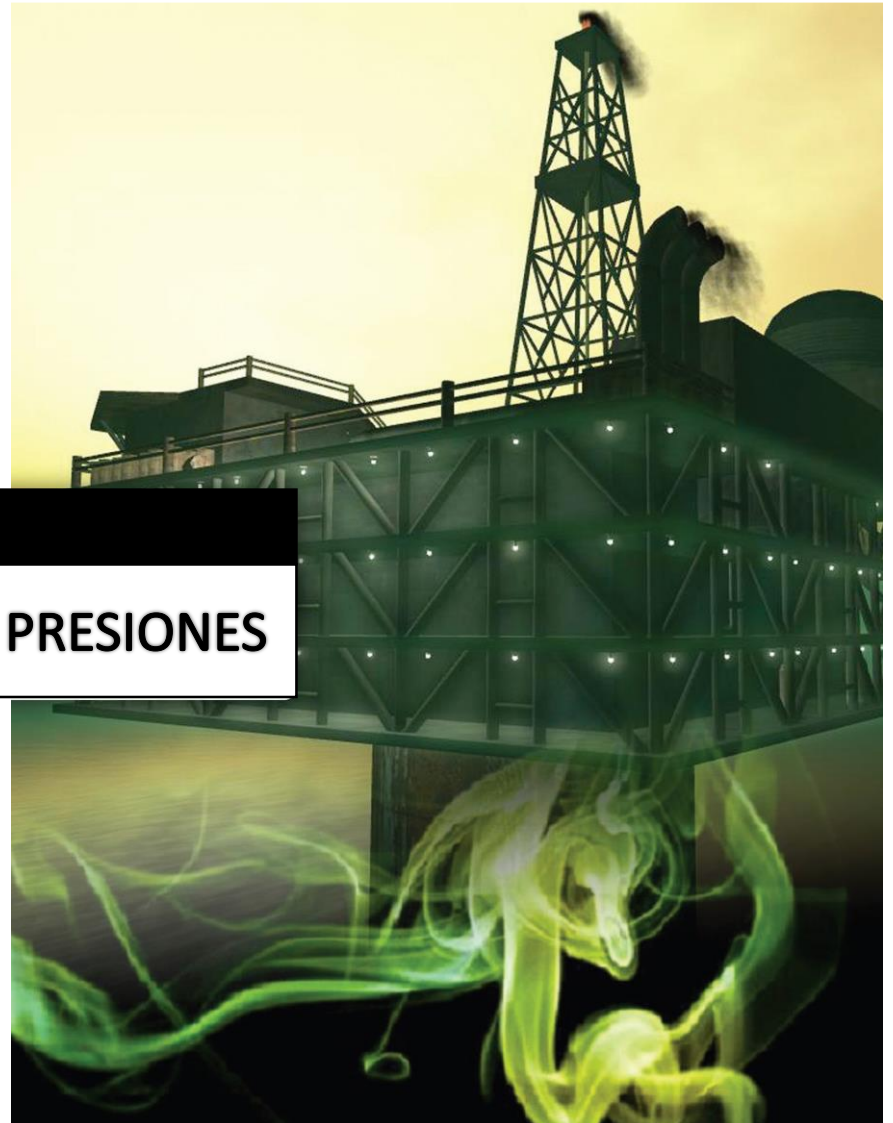


CONTROL DE POZOS

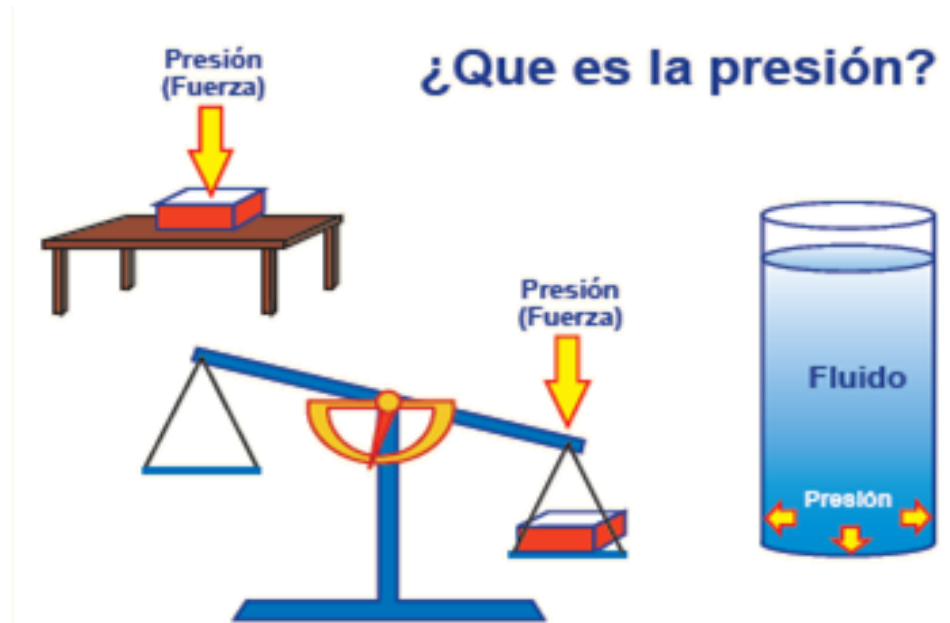
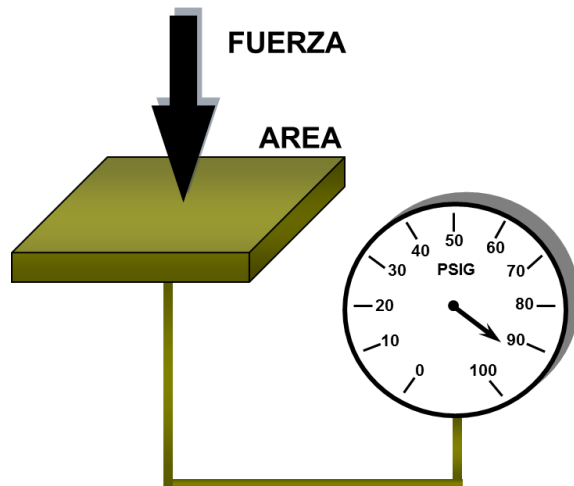
UNIDAD I: CONCEPTOS BÁSICOS DE PRESIONES

Docente: Ing. Raúl Lizárraga M.



Presión por definición es la fuerza por unidad de área que ejerce un fluido.

En unidades de campo, se expresa en Libras por Pulgada Cuadrada (psi)





Densidad. (ρ)

Es una propiedad física característica de cualquier materia que representa el peso que tiene la unidad de volumen.

Unidades: gr/cc; kg/m³; lpg ó ppg



Gravedad Específica o densidad relativa es la relación de la densidad de una sustancia y la densidad del agua a la misma temperatura. Es un valor adimensional.

$$GE = \frac{\rho_{\text{sustancia}}}{\rho_{\text{agua}}}$$

Gradiente de Presión.

