

# Tecnología de los Combustibles

## Tema 5. Explotación del petróleo y el gas



**José Ramón Berasategui Moreno**

**Beatriz Malagón Picón**

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES Y  
TECNOLOGÍA DE PROYECTOS Y PROCESOS

Este material se publica bajo licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



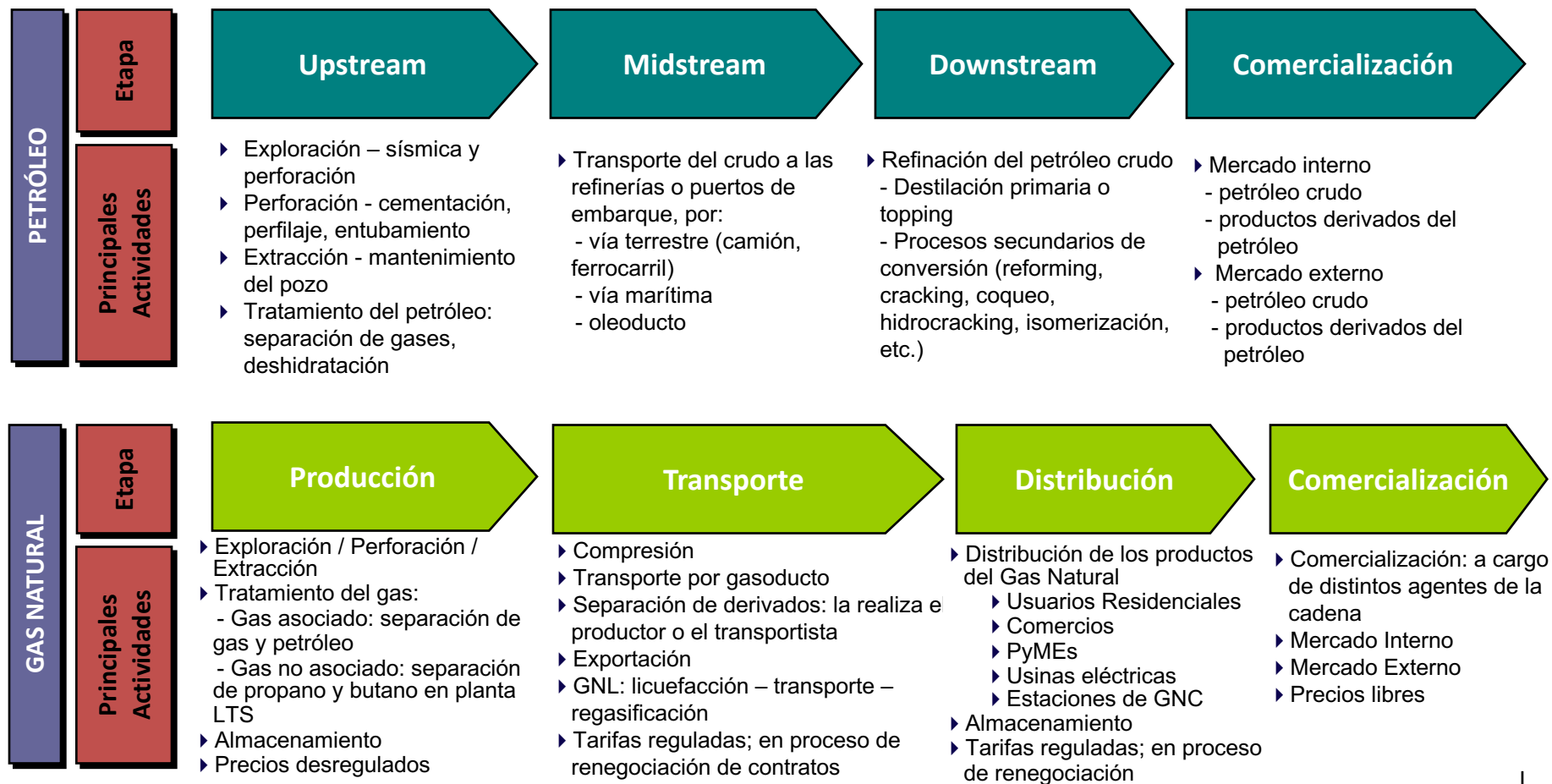
### INTRODUCCION

El petróleo tal cómo se encuentra en las profundidades de la tierra no tiene prácticamente ninguna utilidad. El valor que posee lo va adquiriendo a través de las fases de su explotación industrial que se enumeran a continuación:

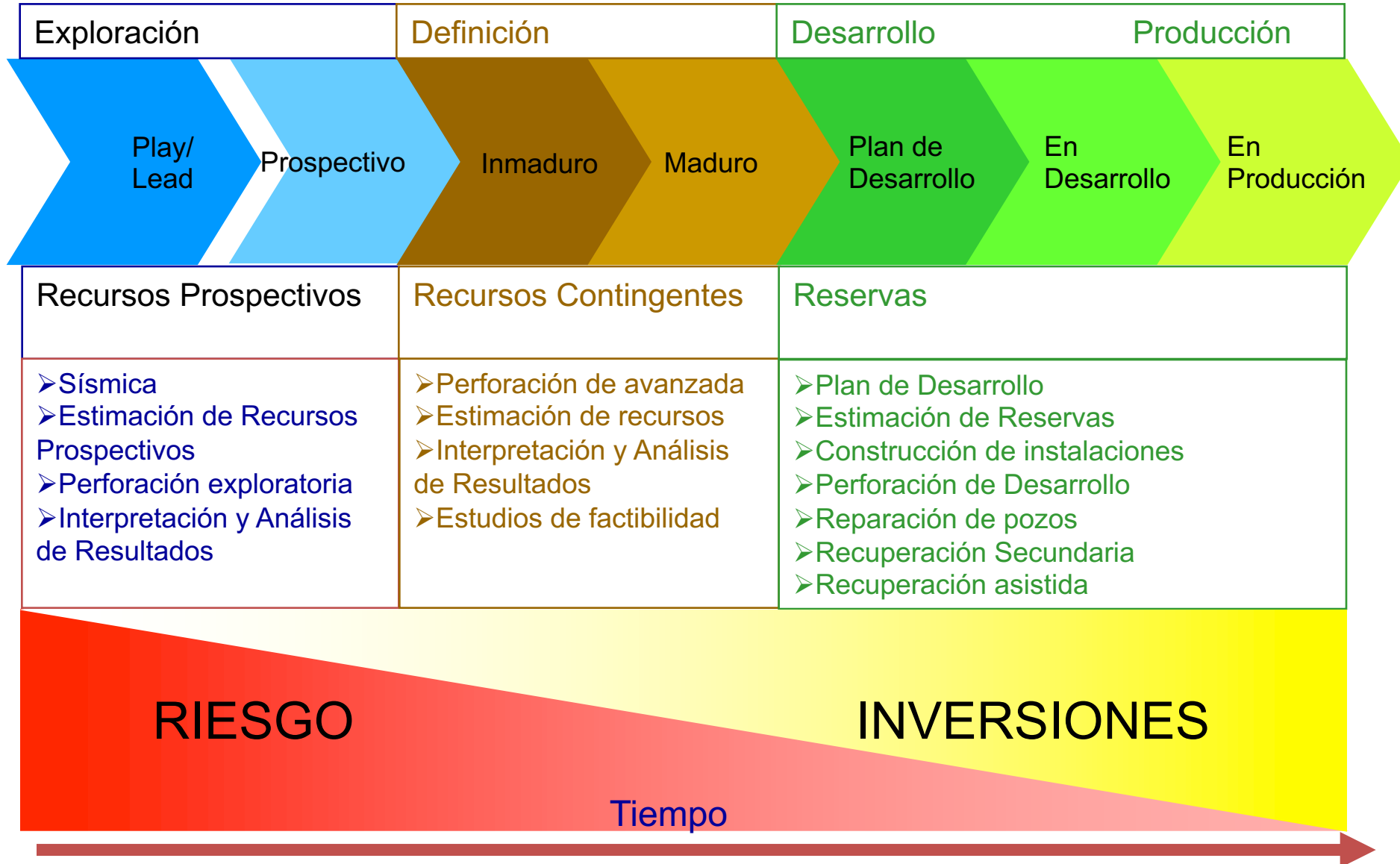
- Prospección, o estudio geológico del terreno y del subsuelo.
- Sondeo, o perforación de la tierra para encontrarlo.
- Extracción, una vez localizado el yacimiento.
- Transporte por vía marítima o por vía terrestre.
- Refino en instalaciones de complejidad creciente para obtener productos de consumo.
- Petróleoquímica transformación química para obtener productos derivados como plásticos, abonos, caucho, fibras, detergentes, etc.

