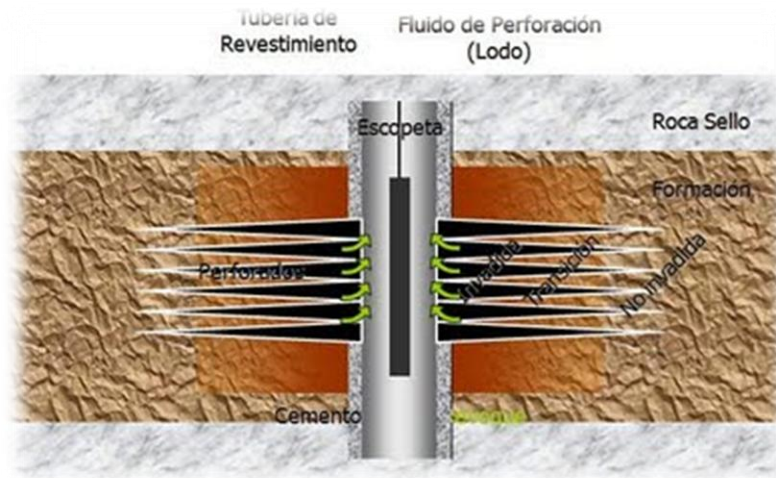




# DAÑO DE FORMACIÓN Y CAÑONEO

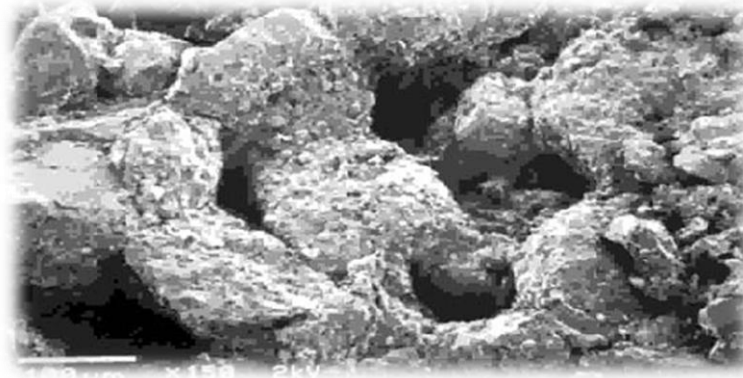


Ing. Mario Arrieta

# DAÑO DE FORMACIÓN

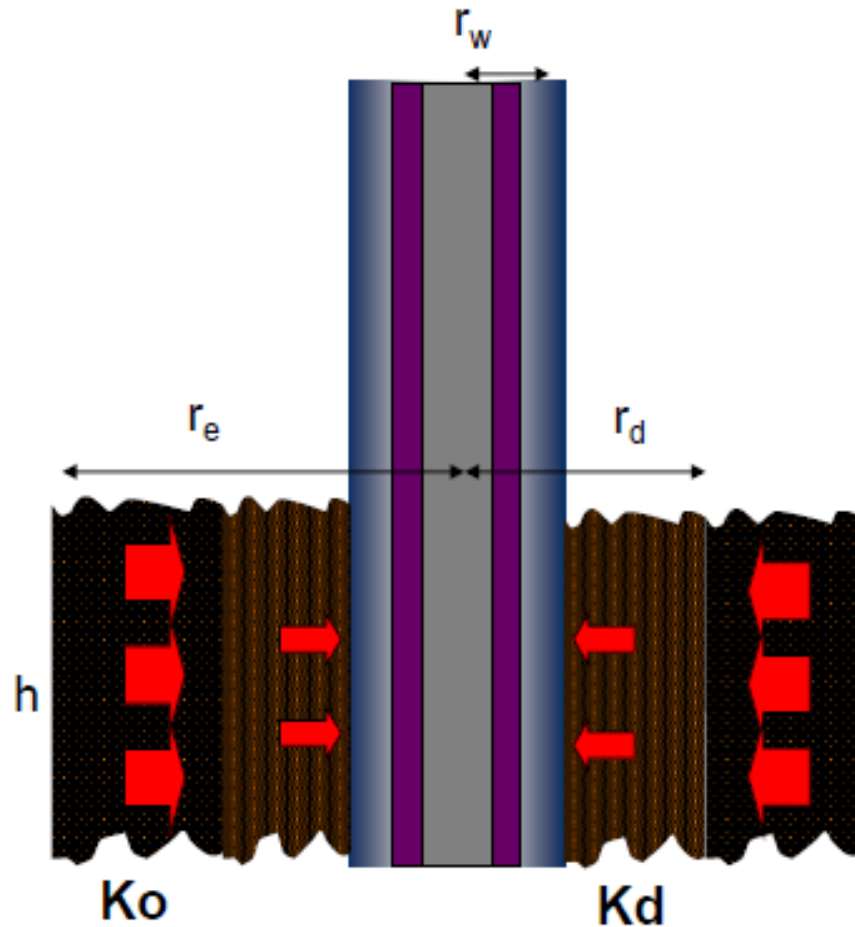
# **Daño a la Formación**

**Es la reducción de la capacidad original de flujo de un pozo debido a la disminución de la permeabilidad relativa a los hidrocarburos en el yacimiento.**



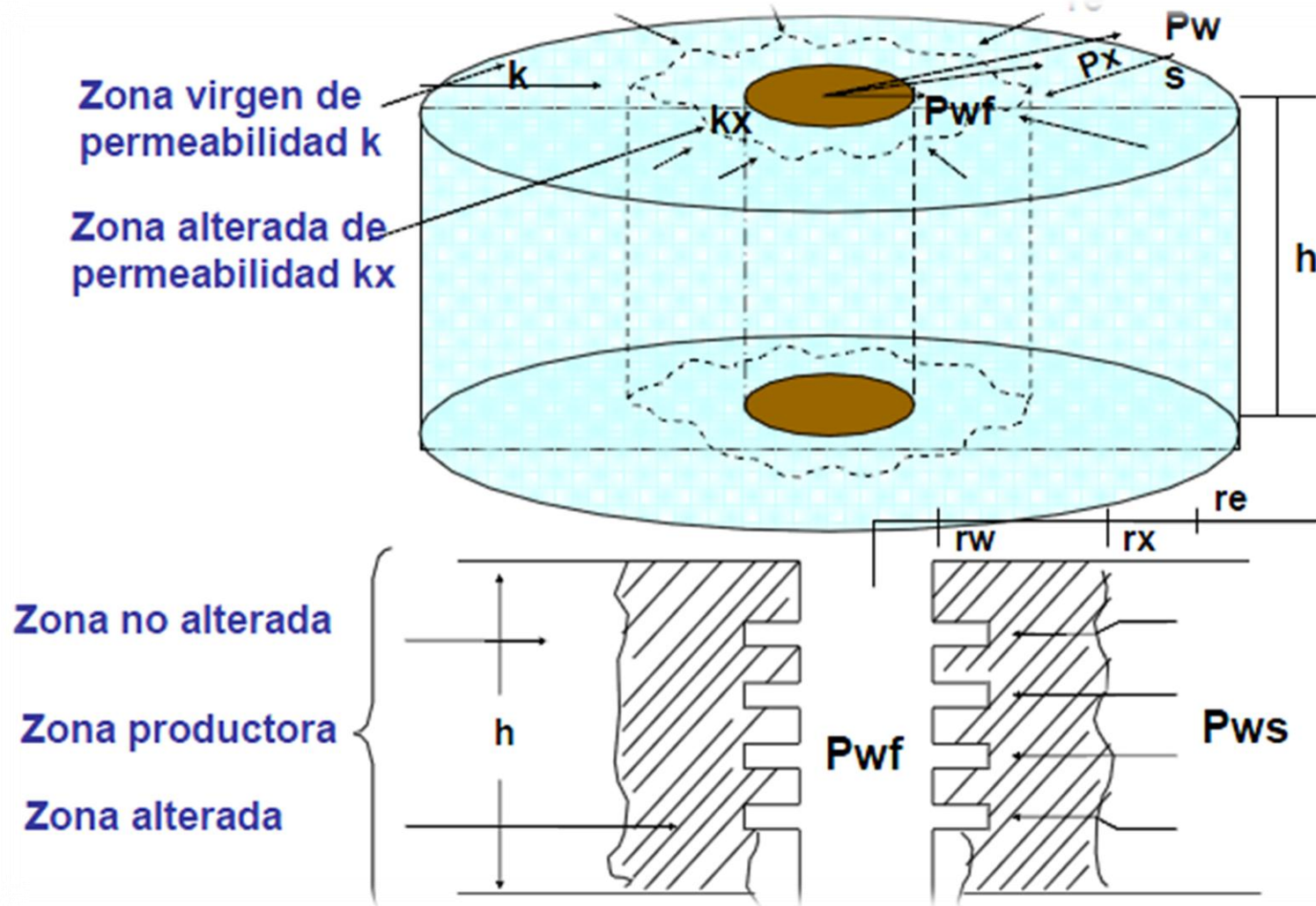
**Cualquier restricción al flujo de fluidos que distorsiona las líneas de flujo desde el yacimiento hacía el pozo. Disminuye significativamente la productividad del pozo y ocasiona una caída de presión adicional en las cercanías del mismo.**

# Daño a la Formación



- Cualquier restricción al flujo de fluidos o cualquier fenómeno que distorsiona las líneas de flujo de los fluidos
- Influye significativamente en la productividad
- Ocasiona una caída de presión adicional en el flujo de los fluidos

# Sistema de flujo radial



# Origen del Daño a la Formación

***Invasión de sólidos de perforación:*** las partículas materiales contenidas en los fluidos de perforación son potencialmente peligrosas desde el punto de vista del daño de formación. Arcillas, cutting, agentes densificantes y viscosificantes, agentes minimizadores de pérdidas de circulación, cuando estos son forzados hacia la formación productiva pueden agresivamente disminuir la porosidad y permeabilidad de la roca reservorio.

***Invasión de los fluidos de perforación:*** es el principal motivo de daño de formación, tiene que ver con la **infiltración del lodo de perforación**, de **sólidos del cutting** y el **revoque en la formación**.

# Origen del Daño a la Formación

***Daño de cementación:*** para la cementación es necesaria la remoción del revoque, para lo cual se utiliza algún dispositivo como los caños lavadores o colchones, todos estos deben trabajar con flujo a regímenes turbulentos.

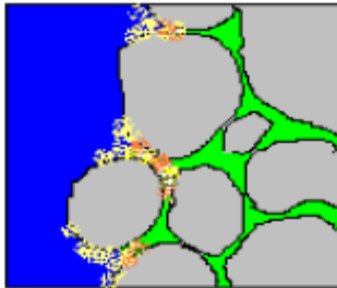
La duración del trabajo de cementación es bastante corto comparado con el de la perforación. La invasión de los fluidos del lavado es insignificante respecto a la invasión de los fluidos de perforación, pero esto no quiere decir que pueda despreciarse, una falta en el control de los fluidos puede ocasionar un mal cálculo en el volumen de cemento.