Es el cambio producido en la presión por unidad de profundidad, expresado normalmente en unidades de psi/pie o kPa/m. La presión se incrementa en forma predecible con la profundidad, en las áreas de presión normal. El gradiente de presión hidrostática normal para el agua dulce es de 0,433 psi/pie y para el agua salada es de 0,465 psi/pie.

$$Grad = \frac{\text{Presión}}{\text{Profundidad}}$$



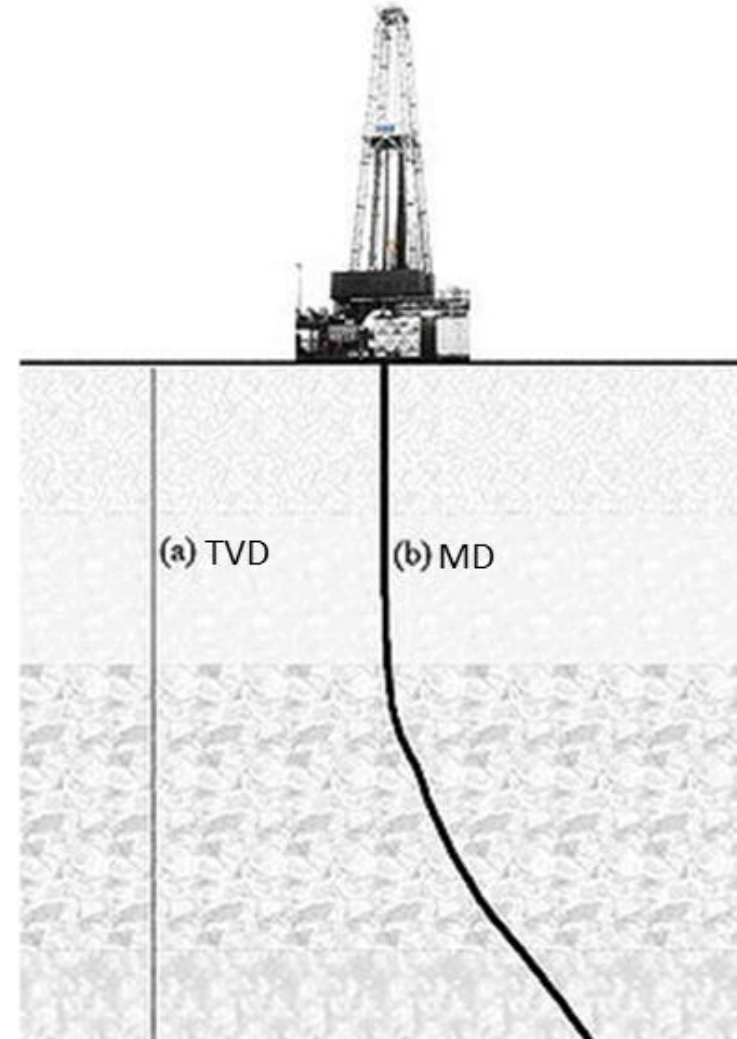
En la industria petrolera se manejan diferentes tipos de presión, así como:

- Presión de formación (P_{form})
- Presión hidrostática (P_H)
- Presión de fricción (ΔP_f)
- Presión de fractura (P_{fract}).
- Presión de Integridad (P_{int})

Se manejarán dos tipos de profundidad:

La profundidad vertical (PVV; TVD) se usará para los cálculos de: Presión, gradientes y densidades.

Mientras que la profundidad medida (PM; MD) se usará para los cálculos de: Volumen, capacidad y desplazamiento.



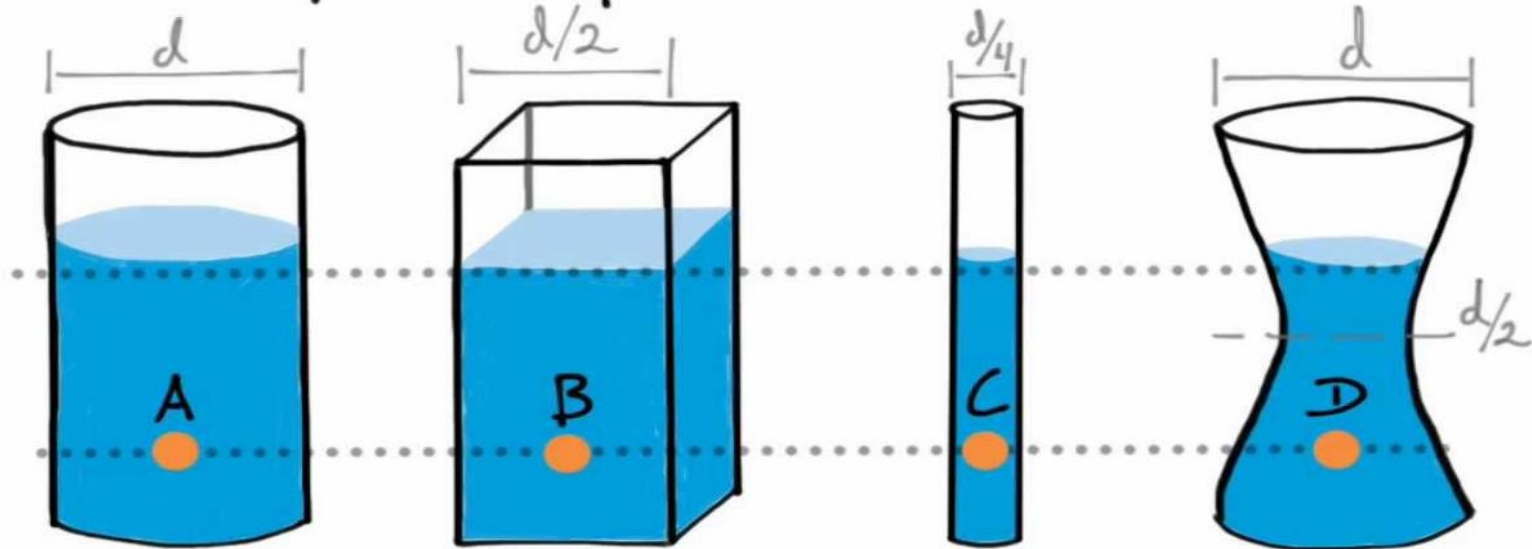
PRESIÓN HIDROSTÁTICA



La presión hidrostática (PH) es la presión ejercida en un punto dado del pozo por una columna de fluido debido a su densidad (ρ) y su altura (h).

Un fluido pesado ejercerá mayor presión debido a su alta densidad.

¿En cuál punto la presión hidrostática es menor?



PRESIÓN HIDROSTÁTICA



Perforación

La presión hidrostática (PH) es la presión total del fluido en un punto dado del pozo. “Hidro” significa fluido que ejerce presión como el agua, y “estática” significa que no está en movimiento. Por lo tanto, la presión hidrostática es la presión ejercida por una columna de fluido estacionaria (que no esta en movimiento).

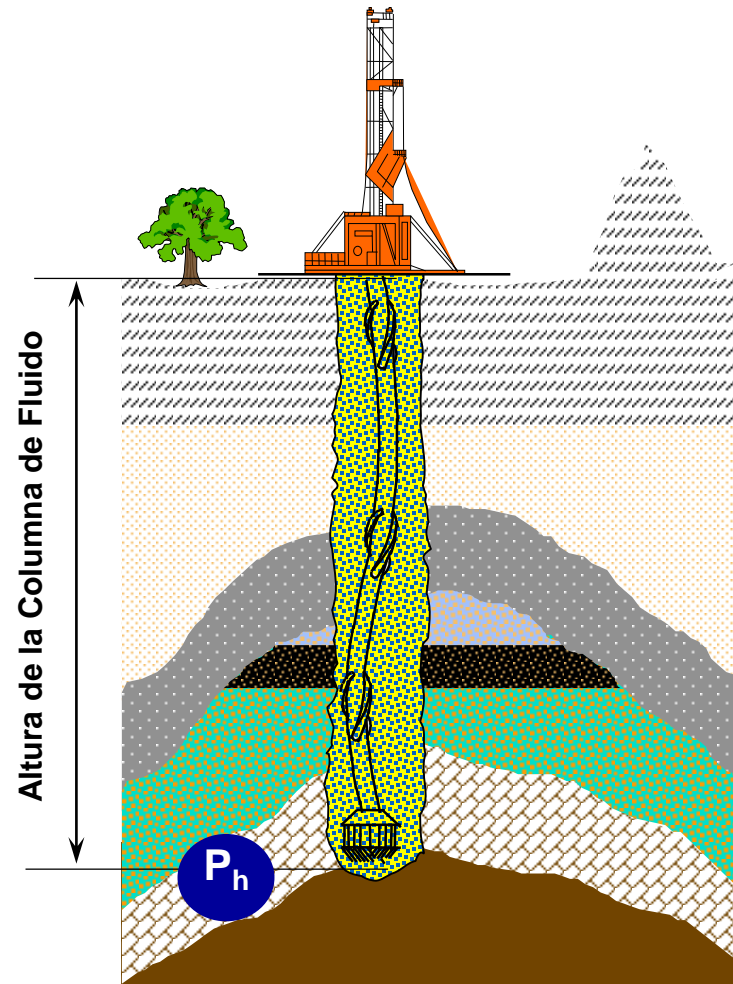
$$PH = 0,052 * \rho_L * h$$

Donde:

PH = Presión Hidrostática (psi)

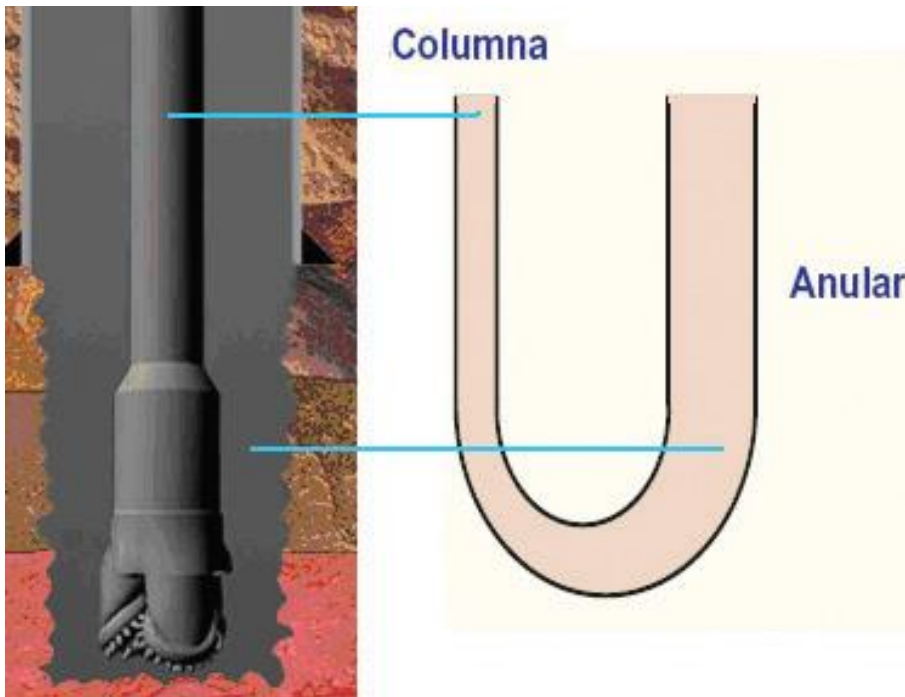
ρ_L = Densidad del fluido (lpg, ppg)

h = Altura del fluido (ft)



TUBO EN “U”

Por lo general en el pozo, se tiene fluido tanto dentro de la tubería de perforación (DP), como en el espacio anular. En realidad, existe una analogía de tubo en “U”, con el espacio anular en un lateral derecho y la columna de la tubería (DP), en el otro. En caso que hubiera 10 ppg de fluido en la columna de la tubería y 10,5 ppg de fluido en el anular, la presión diferencial se puede calcular a través de una resta.



La presión diferencial tratará de desplazar el fluido desde el anular hacia la columna de la tubería. El fluido del pozo intentará circular hacia la tubería, originando que el fluido salga a la superficie, mientras que el nivel del fluido en el anular decrece.

De este modo, las dos presiones quedarán equilibradas. Cuando hay diferencias en las presiones hidrostáticas, el fluido va a intentar alcanzar un punto de “equilibrio”. Este fenómeno se denomina efecto de tubo en “U” y ayuda a entender por qué suele haber flujo desde la tubería al realizar las conexiones.

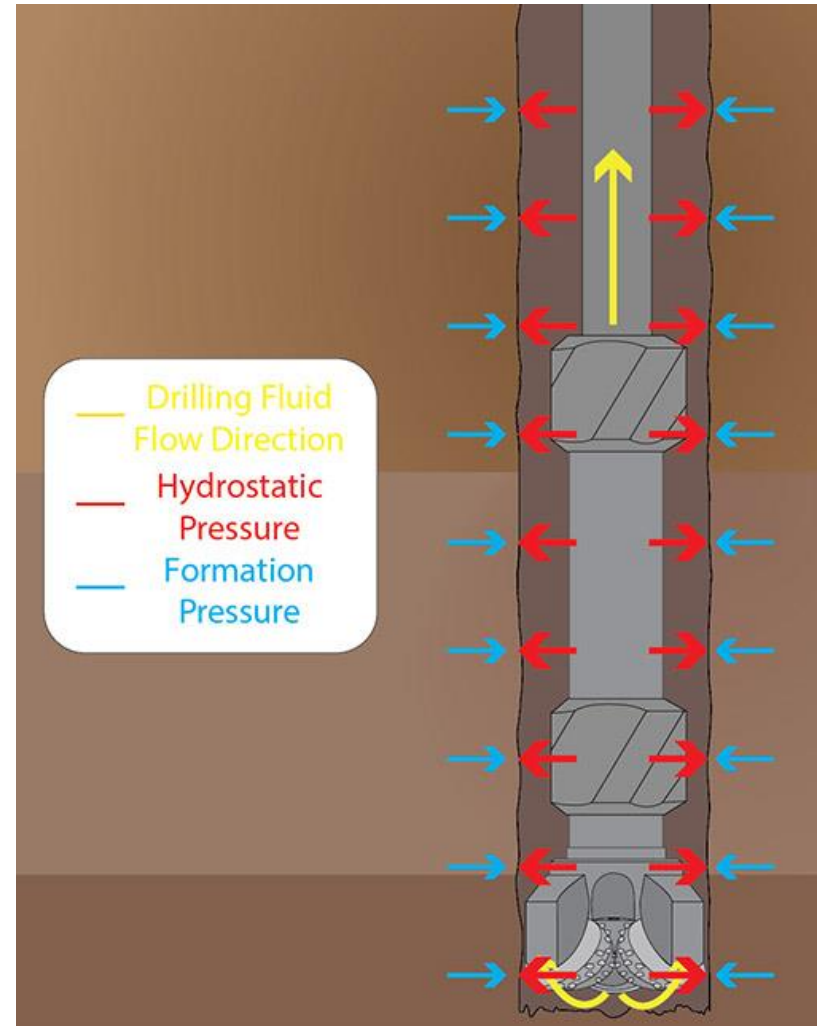
PRESIÓN DE FORMACIÓN



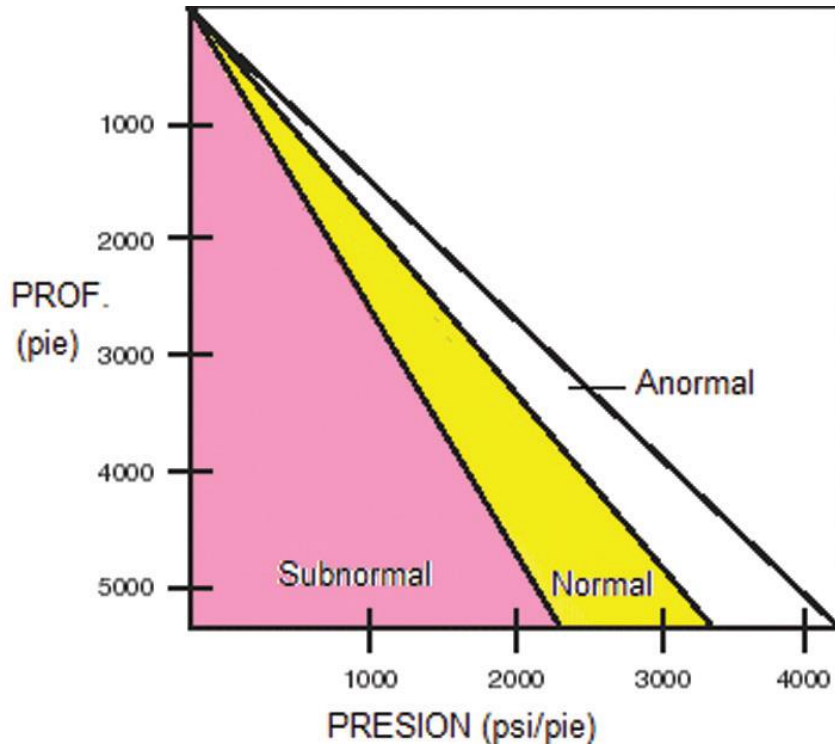
Perforación

La presión de formación es la ejercida por el contenido de líquido o gas en los espacios porales de la formación. Esa presión puede ser afectada por el peso de la sobrecarga (Fuerza lito-estática) por encima de la formación, que ejerce presión tanto sobre los fluidos porales como sobre los granos (matriz).