### INTRODUCCION

La explotación del petróleo y el gas natural constan de 4 etapas, en las cuales se explora y extrae el hidrocarburo, se transporta y luego se refina y distribuye:



### INTRODUCCION





### EXPLORACIÓN

Es la búsqueda de acumulaciones comerciales de hidrocarburos (Petróleo y gas) en el subsuelo.

#### ETAPAS DE LA EXPLORACIÓN:

##### 1. IDENTIFICACIÓN DE AREAS DE INTERÉS

SE INICIA EN UNA REGIÓN  
VIRGEN O  
DESCONOCIDA  
POR METODOS INDIRECTOS

GEOLOGIA DE SUPERFICIE

MÉTODOS MAGNÉTICOS

GEOQUÍMICA

GEOFISICA

##### 2. DETECCIÓN DE TRAMPAS

ESTRUCTURAS QUE  
PUDIERAN CONTENER  
PETROLEO O GAS

MÉTODOS GEOFÍSICOS  
SISMICA TRIDIMENSIONAL

METODOS AVANZADOS  
INTERPRETACIÓN DE DATOS  
SE DEFINEN TRAMPAS  
DE HIDROCARBUROS

SE JERARQUIZAN

##### 3. VERIFICACIÓN DE LA ACUMULACIÓN

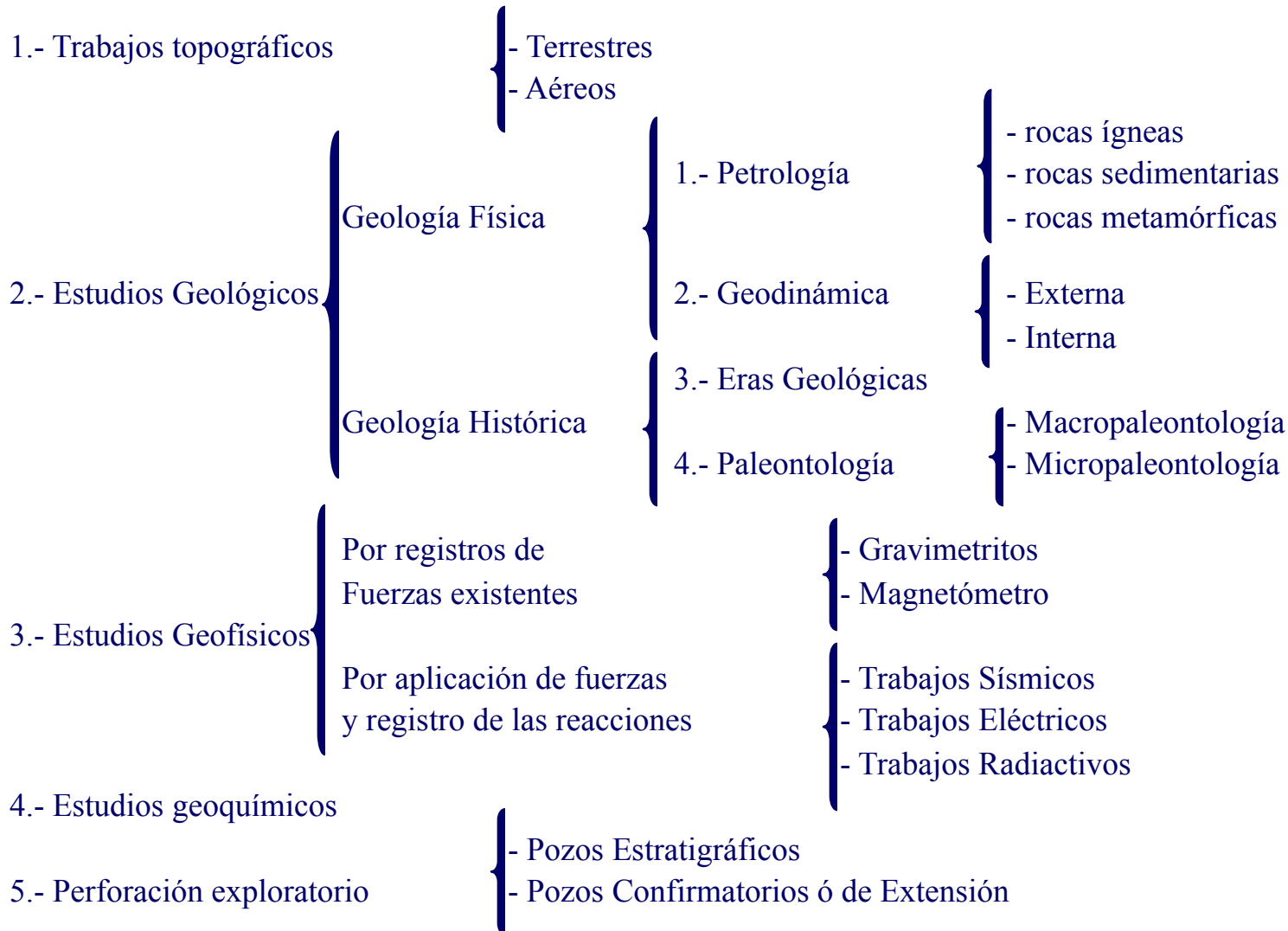
SE SELECCIONA LA  
LOCALIZACIÓN DEL  
POZO EXPLORATORIO

PERFORAR EL POZO  
EXPLORATORIO

NOTA. -ESTADISTICAMENTE  
DE CADA 10 POZOS SOLO 3  
RESULTAN PRODUCTORES

### EXPLORACIÓN

#### ETAPAS:



### EXPLORACIÓN

La búsqueda de petróleo y gas natural requiere conocimientos de geografía, geología, geofísica, petrofísica e incluso paleontología:

- Se estudian los afloramientos, y se determinan los tipos de rocas de una cuenca dada.

El afloramiento del petróleo líquido ó de gas que se ha condensado, escapa del reservorio pasando entre las fallas y fisuras de las rocas y aflora a la superficie acompañado de agua salada.