# Origen del Daño a la Formación

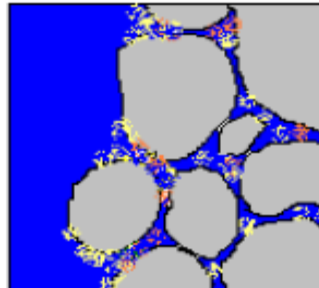
## Perforación

Invasión de sólidos, filtrado o lodo total por:  
revoque ineficiente, ausencia del mismo y  
sobrealances mayores a 300 psi

Sello Eficiente



Invasión total  
de lodo



Invasión de  
base líquida

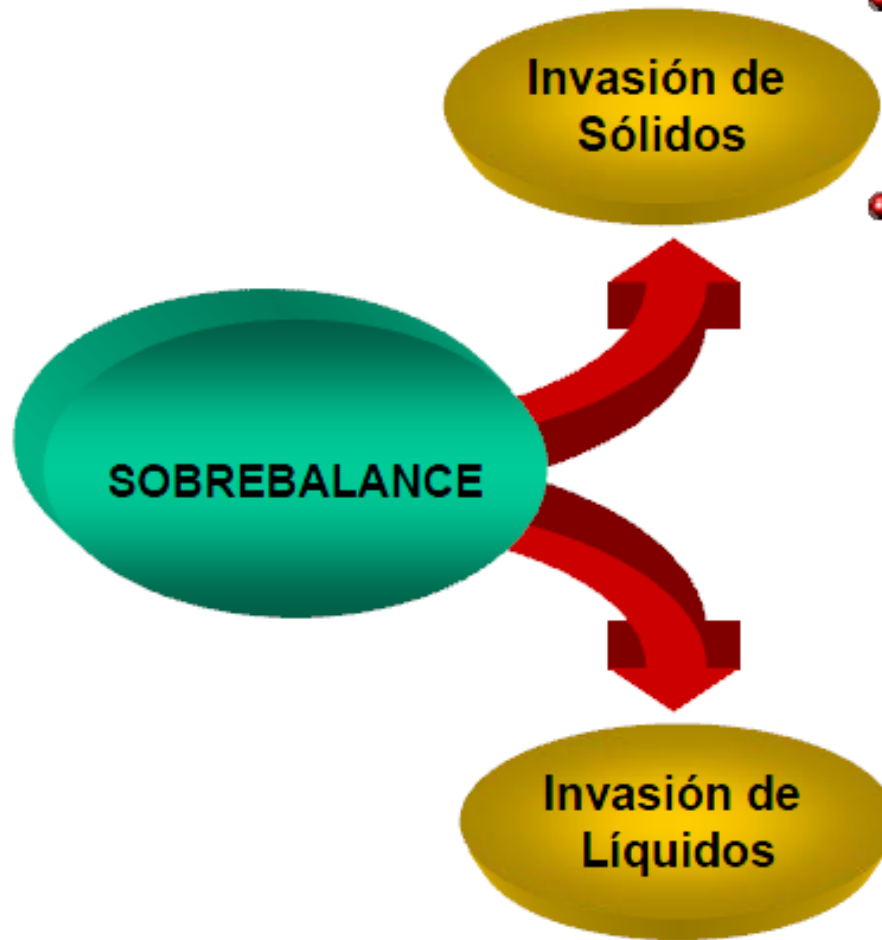


## Cementación

Invasión de lavadores y espaciadores  
Invasión de filtrado de cemento



# Daño a la Formación



- Taponamiento de gargantas de poros por formación de revoques internos.
- Incremento de presión capilar al reducir el radio de los poros.

- Cambio de Mojabilidad
- Bloqueo por emulsiones
- Bloqueo por agua
- Hinchamiento de arcillas
- Migración de finos

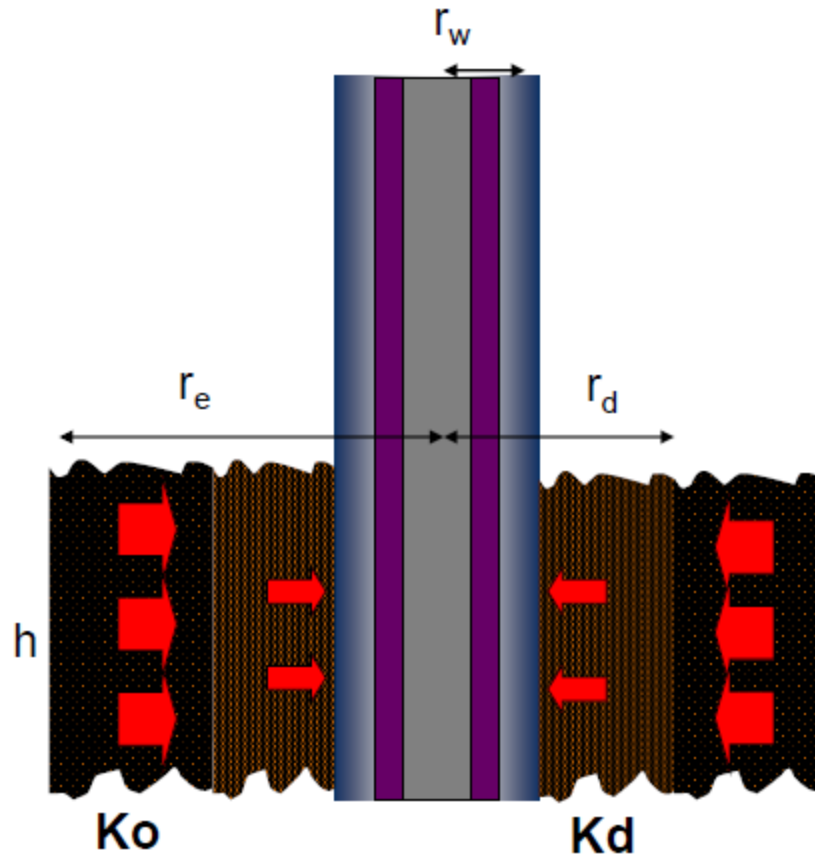
# Indicadores de Daño

## Indice de productividad

$$J = Q / \Delta P$$

Q : tasa de producción (volumen/tiempo)

$\Delta P$  : caída de presión en la cara del pozo

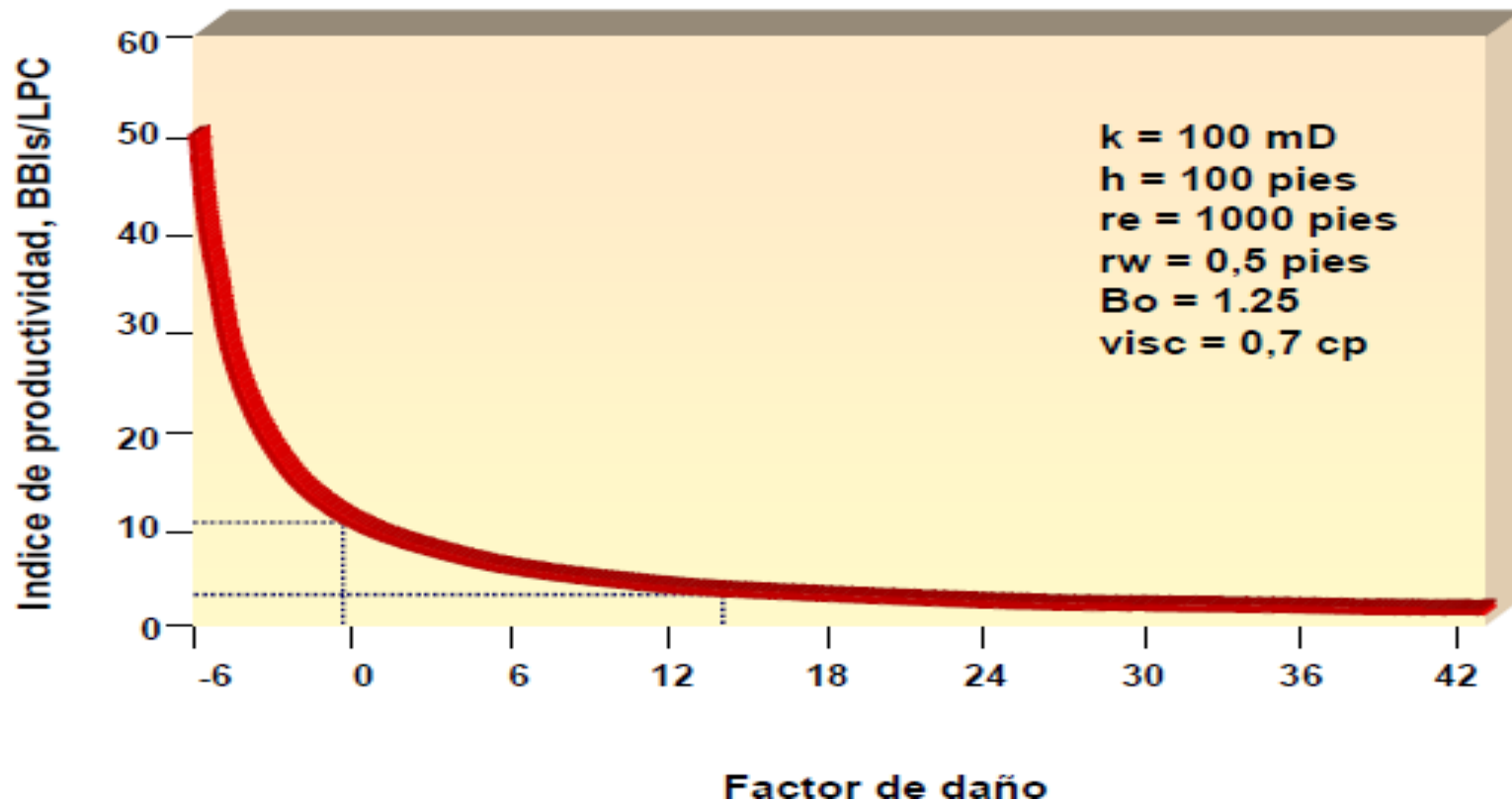


$$Q = \frac{0.00707Kh (P_E - P_w)}{\mu B_o \left[ \ln \frac{r_e}{r_w} + S \right]}$$

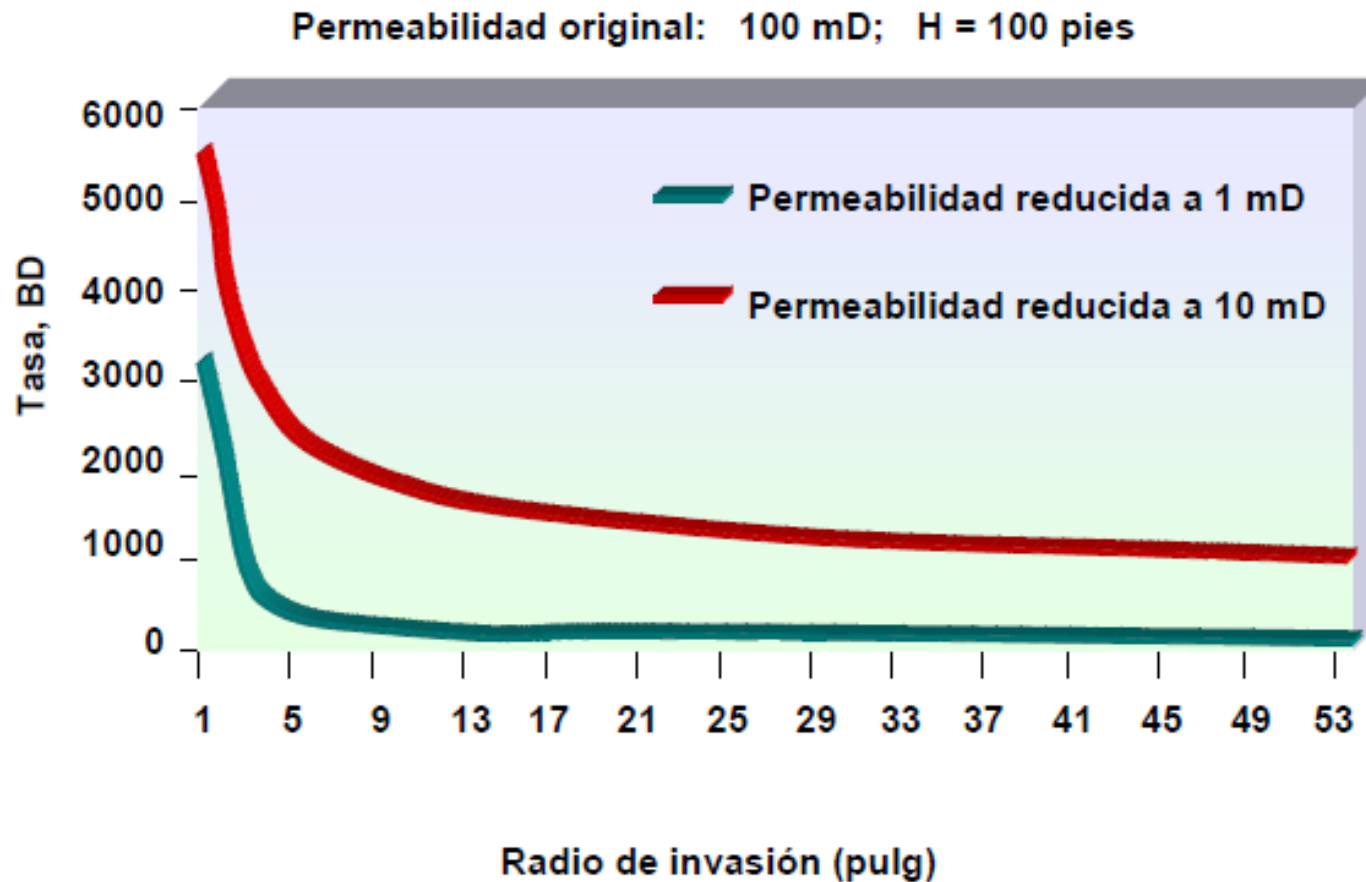
$$S = \left( \frac{K_o}{K_d} - 1 \right) \ln \frac{r_d}{r_w}$$