Los granos son el elemento sólido o “material rocoso” y los poros son los espacios entre los granos. Si los fluidos porales tienen libertad de movimiento y pueden librarse, los granos pierden parte de su soporte, y se conjuncionan entre ellos. Este proceso se denomina compactación. Las clasificaciones de la presión de formación se relacionan con la presión de los poros de la roca de la formación y la densidad del fluido nativo contenido en los espacios porales.



Formación Normal. Las formaciones con presión normal, ejercen una presión igual a la columna del fluido nativo de dicha formación hasta la superficie. El gradiente de presión de los fluidos nativos generalmente fluctúa de 0,433 psi/pie a 0.465 psi/pie.



Formación Anormal. Las formaciones con presión anormal ejercen una presión mayor que la presión hidrostática de los fluidos contenidos en la formación. La presión en los poros aumenta, generalmente excediendo 0.465 psi/pie. El resultado causado por un incremento de sobrecarga, hace que ésta sea soportada parcialmente por los fluidos porales más que por los granos de la roca.

Formación Subnormal. Las formaciones con presiones subnormales tienen gradientes menores que los del agua dulce, o menores que 0.433 psi/pie (0.0979 bar/m). Formaciones con presiones subnormales pueden ser desarrolladas cuando la sobrecarga ha sido erosionada, dejando la formación expuesta a la superficie.

Presión de sobrecarga

Es la presión ejercida por el peso combinado de la matriz de la roca y los fluidos contenidos en los espacios porosos de la misma (agua, hidrocarburos, etc.) sobre las formaciones subyacentes.

Gradiente de sobrecarga

El gradiente de sobrecarga es el cambio de presión por pie de profundidad causado por la combinación de peso de la roca (matriz), además del fluido o gas contenido en la misma.

$$Grad_{SC} = 0,052 * \rho_{SC}$$

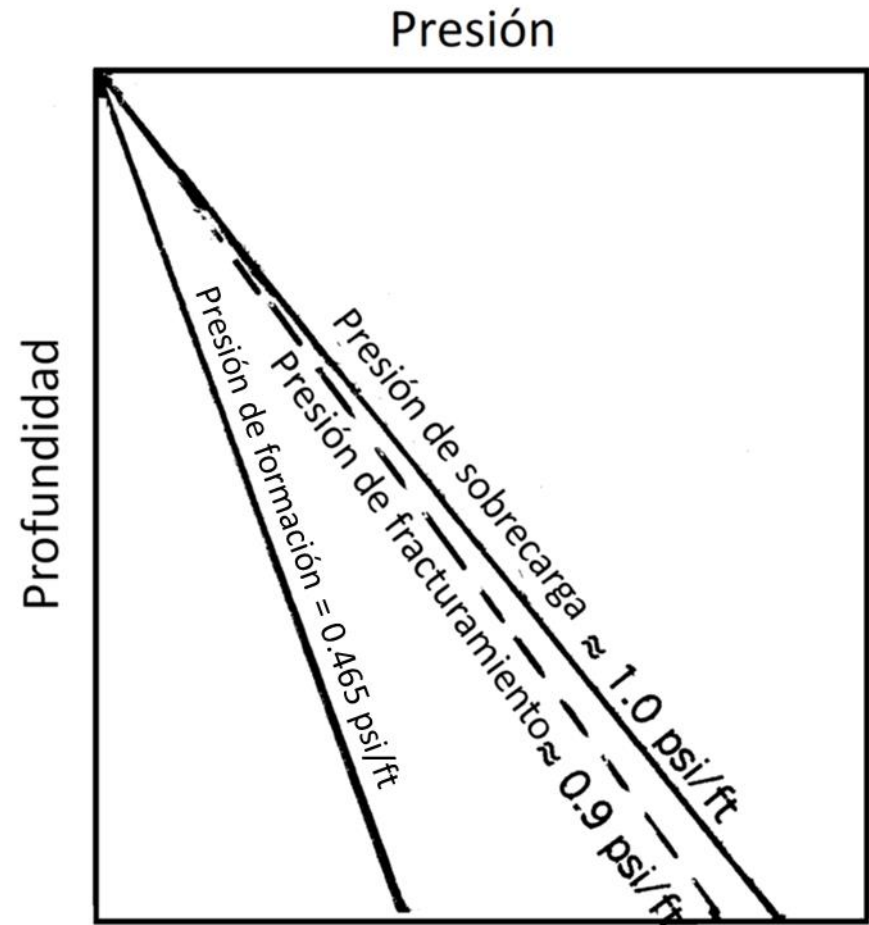
$$P_{SC} = Grad_{SC} * Prof (TVD)$$

Donde:

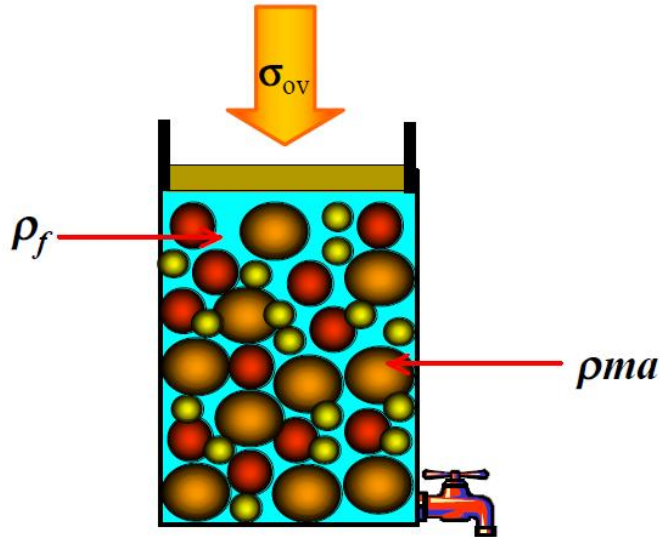
P_{SC} = Presión de sobrecarga (psi)

ρ_{SC} = Densidad de sobrecarga (ppg)

$Grad_{SC}$ = Gradiente de sobrecarga (psi/ft)



PRESIÓN DE SOBRECARGA



<u>Sustancia</u>	<u>Densidad (g/cc)</u>
Arenisca	2.65
Caliza	2.71
Dolomía	2.87
Anhidrita	2.98
Halita	2.03
Cal	2.35
Arcilla	2.7 - 2.8
Agua Potable	1.0
Agua de Mar	1.03 - 1.06
Aceite	0.6 - 0.7
Gas	0.015

$$\rho_{SC} = \rho_b = (1 - \emptyset) * \rho_{ma} + \emptyset * \rho_{fluido}$$

Donde:

ρ_{SC} = Densidad de sobrecarga (ppg)

ρ_b = Densidad total de la roca (ppg)

ρ_{ma} = Densidad de la matriz o granos (ppg)

ρ_{fluido} = Densidad del fluido presente en la roca (ppg)

\emptyset = Porosidad (%)

La diferencia entre la presión de formación y la presión hidrostática de fondo de pozo es la presión diferencial.

