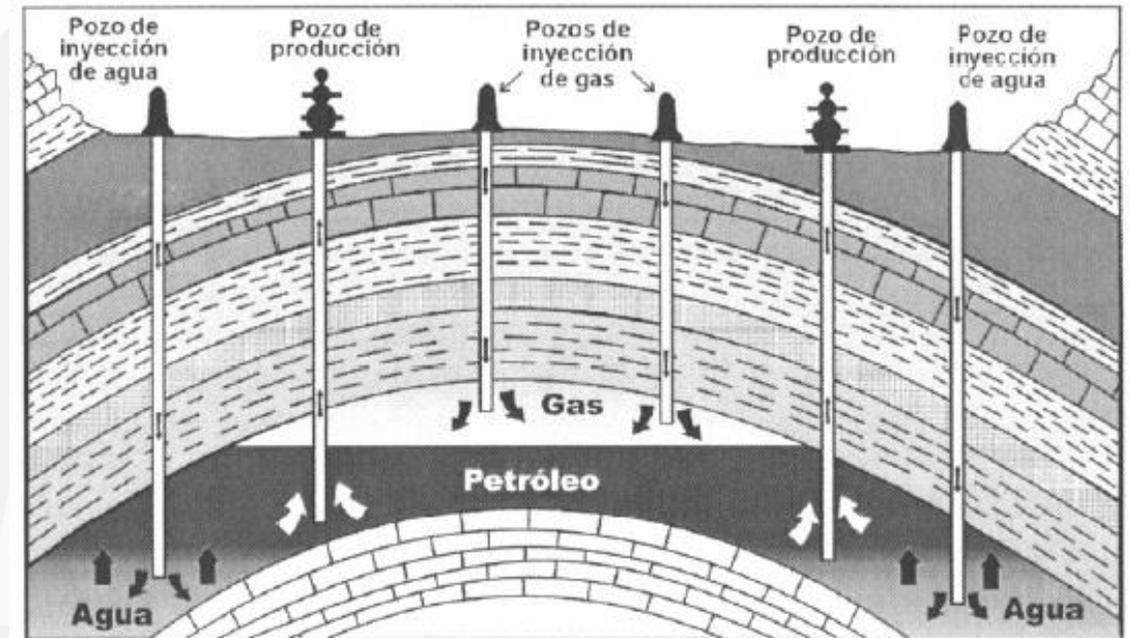
- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- Pozo Exploratorio: Durante su perforación se obtiene una gran cantidad de información que se utiliza para planear los siguientes pozos a perforar.



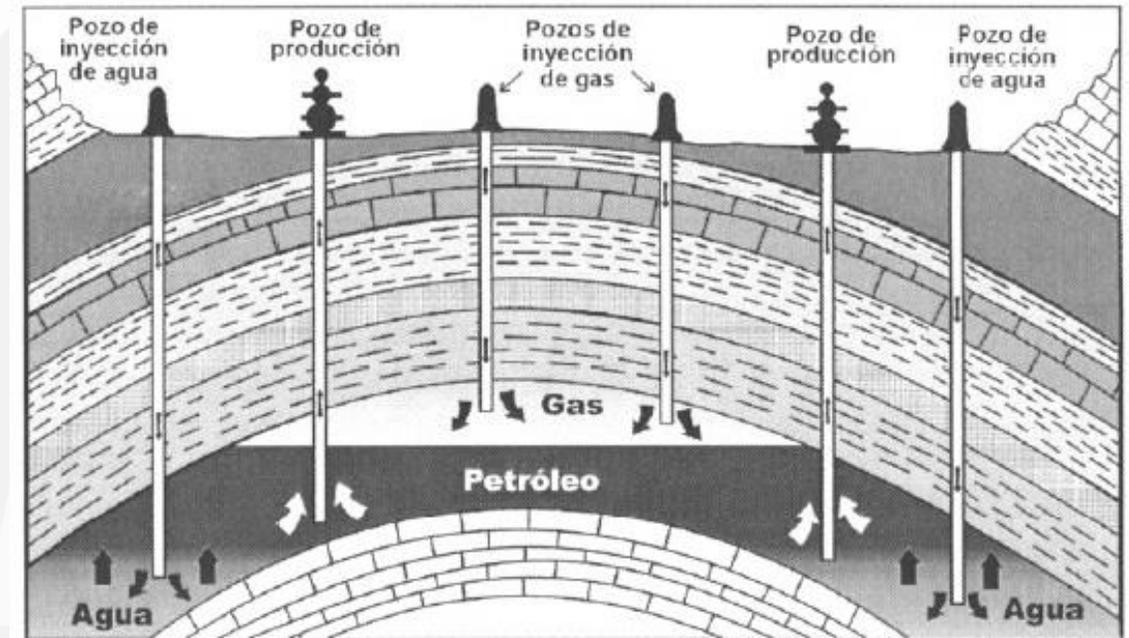
- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- **Pozo Delimitador:** Estos pozos delimitan la extensión del yacimiento, tanto en área como en espesor. Un pozo exploratorio puede ser un delimitador si la extensión del yacimiento no es muy grande.