$$S = S_d + S_{c+\theta} + S_p + \sum S_{\text{pseudo}}$$

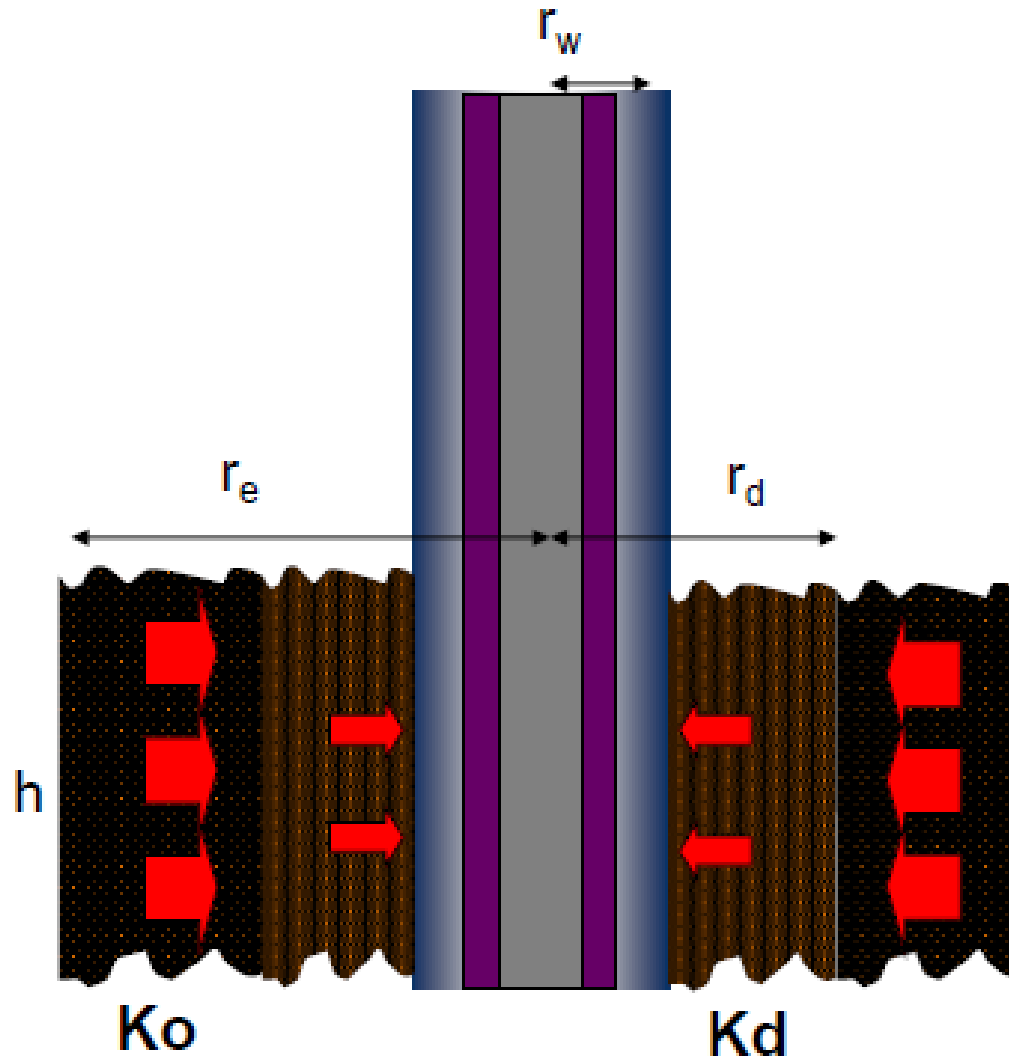
# Factor de Daño en el Índice de Productividad (IP)C



# Influencia tamaño zona con daño en la Producción



# Radio de Invasión

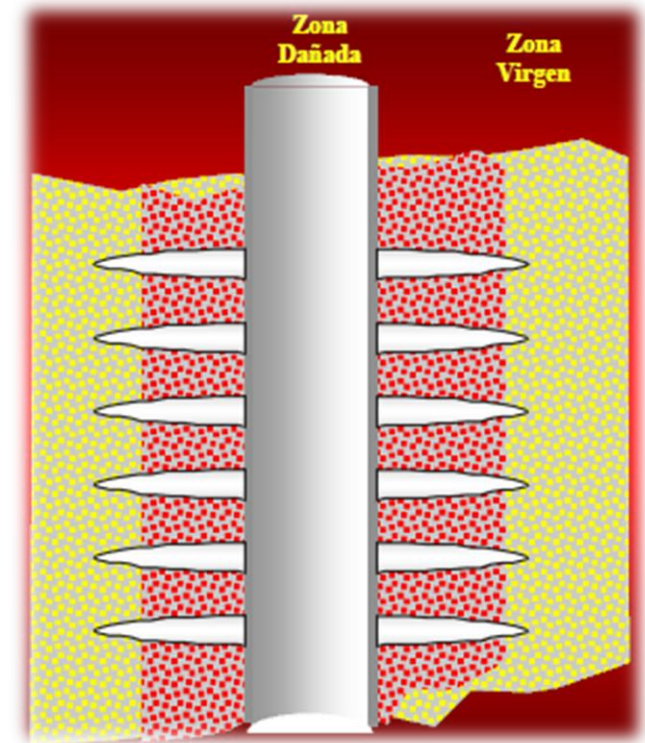


**CAÑONEO DE POZOS**

# Definición de Cañoneo de Pozos

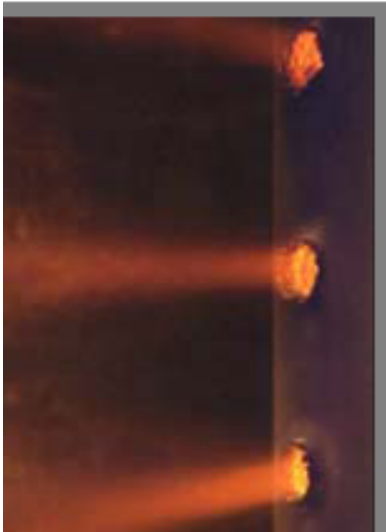
Es el proceso mediante el cual se crean orificios en el revestidor mediante disparos que pasan a través de la capa de cemento y se extienden dentro de la formación para establecer una comunicación efectiva entre la zona productora y el pozo.

Estas perforaciones deben ser limpias, de tamaño y profundidad uniformes y no deben dañar el revestidor y la adherencia de cemento.



# Objetivo de Cañoneo de Pozos

El Objetivo del cañoneo, es establecer una comunicación efectiva entre el yacimiento y el interior del pozo a través de orificios creados en el revestidor, cemento y la formación.

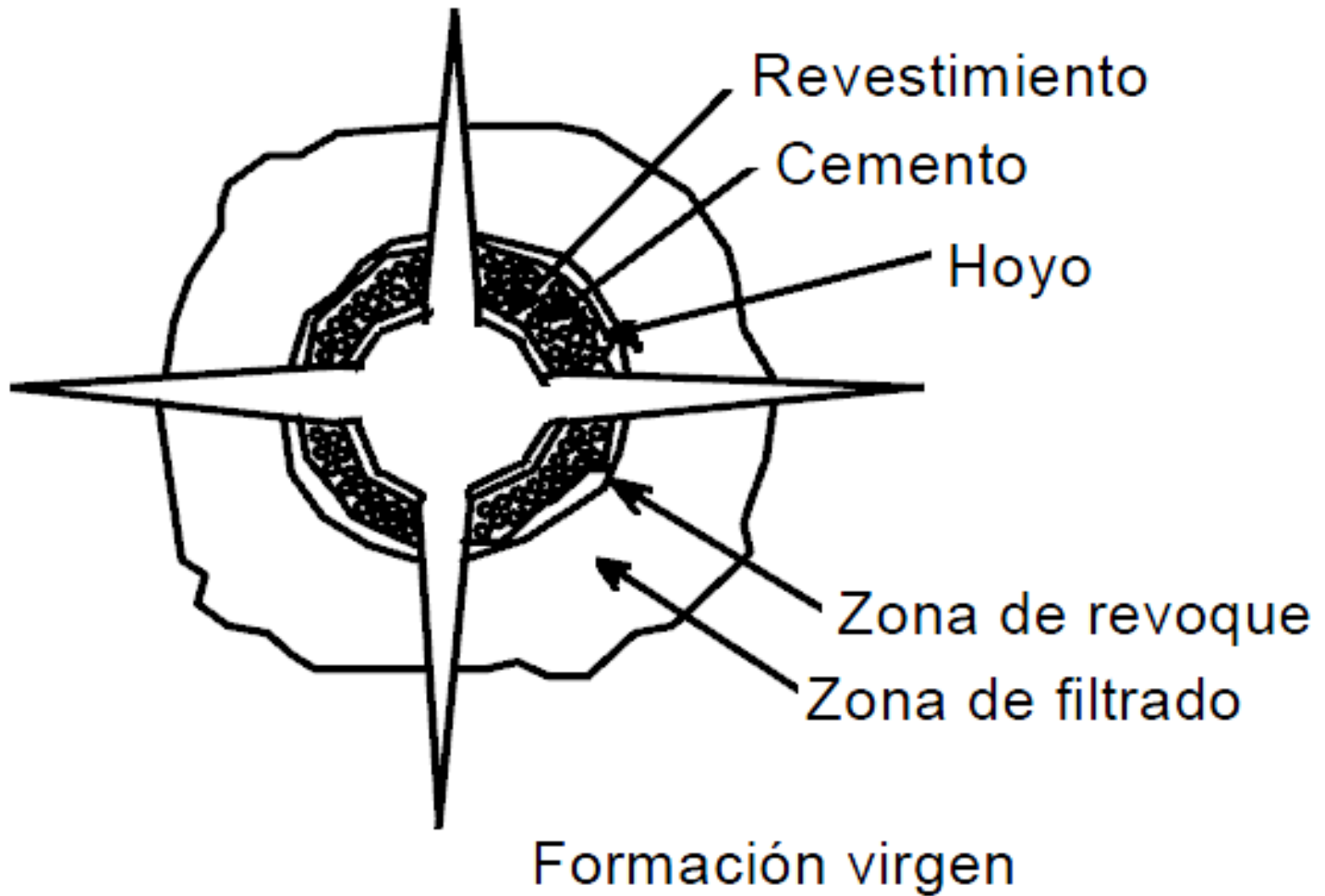


El cañoneo permite:

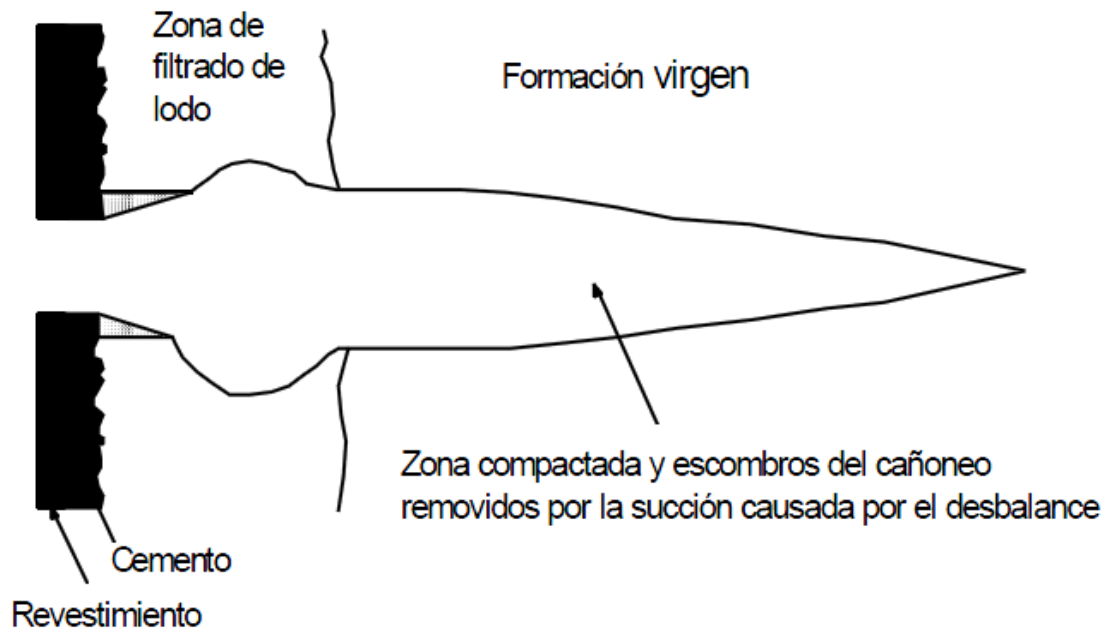
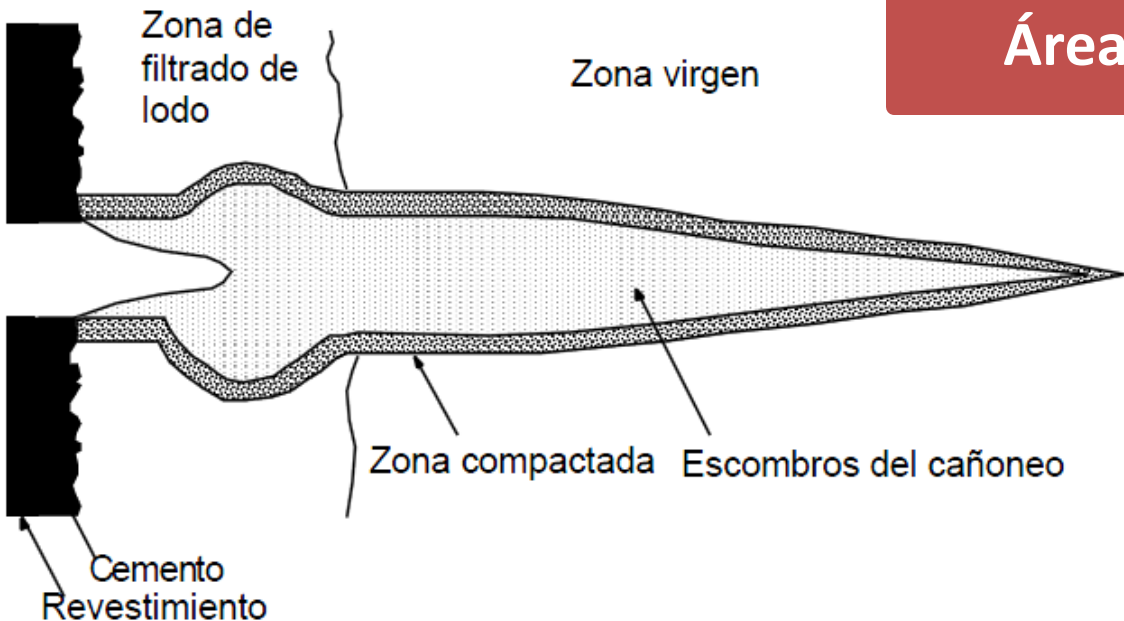
- Evaluar zonas productoras.
- Mejorar la producción por inyección.
- Efectuar trabajos de cementación.



# Áreas de alcance del Cañoneo



# Áreas de alcance del Cañoneo

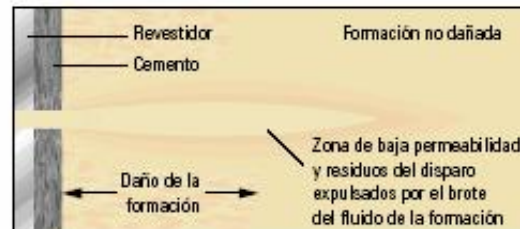


# Factores a considerar

- Lograr una comunicación efectiva desde el interior del pozo hacia la zona virgen
- Obtener la máxima tasa de flujo con el menor número de perforaciones.
- Evitar la excesiva producción de arena, que obligue más tarde a trabajos de reacondicionamiento.
- Lograr una profundidad uniforme en las perforaciones
- Minimizar el daño producido por las cargas sobre el revestimiento, el cemento y la formación.



Disparo balanceado



Disparo con presión inversa de 3000 lpc



# Tipos de Cañoneos de Pozos



Los mas usados son:

- Tipo Balas
- Tipo Chorro
- Tipo Hidráulico

# Cañoneo con Balas

- En este método, las balas son disparadas hacia el revestidor atravesando el cemento hasta llegar a la formación.
- El desempeño disminuye sustancialmente al incrementar la dureza de la formación, del revestidor y cementos de alta consistencia.
- Es poco utilizado en la actualidad, pero continua aplicandose en formaciones blandas o formaciones resquebrajadas.

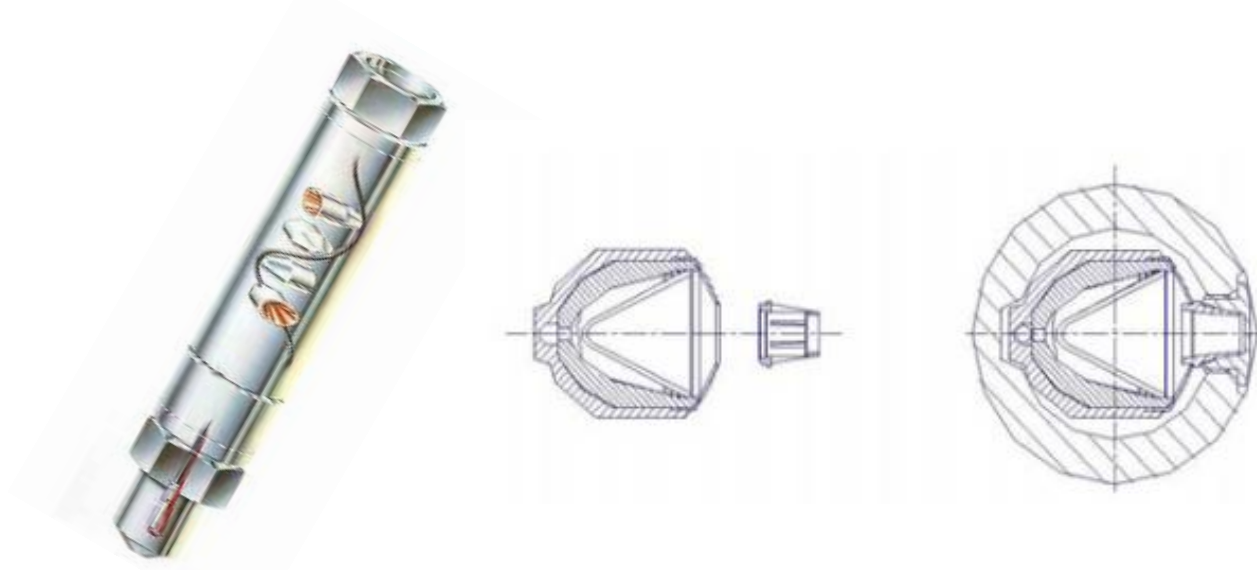


# Cañoneo con Chorros de Agua a Alta Presión (Hidráulico)

- Utiliza altas presiones de fluido (algunas veces con arena) para abrir agujeros a través del revestidor, cemento y formación.
- Los fluidos son bombeados a través de la tubería, con un arreglo de orificios direccionados hacia la pared del revestidor.
- La tubería es manejada para realizar agujeros, canales e inclusive cortes completos circunferenciales del revestidor.
- **El chorro presurizado lanzado hacia la formación, deja túneles limpios con muy poco daño.**
- **Los agujeros son creados uno a la vez.**
- **Tiene la desventaja de ser un sistema lento y muy costoso.**

# Cañoneo Cargas moldeadas Tipo Chorro

- Involucra el uso de explosivos de alta potencia y cargas moldeadas con una cubierta metálica.
- Es la técnica de cañoneo mas utilizada en la actualidad, más del 95% de las operaciones de cañoneo utiliza este método.
- Es un sistema muy versátil.
  - Las cargas son seleccionadas para los diferentes tipos de formación.
  - Los cañones pueden ser bajados simultáneamente dentro del pozo, utilizando guayas eléctricas, guaya mecánica, tubería de producción o tubería flexible (Coiled tubing).



# Los Explosivos



- La eficiencia de las cargas utilizadas en las operaciones de cañoneo dependen de los explosivos.
- Los explosivos suplen la energía necesaria para realizar una penetración efectiva en el revestidor, cemento y formación.
- Los explosivos actúan rápidamente, producen una explosión caracterizada por la producción de una onda de alta velocidad.