Sobre Balanceada

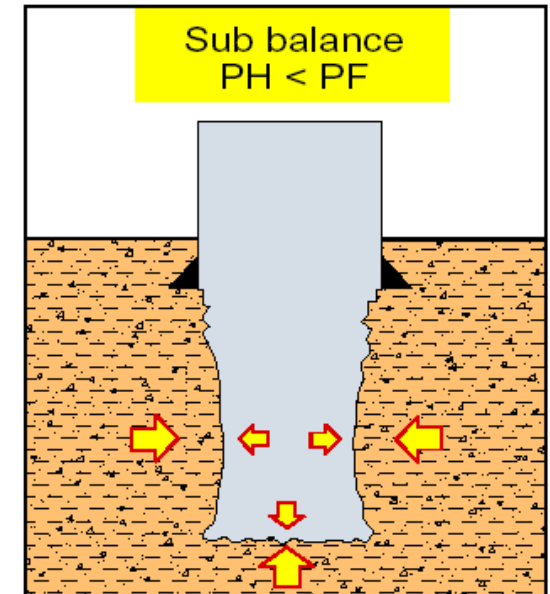
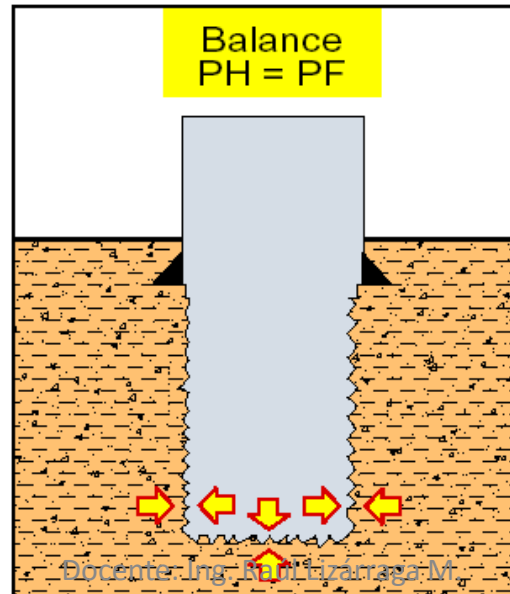
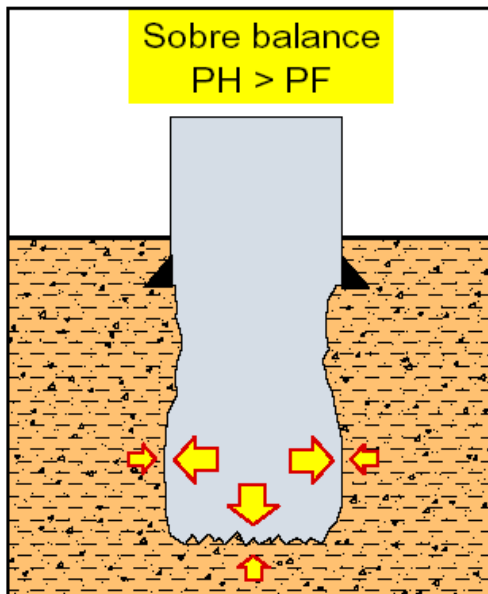
Esto significa que la presión hidrostática que se ejerce en el fondo de pozo, es mayor que la presión de la formación.

Balanceada

Esto significa que la presión hidrostática que se ejerce en el fondo de pozo es igual a la presión de la formación.

Sub-balanceada

Esto significa que la presión hidrostática que se ejerce en el fondo de pozo es menor que la presión de la formación.



PRESIÓN DE FORMACIÓN

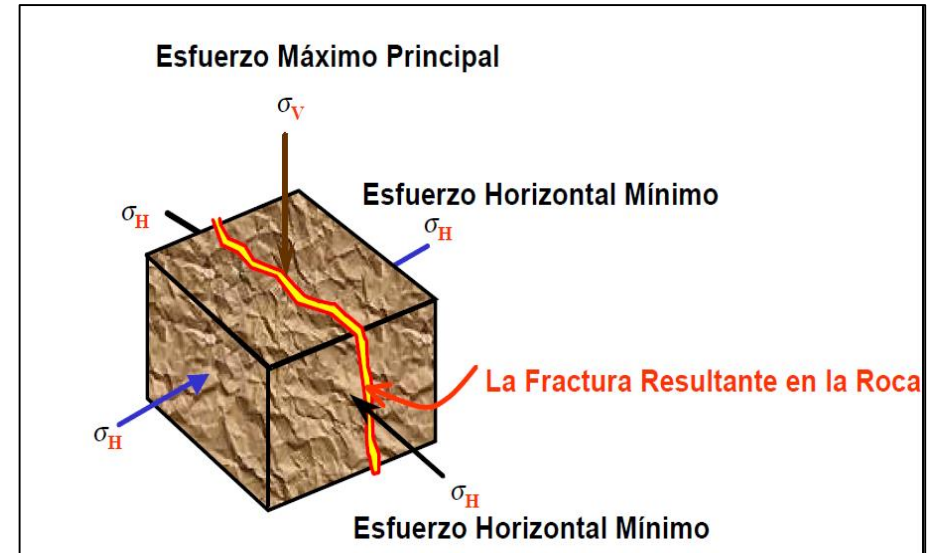


Perforación



La presión de fractura es la cantidad de presión que se necesita para deformar de modo permanente (fallar o agrietar) la estructura rocosa de la formación.

Superar la presión de la formación o la pérdida de un bajo caudal a la formación, no es suficiente para causar una fractura, si el fluido poral tiene libertad de movimiento. En cambio, si el fluido poral no puede desplazarse o acomodarse, si puede ocurrir una fractura o deformación permanente de la formación.



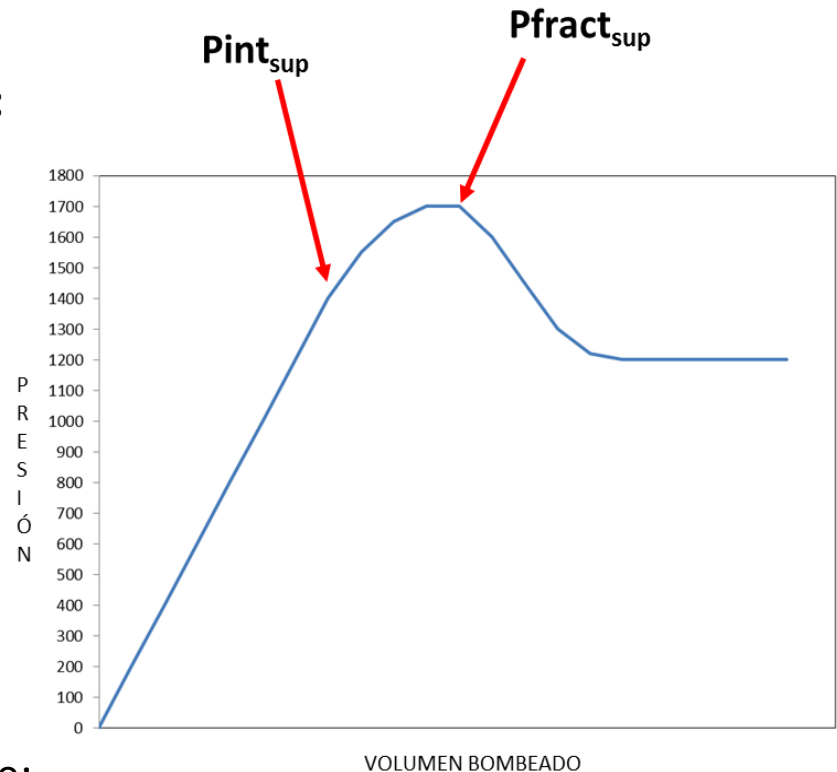
PRUEBAS DE RESISTENCIA DE LA FORMACIÓN:

- FIT → Formation Integrity Test → Presión de Integridad
- LOT → Leak Off Test → Presión de Fractura

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE LA FORMACIÓN:

Se realizan para:

- Investigar la resistencia del cemento alrededor de la zapata.
- Estimar el gradiente de fractura de la formación expuesta.
- Investigar la capacidad del agujero del pozo para soportar la presión por debajo de la zapata.
- Recolectar la información regional sobre la resistencia de la formación para optimizar el diseño en pozos futuros.