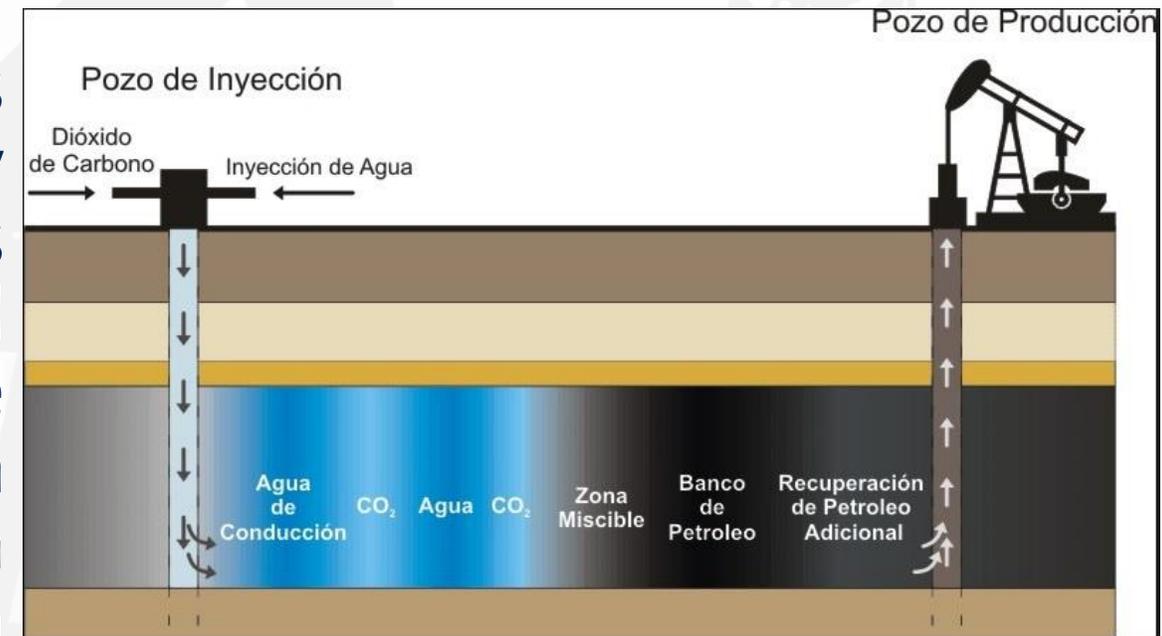
- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- **Pozo Productor o de Desarrollo:** Estos pozos son aquellos que se perforan una vez que se descubrió un yacimiento y son los que permiten desarrollar y/o producir el mismo. Mientras más pozos se perforan la incertidumbre durante la operación es menor.