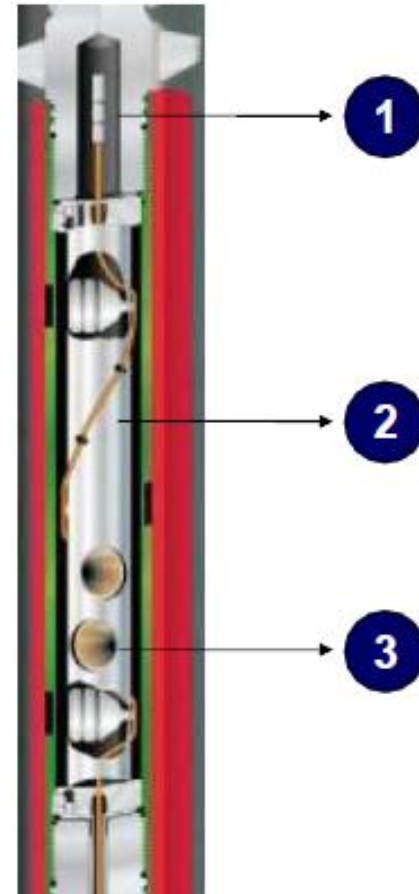
## LOS EXPLOSIVOS

### Tren de Explosivos

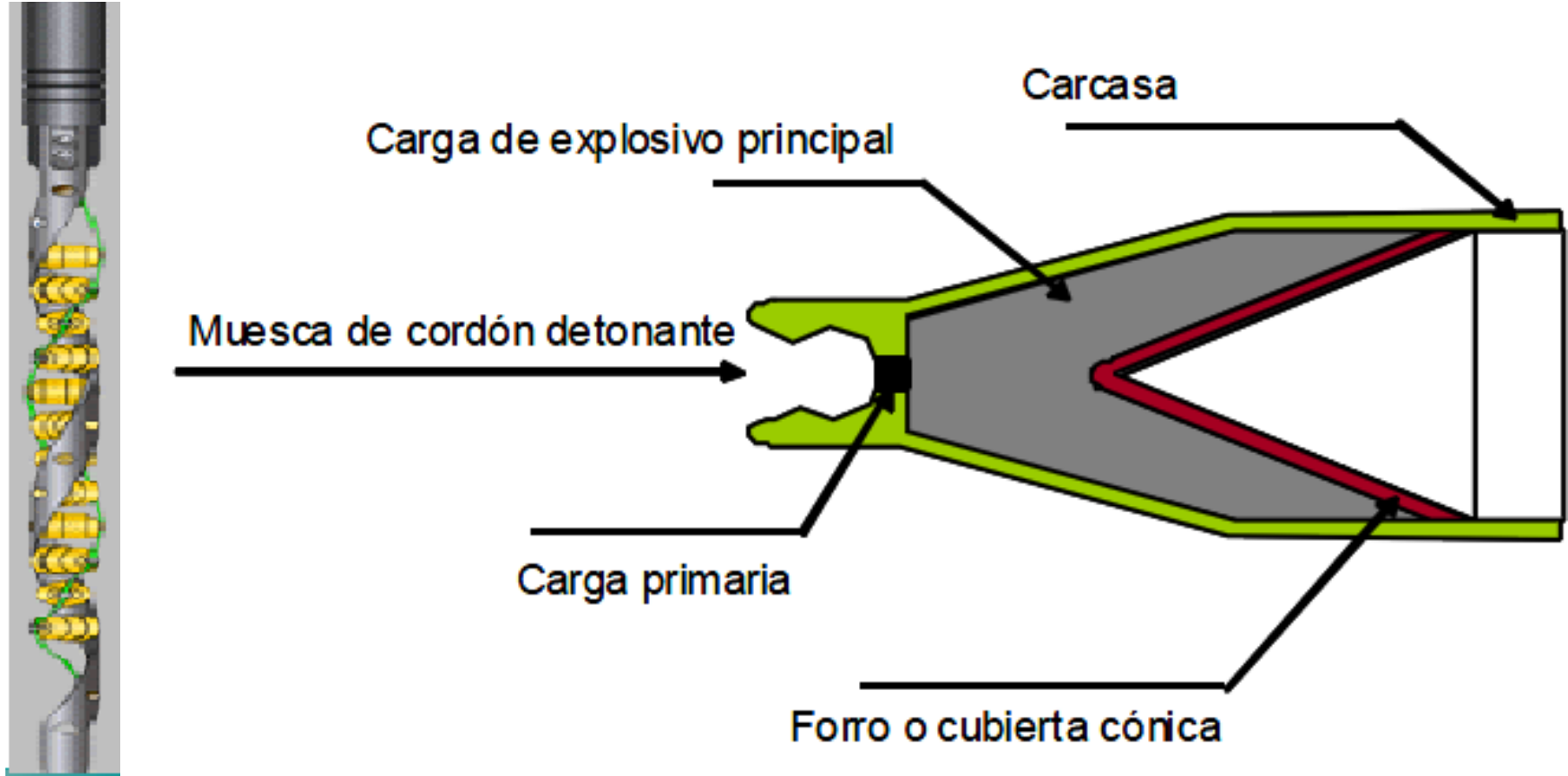
La secuencia de explosión consta de varios dispositivos que son utilizados para iniciar y extender la detonación de los cañones.

Esta conformada de la siguiente forma:

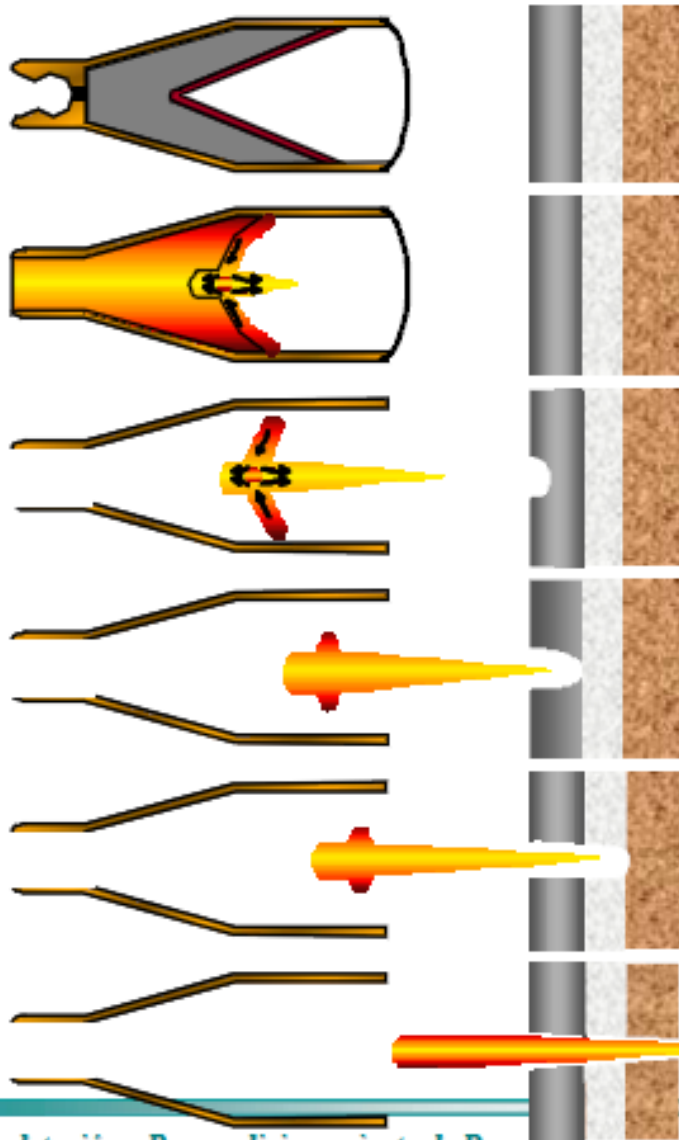
- ❶ Detonador o Iniciador
- ❷ Cordón Detonante
- ❸ Carga Explosiva Moldeada