Donde:

$$P_{int} = P_H + P_{sup\ FIT}$$

$$P_{fract} = P_H + P_{sup\ LOT}$$

P_{int} = Presión de integridad de la formación (psi)

$P_{sup\ FIT}$ = Presión en superficie durante la prueba FIT (psi)

P_{fract} = Presión de fractura de la formación (psi)

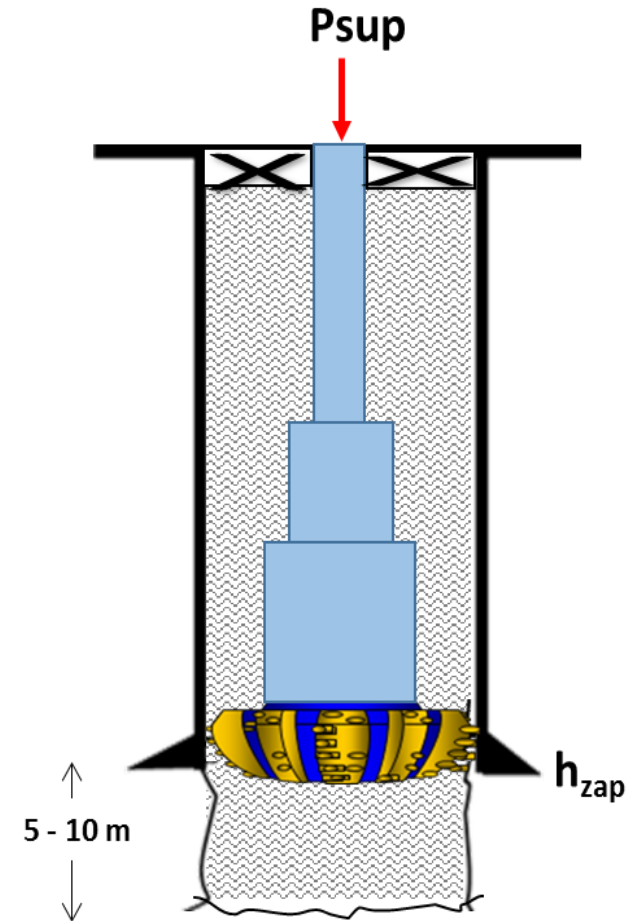
$P_{sup\ LOT}$ = Presión en superficie durante la prueba LOT (psi)

P_H = Presión Hidrostática del lodo de prueba (psi)

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE LA FORMACIÓN:

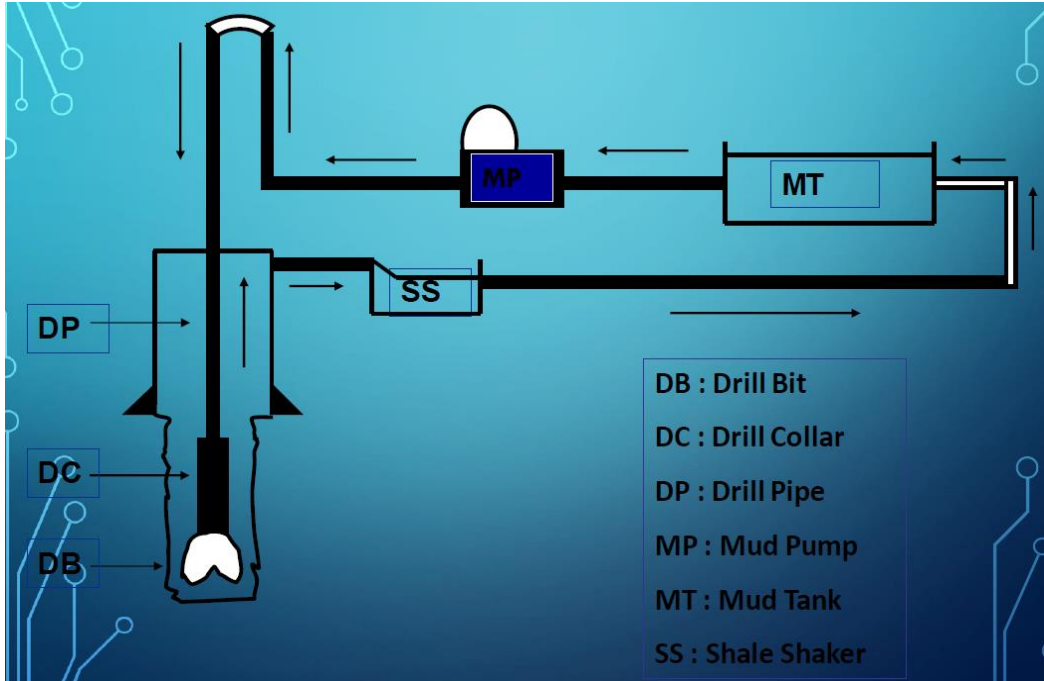
PROCEDIMIENTO:

- Perforar 5 a 10 metros por debajo de la zapata de revestimiento.
- Circular para homogenizar el lodo (Peso entrando = Peso saliendo).
- Levantar el trépano por encima de la zapata de revestimiento.
- Conectar la unidad de cementación a la sarta de perforación y al anular a través de la línea para matar el pozo.
- Probar con presión las líneas de la superficie.
- Cerrar el conjunto de preventores instalado.
- Comenzar a bombear a bajo caudal reducido de 1/4 BPM.
- Mientras se bombea, observe el aumento de presión hasta que se desvíe de la tendencia lineal en la gráfica de Presión Vs. Volumen bombeado.
- Pare inmediatamente la bomba y observe la presión final de inyección.
- Registre las presiones y los Bbls bombeados.
- Descargue la presión a cero y mida el volumen que retorna.



PRESIÓN DE FRACTURA





Fricción es, la resistencia al movimiento. Para superar la fricción y mover cualquier objeto es necesario aplicar fuerza o presión. La cantidad de fricción presente, y la cantidad de fricción que se debe superar dependen de muchos factores, tales como: densidad o peso, tipo y rugosidad de las dos superficies en contacto, área de superficie, propiedades térmicas y eléctricas de las superficies, y la dirección y velocidad de los objetos.

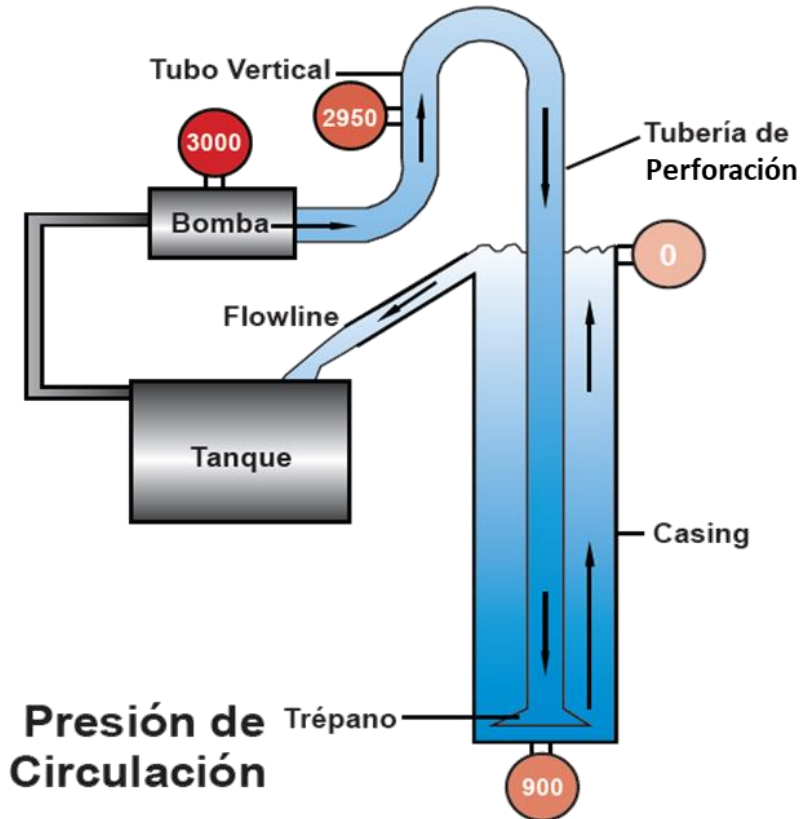
La cantidad de fuerza que se utiliza para superar la fricción se denomina pérdida por fricción. Se pueden perder miles de psi de presión en el sistema de circulación de los pozos mientras se bombea fluido por las líneas de superficie, hacia abajo por la columna, y hacia arriba por el espacio anular. La presión de bombeo es, en realidad, la cantidad de fricción a superar para mover fluido por el pozo a un determinado caudal.