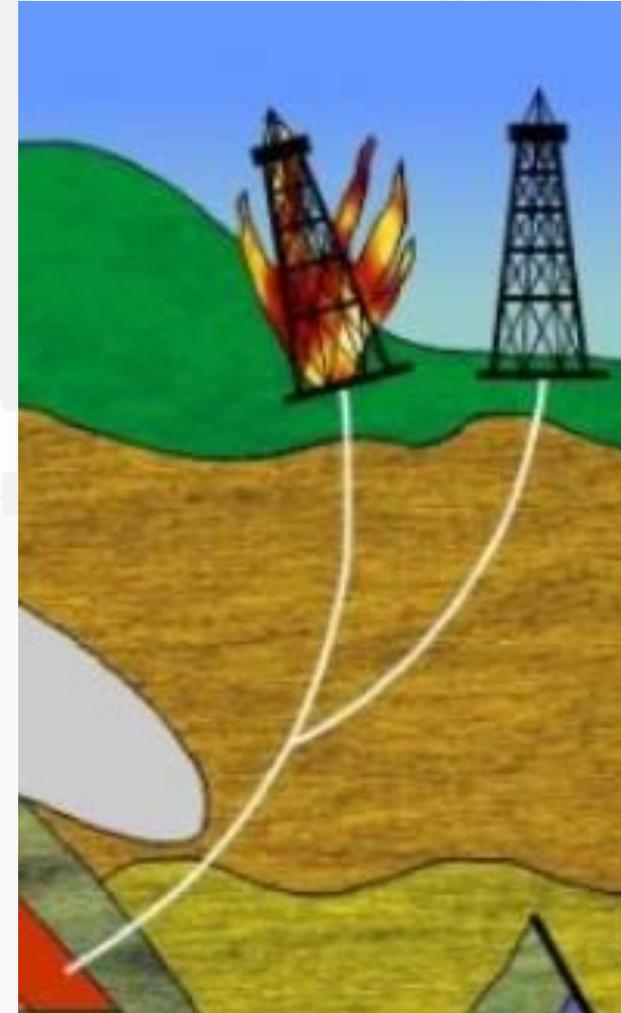
- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- **Pozo Inyector:** Sirven para inyectar agua o gas al yacimiento durante un proceso de recuperación secundaria, o químicos y agentes biológicos en un proceso de recuperación mejorada (EOR).



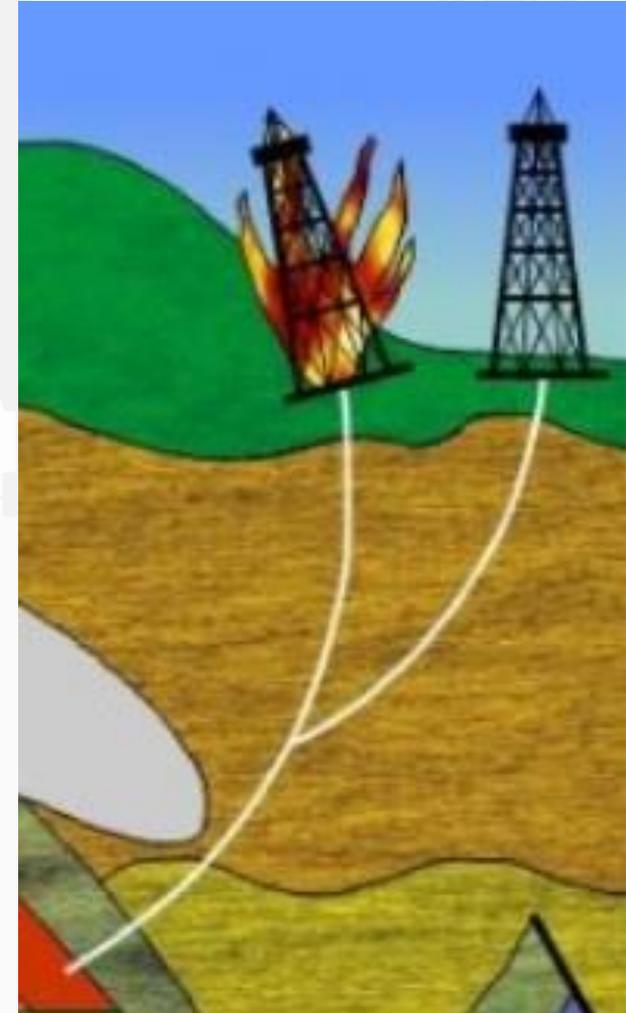
- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- **Pozo Inyector:** Estos pozos resultan claves para el desarrollo y explotación de los yacimientos maduros, aunque en la actualidad diversos autores consideran que los métodos de recuperación secundaria y mejorada se pueden aplicar incluso al inicio de la vida productiva de un yacimiento.



- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- Pozo de Desfogue: Se perforan para remediar un descontrol en otro pozo. El riesgo operativo es muy alto y la perforación direccional debe de ser en extremo precisa.