# Cargas



# Proceso del Cañoneo

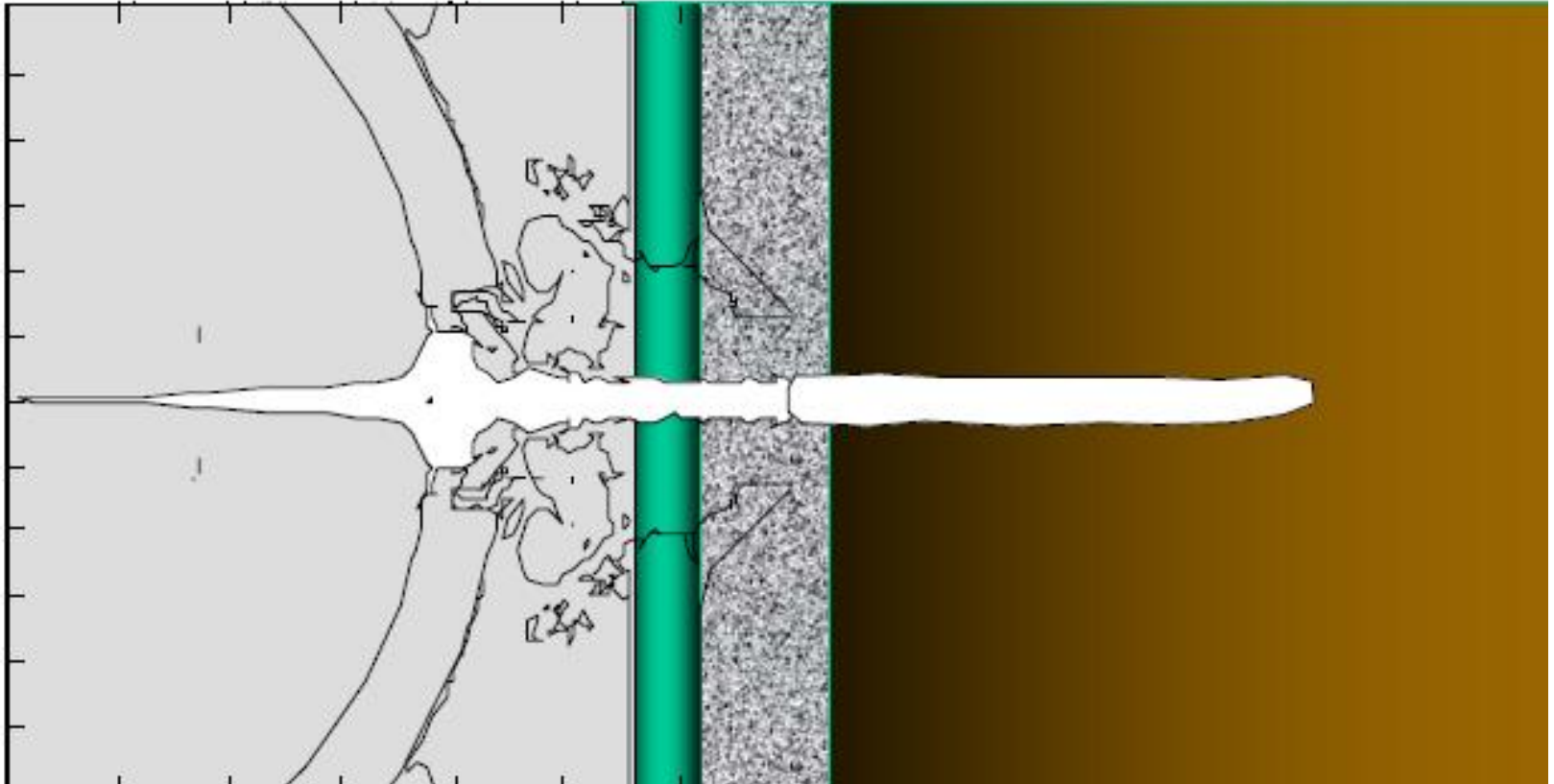


## PROCESO DE CAÑONEO

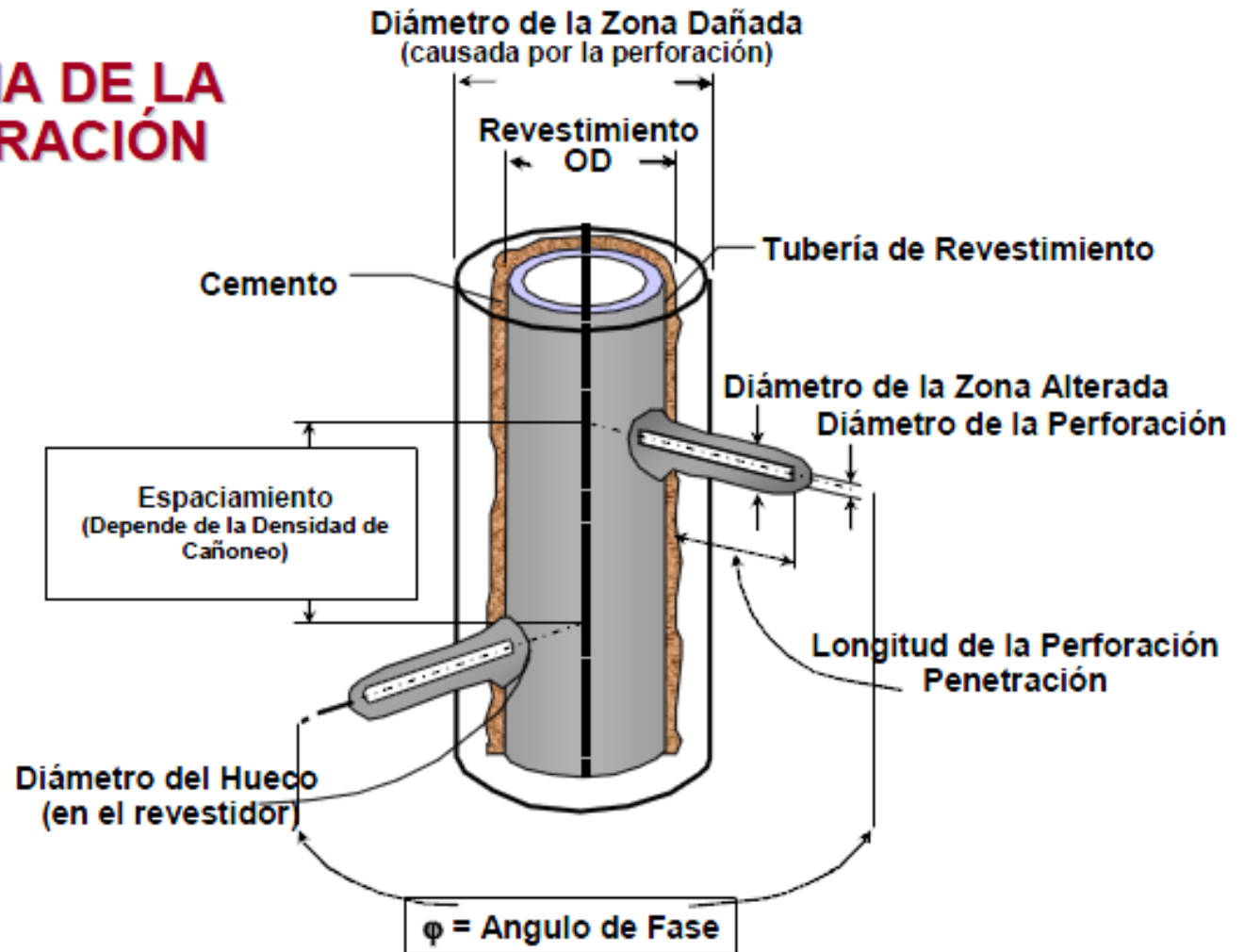
- 1 Carga sin detonar.
- 2 La carga se detona. La carcasa se expande. El liner comienza a colapsarse.
- 3 Se forma un chorro de alta presión de partículas de metal fluidizado. La onda de presión viaja a 8.000 pies/seg. y 7.000.000 psi.
- 4 El chorro se desarrolla más. La presión hace que la velocidad aumente a 23.000 pies/seg.
- 5 El chorro se elonga porque la parte posterior viaja a una velocidad menor (3.000 pies/seg.).  
La penetración se logra mediante una presión de impacto elevada; 3 - 5 millones de Lpc en el revestidor y cerca de 300.000 lpc en la formación.
- 6

*Completación y Reacondicionamiento de Pozos*

## Proceso producido en fracción de segundos



## GEOMETRIA DE LA PERFORACIÓN



# Geometría del Cañoneo

## Penetración

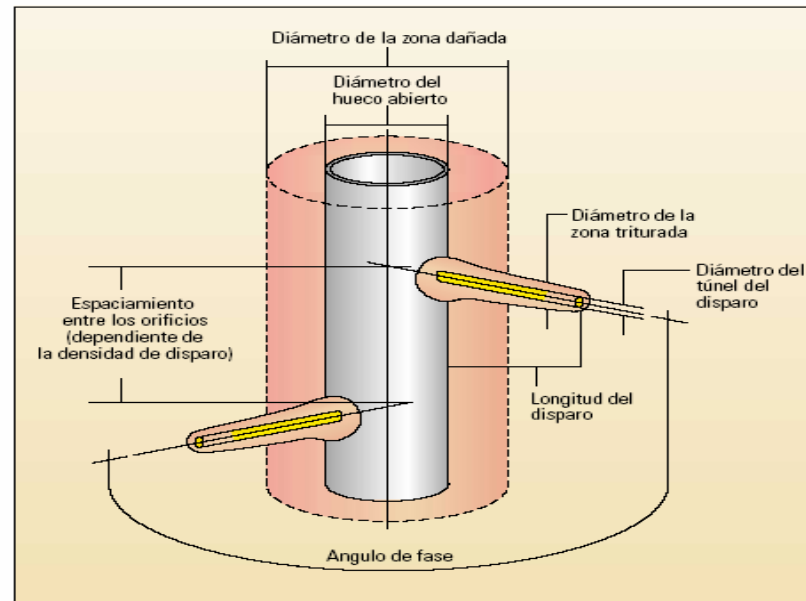
Es la longitud de la perforación realizada por una carga explosiva dada

## Fase de cañoneo

Esta indica el Angulo entre las cargas, estas pueden ser disparadas en una o varias direcciones

## Diámetro de entrada de la perforación

Representa el diámetro del agujero que se crea en el revestidor durante el proceso de cañoneo



## Densidad de cañoneo

Es el numero de cargas por unidad de longitud

## Separación entre cargas

Espacio que existe entre cargas para evitar interferencia entre ellas

## La Fase

La fase de un cañón de perforación es la dirección en la cual las cargas son disparadas con relación a los otros disparos.



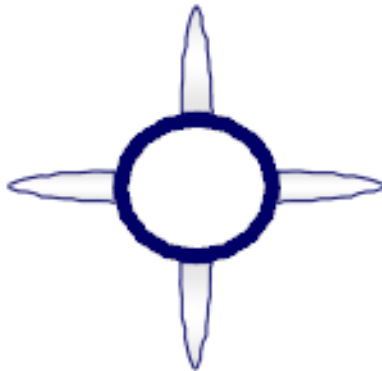
**Fase a  $0^\circ$**



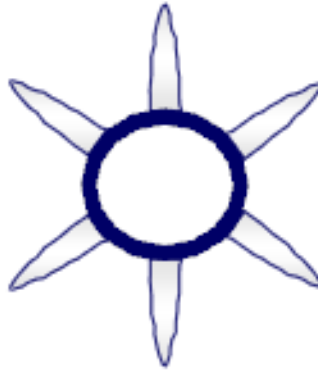
**Fase a  $180^\circ$**



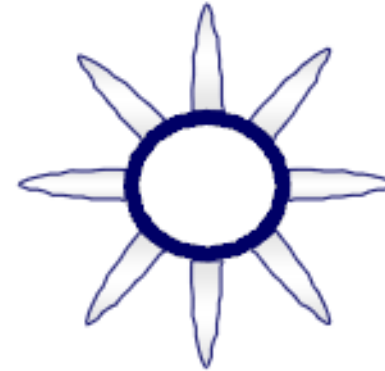
**Fase a  $120^\circ$**



**Fase a  $90^\circ$**

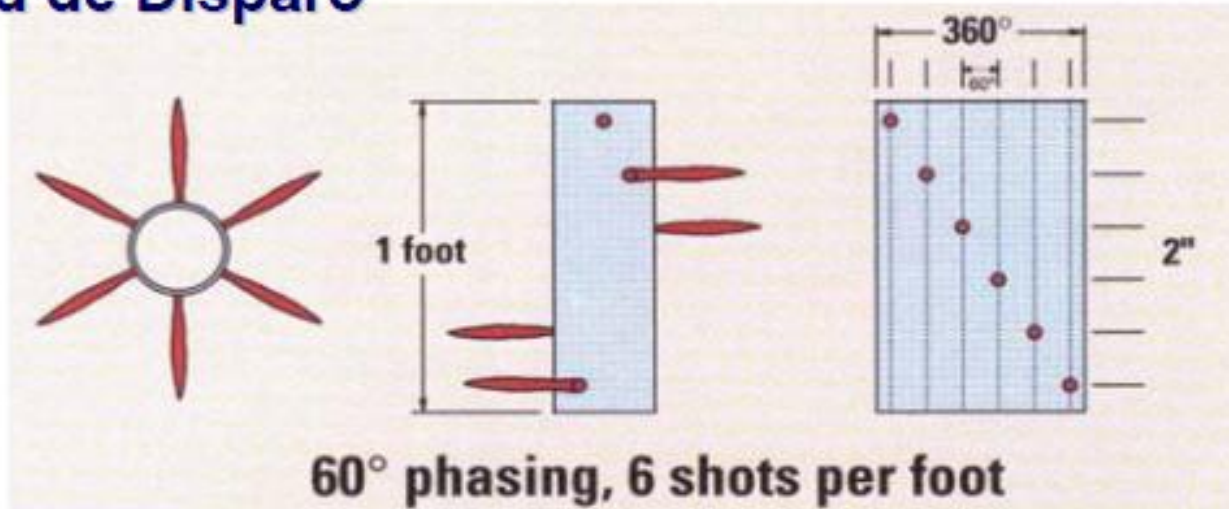


**Fase a  $60^\circ$**



**Fase a  $45^\circ$**

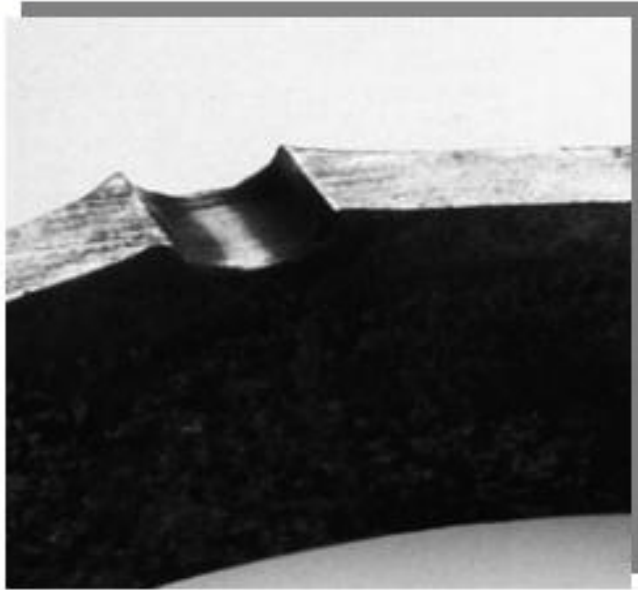
## Densidad de Disparo





## Diámetro de la Perforación

Representa el diámetro del agujero que se crea en el revestidor durante el proceso de cañoneo.