Cuando se está circulando el pozo, se aumenta la presión de fondo de acuerdo a la fricción que se está superando en el espacio anular. Cuando las bombas están paradas, se reduce la presión del pozo, porque no se está superando ninguna fuerza de fricción.



CIRCUITO DEL LODO





$$P_B = \sum \Delta P_{fricción}$$

$$P_B = \Delta P_{f_{con\ sup}} + \Delta P_{f_{int\ hta}} + \Delta P_{f_{bit}} + \Delta P_{f_{EA}}$$

$\Delta P_{f_{con\ sup}}$ = Pérdida de Presión por fricción en conexiones superficiales.

$\Delta P_{f_{int\ hta}}$ = Pérdida de Presión por fricción en el interior de la herramienta.

$\Delta P_{f_{bit}}$ = Pérdida de Presión por fricción en el trépano.

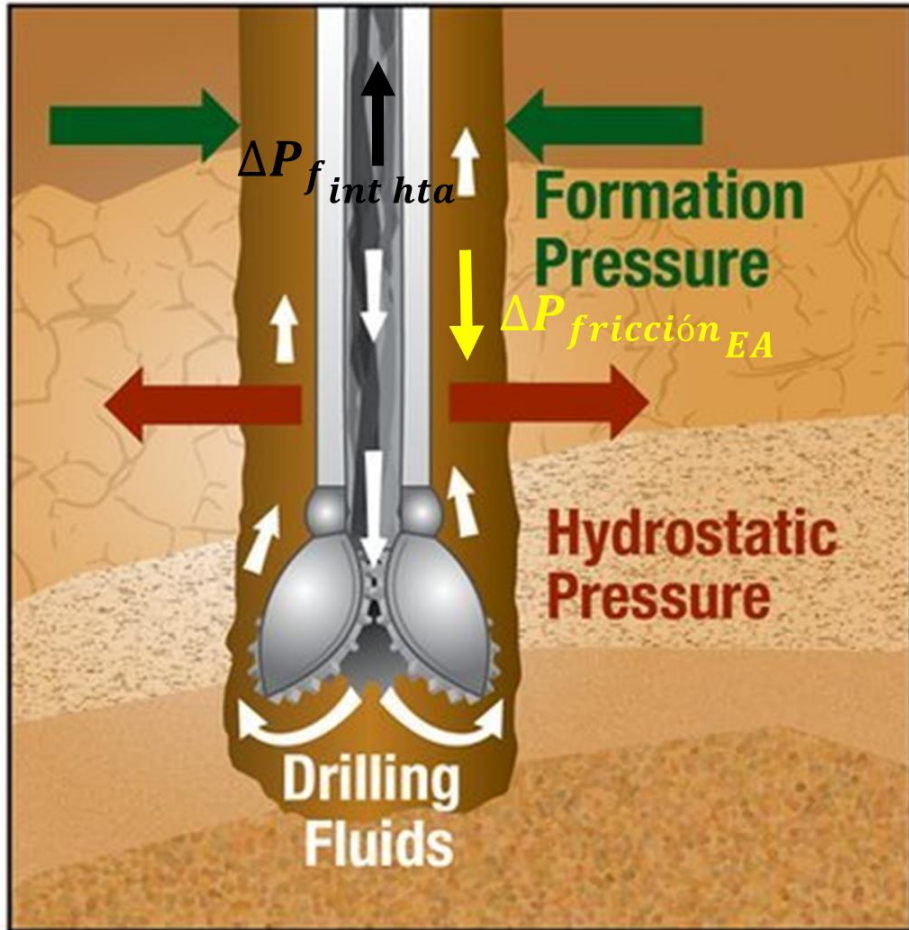
$\Delta P_{f_{EA}}$ = Pérdida de Presión por fricción en el Espacio anular.

P_B = Presión de bomba.

$$SPP = P_B - \Delta P_{f_{con\ sup}}$$

SPP = Stand Pipe Pressure

PRESIÓN DE FONDO DE POZO



Las paredes del pozo están sujetas a presión. La presión hidrostática de la columna de fluido constituye la mayor parte de la presión, pero la que se requiere para hacer subir fluido por el espacio anular también incide en las paredes del pozo.

Pozo estático

Si no hay fluido en movimiento, el pozo está estático. La presión de fondo de pozo

$$P_{fondo} = PH$$

Pozo en Circulación

Durante la circulación, la presión de fondo de pozo es igual a la presión hidrostática en el lado anular, más la pérdida de presión por fricción en el espacio anular.

\downarrow
 PH

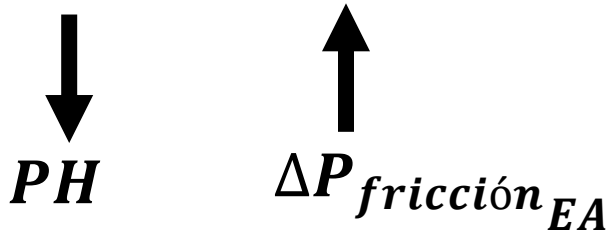
\downarrow
 $\Delta P_{fricción_{EA}}$

$$P_{fondo} = PH + \Delta P_{f_{EA}}$$

La presión total que actúa en un pozo se ve afectada cada vez que se saca o se baja tubería al pozo (maniobra, viaje, trip).

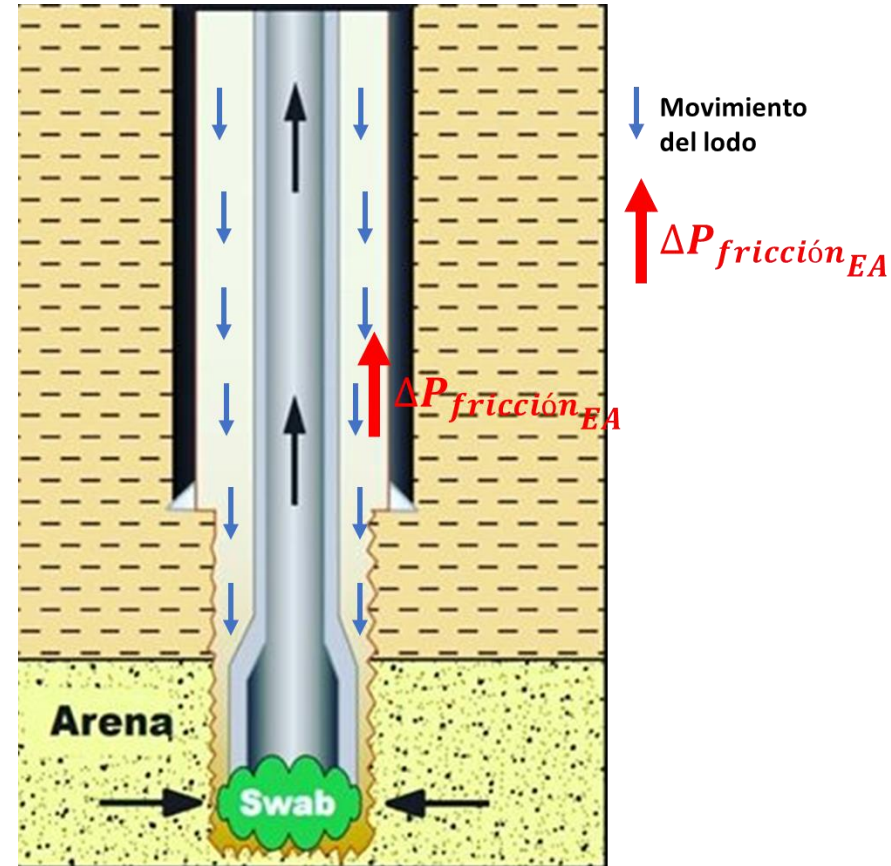
PRESIÓN DE PISTONEO

Al sacar la herramienta se crea una “presión de pistoneo” (suabeo), la cual reduce la presión en el pozo. Este efecto ocurre porque el fluido del pozo no puede bajar con la misma velocidad con que las tuberías están subiendo. Esto crea una “fuerza de succión” y reduce la presión por debajo de la columna.