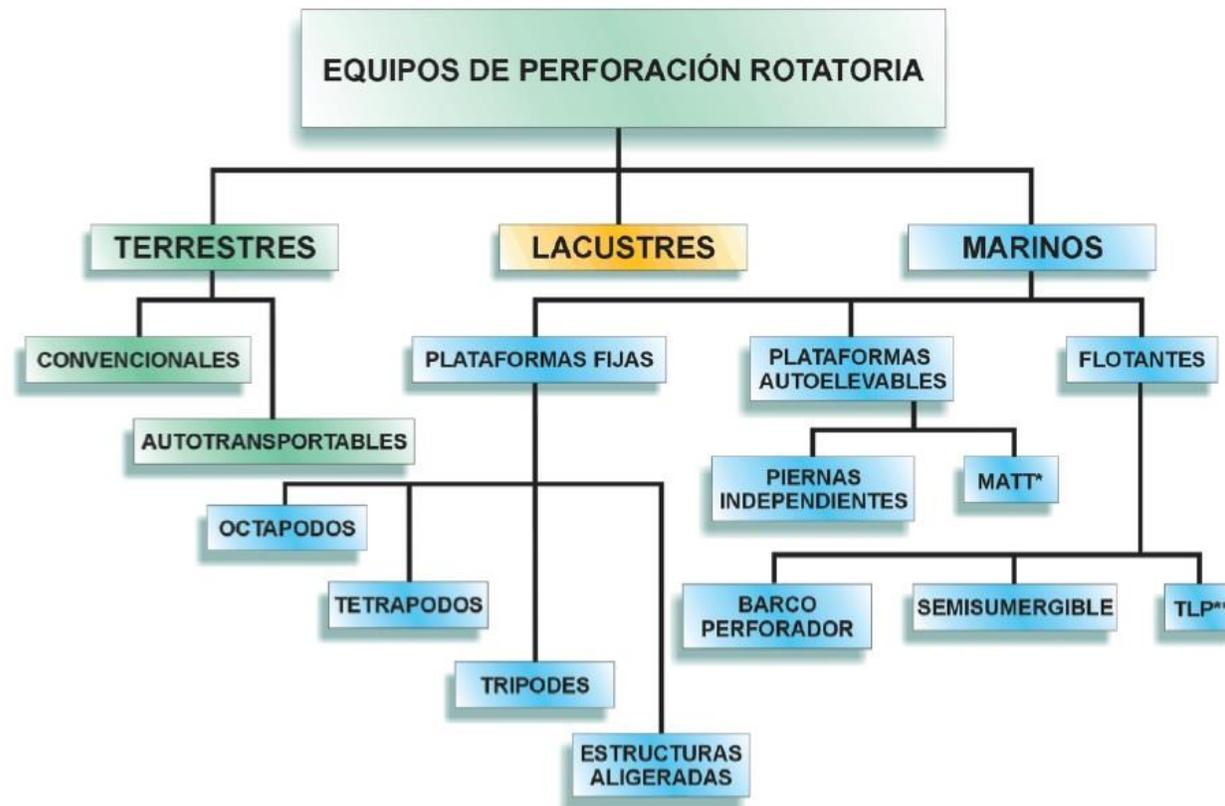


- **Clasificación de Pozos por Función Operativa.**
- Pozo de Desfogue: Se perforan para remediar un descontrol en otro pozo. El riesgo operativo es muy alto y la perforación direccional debe de ser en extremo precisa.