# Factores que Afectan Efectividad de cañoneo

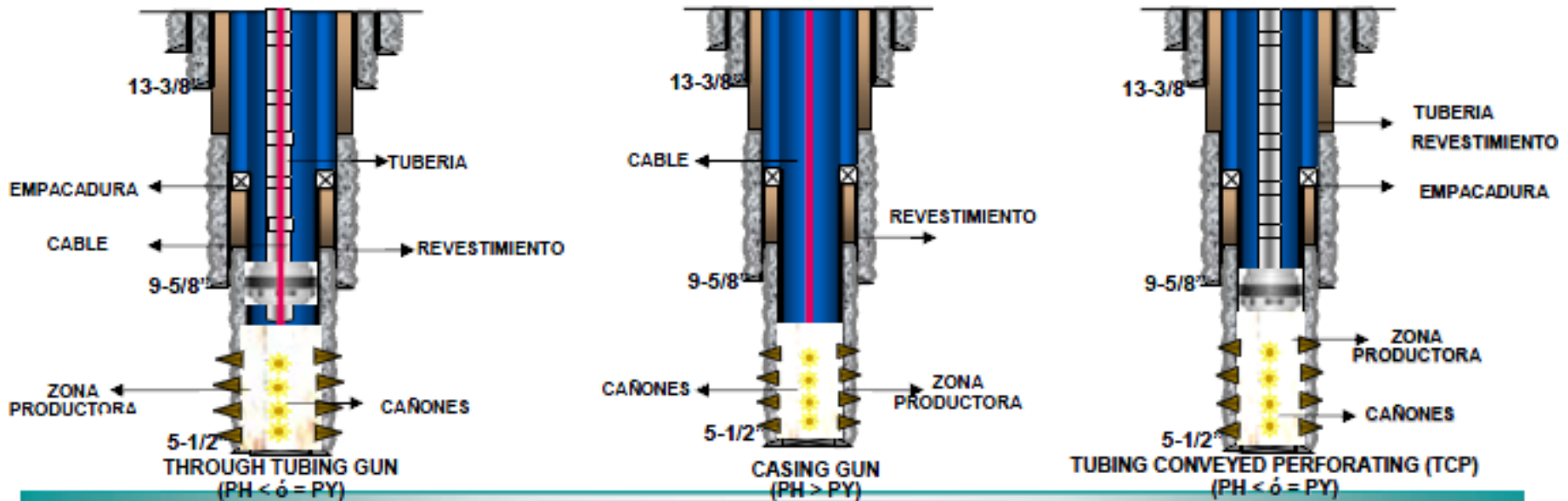
Para lograr un trabajo efectivo de cañoneo, se debe garantizar que el trayecto de la perforación penetre el revestidor, el cemento, la formación (hasta alcanzar la zona virgen), para así establecer un canal de fluidos del yacimiento hacia el pozo

- Sistema de cañoneo utilizado en el proceso.
- Cantidad y tipo de cargas.
- Densidad y fase de disparo.
- Separación entre las cargas y el revestidor
- Técnicas utilizadas en la completación del pozo.
- Características del revestidor y la tubería.
- Estado del cemento.
- Resistencia de la formación.
- Efectividad del cañoneo

# Métodos de Cañoneo

Existen tres (3) técnicas básicas de cañoneo de pozos:

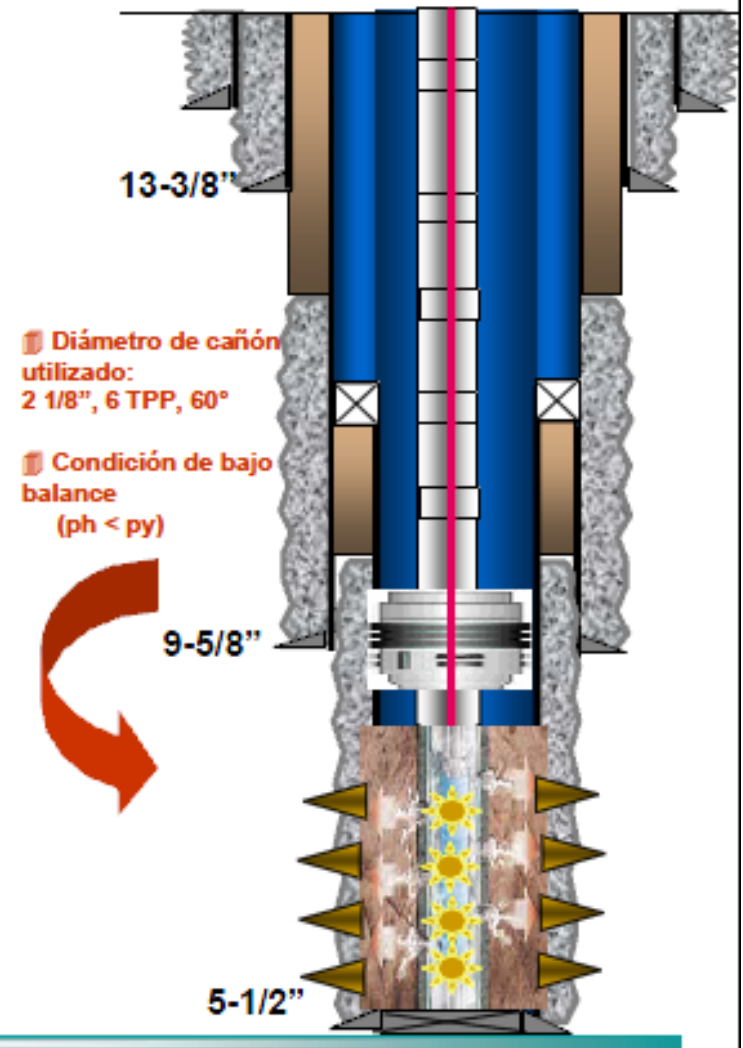
- 🔥 **Cañones bajados a través de la tubería de producción.**
- 🔥 **Cañones bajados a través del revestidor.**
- 🔥 **Cañones transportados con tubería.**



*Completación y Reacondicionamiento de Pozos*

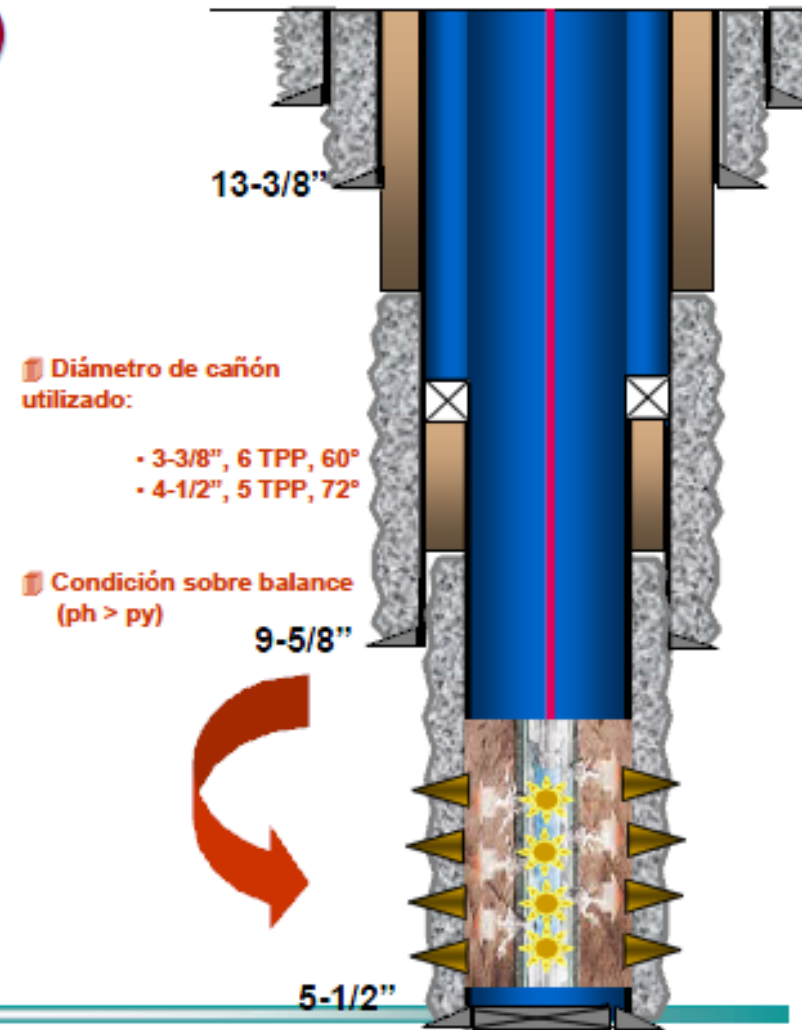
## 1. Cañones bajados a través de la Tubería de Producción (Through Tubing)

- En este método, primero se baja la tubería con empacadura de prueba o se baja la completación final.
- Luego se crea un diferencial de presión negativo ( $P_h < P_f$ ) y posteriormente se baja el cañón con equipo de guaya. Generalmente, se usan cañones no recuperables o parcialmente recuperables.
- Los restos recuperables del cañón y la herramienta de profundidad y la guaya se recuperan usando un lubricador.
- Este método de cañoneo permite obtener una buena limpieza de las perforaciones. Sin embargo, ellos no son selectivos.
- Por esta razón, cuando se requiere probar otro intervalo, es necesario controlar el pozo con el cual se exponen las perforaciones existentes a los fluidos de control. Esto puede causar cierto grado de daño.



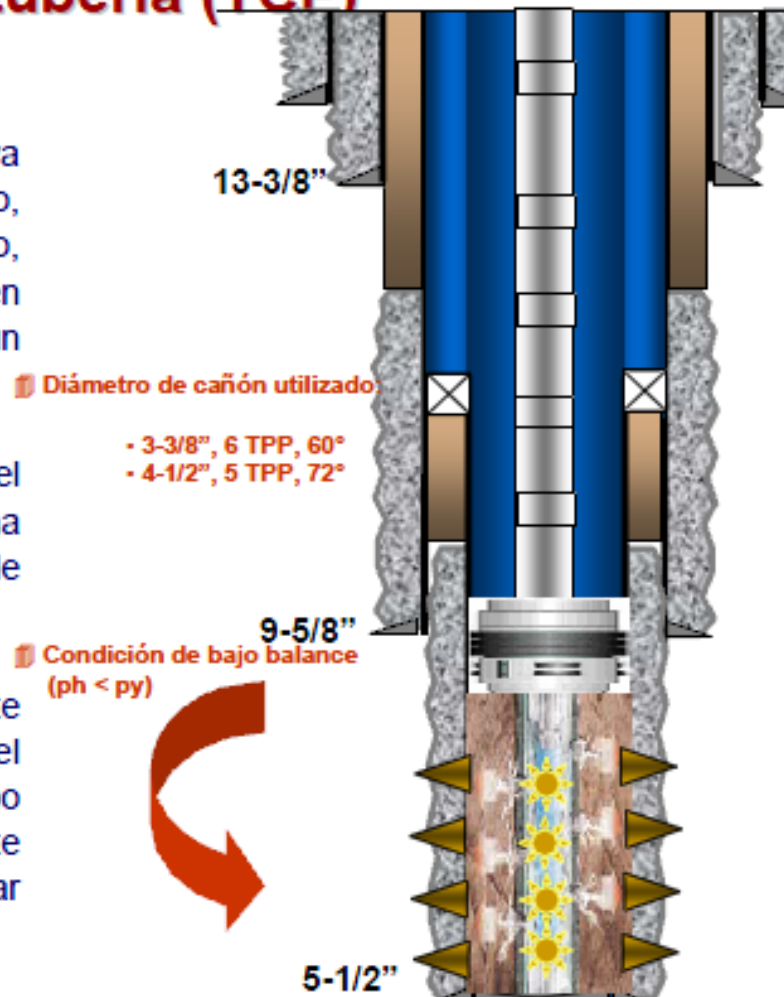
## 2. Cañones bajados a través del Revestidor (Casing Gun)

- Estos cañones se bajan a través del revestidor, utilizando una cabria o equipo de guaya.
- Generalmente, las cargas se colocan en soportes recuperables.
- Este tipo de cañoneo se ejecuta con diferencial de presión positivo ( $P_h > P_f$ ), lo cual permite mantener control del pozo.
- Los cañones de revestidor son más eficientes que los de tubería, cuando se usan en operaciones de fracturamiento o de inyección, ya que en estas operaciones se requiere de un buen control del tamaño de las perforaciones, lo cual usualmente se logra usando cañones de revestidor.