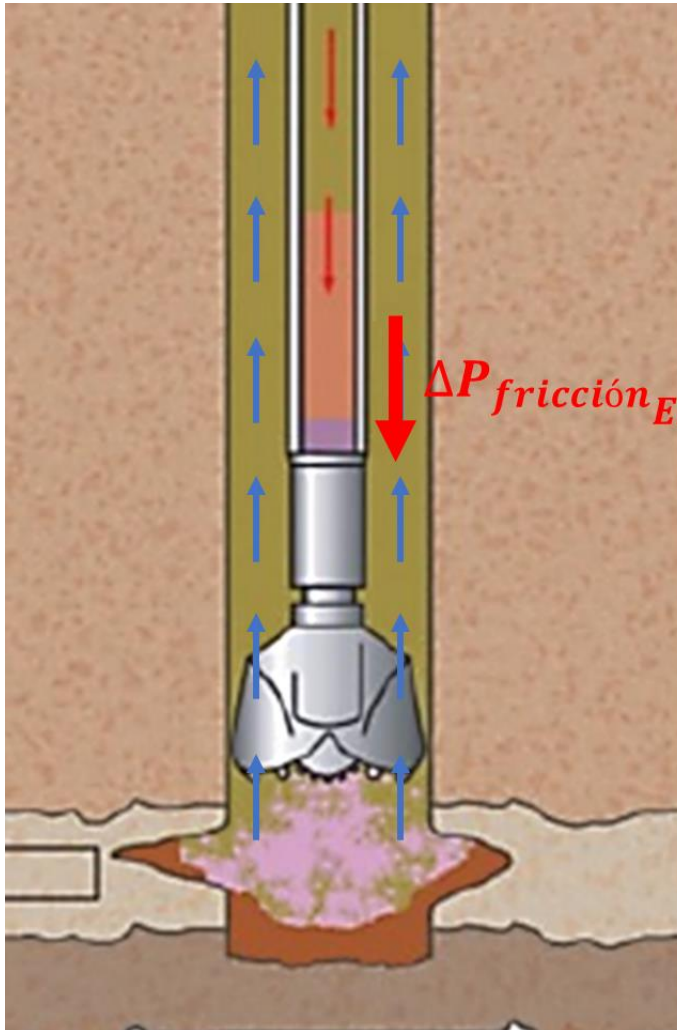


$$P_{swab} = PH - \Delta P_{f_{EA}}$$

Si $P_{swab} < P_{form} \rightarrow$ Amago de descontrol



PRESIÓN DE COMPRESIÓN (SURGE) Y DE PISTONEO (SWAB)



↓ Movimiento del lodo
↓ $\Delta P_{fricción_{EA}}$

PRESIÓN DE COMPRESIÓN

Cuando se baja la tubería muy rápido, el fluido no tiene tiempo de “despejar el camino” e intenta comprimirse. Las presiones del fondo pueden llegar a alcanzar a veces el punto de pérdida o fractura de la formación.

$$P_{surge} = P_H + \Delta P_{fricción_{EA}}$$

$$Si P_{surge} > P_{int}$$

$$Si P_{surge} > P_{fract}$$

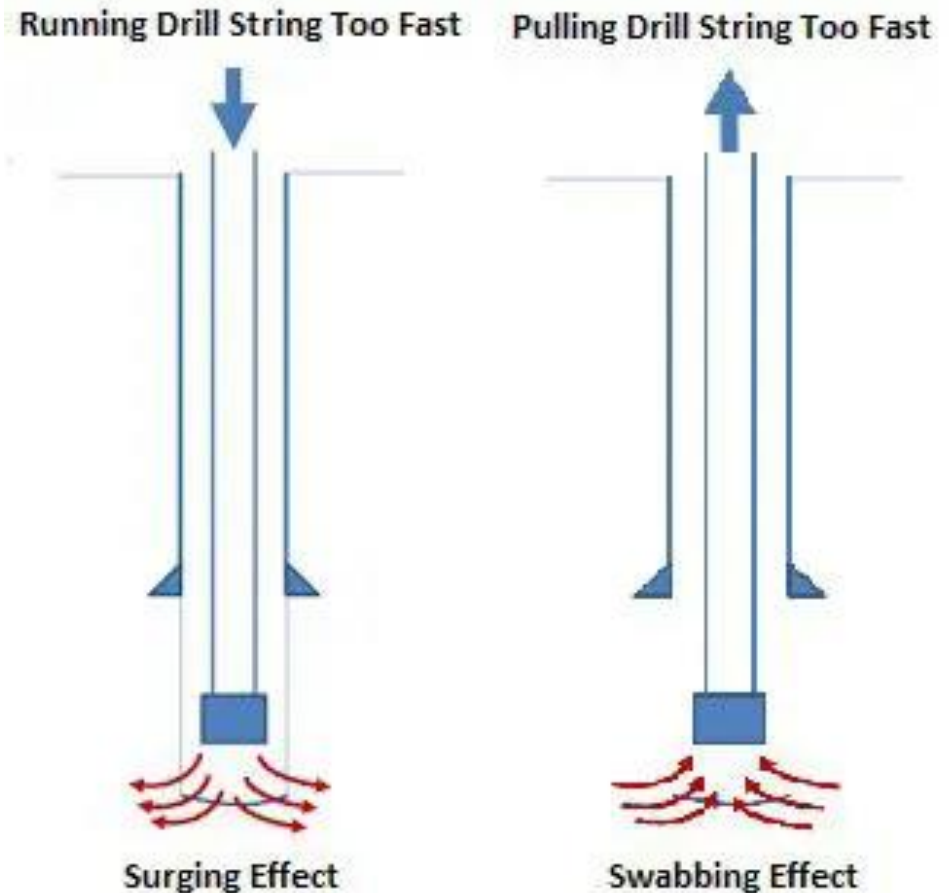
} Pérdida de Circulación

PRESIÓN DE COMPRESIÓN (SURGE) Y DE PISTONEO (SWAB)



La presión de pistoneo (suabeo) y la de compresión son afectadas por las siguientes variables:

1. Velocidad de movimiento de la tubería.
2. Espacio anular entre el pozo y tubería.
3. Propiedades del lodo.
4. Complicaciones que restringen el espacio anular entre el pozo y la tubería.



FLASH RECORDATORIO

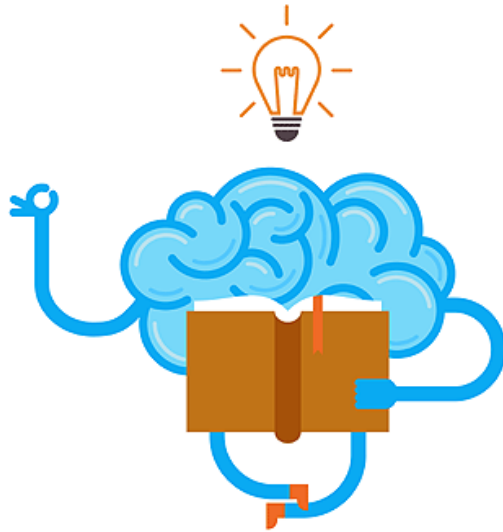


Perforación

- *En el pozo se conocen dos presiones principales de oposición; una es la presión hidrostática (PH) de la columna de lodo, y la otra es la presión de la formación. Si se permite que una supere a la otra, puede ocurrir un influjo (surgencia, amago, fluencia) o suscitar pérdida de circulación.*
- *La presión hidrostática es una función de la densidad de lodo, por lo tanto debe ser monitoreada constantemente. Realizando cálculos óptimos y manejando de manera adecuada la ecuación de la presión hidrostática, va ser posible hacer pruebas de cementación, estimar la presión de integridad, programar densidades máximas de lodo y controlar incidentes de descontrol.*
- *Influjos y descontrolos serán prevenidos por personal habilitado para trabajar rápida y decididamente bajo condiciones de stress. Es muy importante el entendimiento de los conceptos de presión y la habilidad de realizar cálculos precisos para solventar y prevenir descontrolos.*



¡¡¡MIDAMOS LO
APRENDIDO!!!



<https://yayforms.link/8BBvgWO>