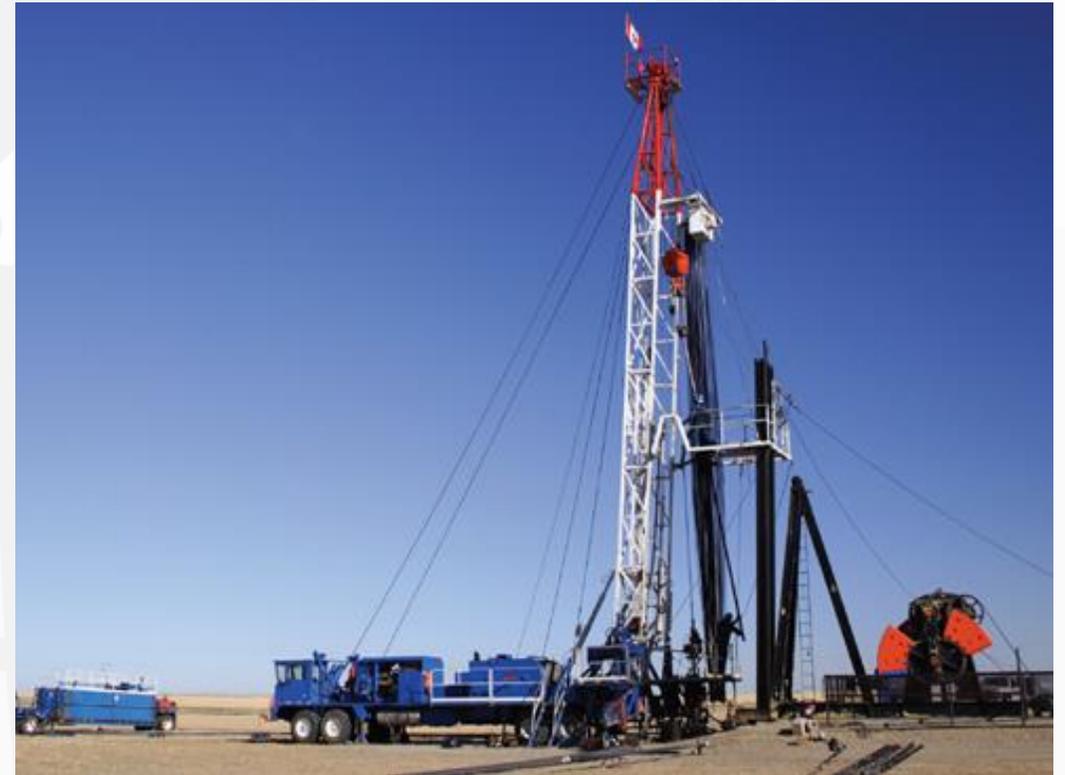
- **Clasificación de Pozos.**
- **Pozo Letrina:** Estos pozos sirven para ser rellenados con los recortes obtenidos de la perforación de otros pozos, en México se tienen algunos ubicados en las zonas marinas.

• Equipos de Perforación.



- **Equipos de Perforación.**
- Los equipos de perforación terrestre, además de ser auto transportables o no, también se clasifican en ligeros, medianos y pesados. En general un equipo pesado no es auto transportable y un equipo ligero no es 100% auto transportable. Ambos requieren de apoyo logístico como grúas, camiones y remolques para cambiar de localización.

- **Equipos de Perforación.**



- **Equipos de Perforación.**



- **Equipos de Perforación.**





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Conceptos Básicos

- **Equipos de Perforación.**
- **Plataformas Fijas:** Fueron las primeras unidades utilizadas. Han sido las preferidas en los yacimientos localizados en tirantes de agua de hasta 200 [m] de profundidad. Generalmente las plataformas fijas se componen de estructuras modulares de acero, instaladas en el lugar de operación con pilotes hincados en el fondo marino. Las plataformas fijas son proyectadas para recibir todos los equipos de perforación, almacenaje de materiales, alojamiento del personal, así como todas las instalaciones necesarias a la producción de los pozos.



Conceptos Básicos

- **Equipos de Perforación.**
- **Plataformas Autoelevables:** Se componen básicamente de una balsa equipada con una estructura de apoyo o piernas que, accionadas de forma mecánica o hidráulica, son sumergidas hasta alcanzar el fondo del mar. En seguida, se inicia la elevación de la plataforma sobre el nivel del agua, a una altura segura y fuera de la acción de las olas. Estas plataformas son móviles, pueden ser transportadas por remolcadores o por propulsión propia. Se destinan a la perforación de pozos exploratorios y de desarrollo en la plataforma continental, en tirantes de agua con una profundidad que varía de 5 a 130 [m].



Conceptos Básicos

- **Equipos de Perforación.**
- **Plataformas Semisumergibles:** Las plataformas semisumergibles están compuestas de una estructura con una o varias cubiertas, apoyada en flotadores sumergidos. Una unidad flotante sufre movimientos debido a la acción de las olas, corrientes y vientos, lo que puede dañar los equipos que van a bajarse por el pozo. Por ello, es imprescindible que la plataforma permanezca en posición sobre la superficie del mar, dentro de un círculo con radio de tolerancia determinado por los equipos que se encuentran abajo de la superficie.



- **Equipos de Perforación.**
- Para fines del curso es necesario revisar los sistemas que conforman un equipo de perforación detallando los componentes más importantes de cada uno de ellos, en general los sistemas son los mismos para equipos terrestres y marinos en cuanto a la operación de perforación se refiere.
- Los cinco sistemas que revisaremos son:
 1. Sistema de Izaje (Elevación)
 2. Sistema de Circulación
 3. Sistema de Rotación
 4. Sistema de Control
 5. Sistema de Potencia



GRACIAS

Ing. Juan Carlos Sabido Alcántara

Ingeniero Petrolero

Facultad de Ingeniería UNAM