## 3. Cañones transportados con tubería (TCP)

- Se logran orificios limpios, profundos y simétricos, ya que permiten utilizar cañones de mayor diámetro, cargas de alta penetración, alta densidad de disparo, sin límites de longitud en los intervalos a cañonear en un mismo viaje, todo esto combinado con un diferencial óptimo a favor de la formación.
- Con este método, el cañón se transporta en el extremo inferior de la tubería de producción con una empacadura, la cual debe ser asentada antes de iniciar la operación de cañoneo.
- La mayor seguridad del pozo, cuando se emplea este método de cañoneo, se debe que cuando se baja el cañón adaptado a la tubería también se usa el equipo de control de presiones en el cabezal del pozo. Este equipo está instalado todo el tiempo para lograr máxima seguridad.



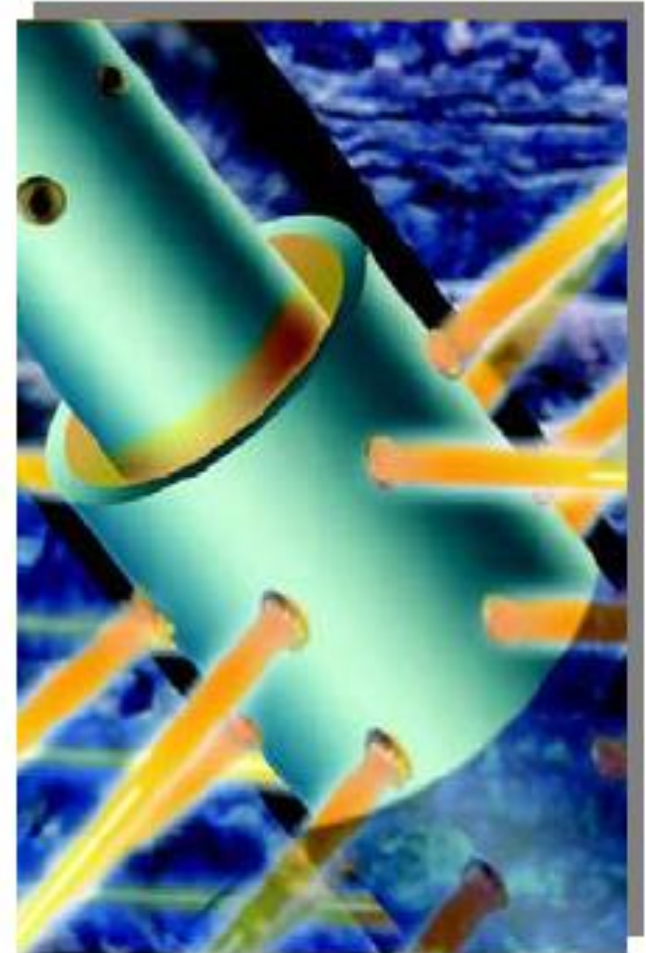
# Condiciones de Cañoneo

El proceso de cañoneo puede realizarse bajo ciertas condiciones de presión en el fondo del pozo:

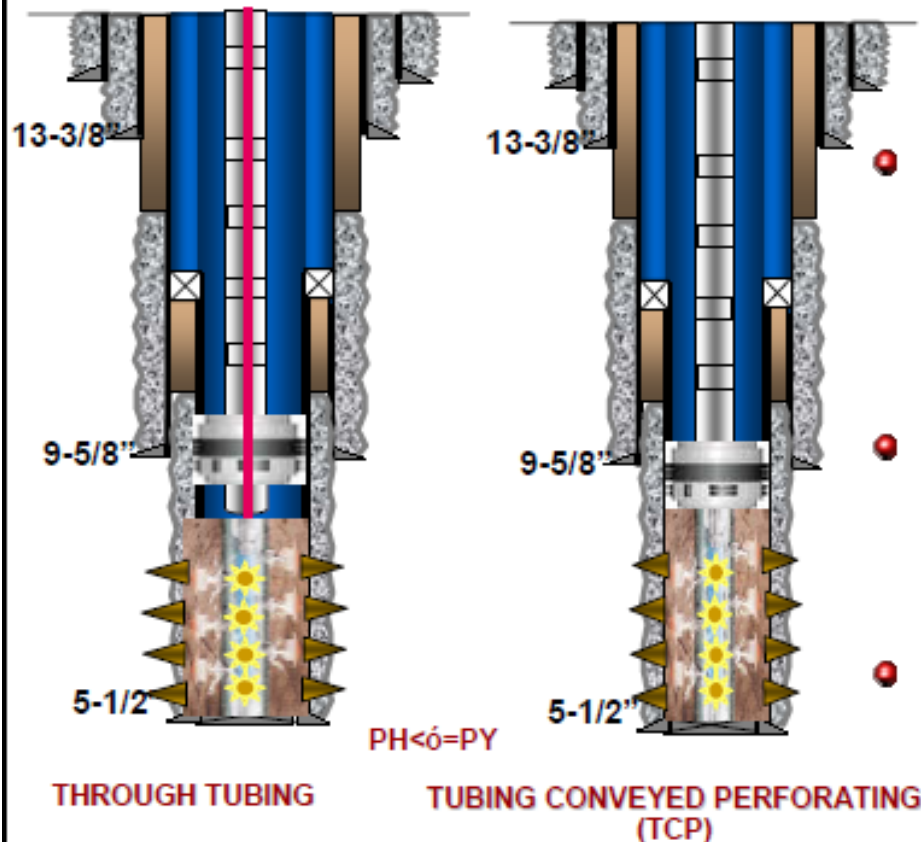
1. **Bajo Balance / Balance**

2. **Sobre Balance**

3. **Sobre Balance Extremo**



## 3. Condición Bajo Balance / Balance

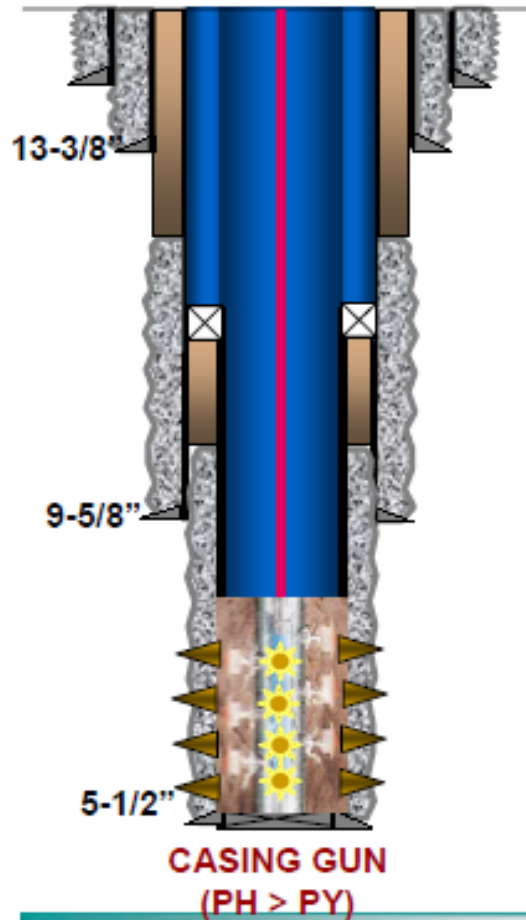


- Requiere de data del pozo y del yacimiento para los calculos del bajo balance y garantizar de esta manera la limpieza de los tuneles cañoneados.
- Permite realizar las operaciones con el pozo abierto y en condiciones de fluir hacia la estación de flujo.
- Al disparar los cañones se genera una zona compactada de menor permeabilidad y sin "debris".



# Condiciones de Cañoneo

## 1. Condición Sobrebalance

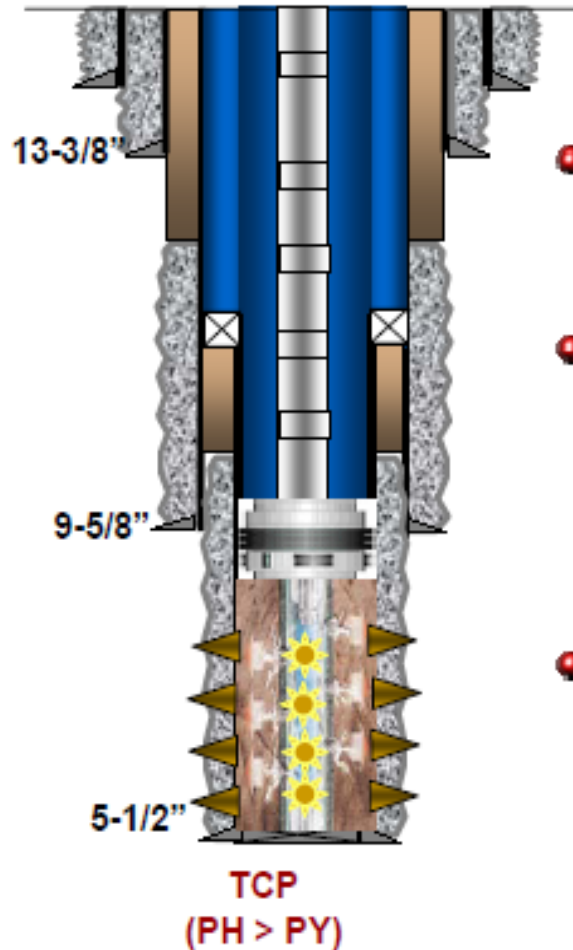


- Se requiere que el pozo permanezca cerrado y controlado durante las operaciones de cañoneo.
- Al disparar los cañones se genera una zona compactada de menor permeabilidad y el tunel cañoneado lleno de residuos.
- El fluido de completación puede ser inyectado a la formación, creando problemas de incompatibilidad y posible daño a la formación.
- Al inducir el pozo a producción, algunas perforaciones se limpiarán, otras quedarán táponadas o con baja eficiencia de flujo.
- Requiere taladro para efectuar la operación de cañoneo y posteriormente la bajada de la completación del pozo.

*Completación y Reacondicionamiento de Pozos*

# Condiciones de Cañoneo

## 2. Condición Sobrebalance Extremo



- Se requiere que el pozo permanezca cerrado y controlado durante las operaciones de cañoneo.
- Al disparar los cañones se genera un incremento de presión en la formación menor que la resistencia compresiva de la roca. Produciendo fracturas en la formación.
- Requiere taladro para efectuar la operación de cañoneo y posteriormente la bajada de la completación del pozo.

Debe evitarse hablar a los jóvenes del **éxito** como si se tratase del principal objetivo en la vida.

La razón más importante para trabajar en la escuela y en la vida es el **placer de trabajar**, el placer de su resultado y el conocimiento del **valor del resultado para la comunidad.**

**Albert Einstein**