Este petróleo es generalmente pesado y viscoso desde que su exposición a la atmósfera le hace perder sus componentes volátiles y tiende a su oxidación.

El afloramiento de rocas impregnadas de petróleo son por lo general gredas, calizas y areniscas que pertenecen al reservorio original que ha salido a la superficie por levantamientos geológicos ó por erosión de los estratos que los cubrían.

La presencia de petróleo superficial, no significa la existencia de grandes yacimientos en el subsuelo.

Los afloramientos del petróleo acreditan pues la filiación petrolífera de la zona, pero no puede garantizar la existencia del yacimiento, si no bajo determinadas condiciones.

### EXPLORACIÓN

La búsqueda de petróleo y gas natural requiere conocimientos de geografía, geología, geofísica, petrofísica e incluso paleontología:

- Se estudian los afloramientos, y se determinan los tipos de rocas de una cuenca dada.
- Se analizan e imágenes de satélite para descubrir pliegues, fallas, etc.
- Se realizan fotos aéreas y prospecciones de exploración, etc. y se interpretan para detectar trampas estructurales e indicadores de hidrocarburos potenciales. Los diferentes de prospecciones geofísicas que se utilizan son:
  - Prospecciones magnetométricas.
  - Prospecciones fotogramétricas aéreas.
  - Prospecciones gravimétricas.
  - Prospecciones sísmicas.
- Se analiza tipo de sedimento, fluido, capacidad roca y fósiles presentes (edad y ambiente geológico).

Se selecciona una región determinada para desarrollar una extensión productiva (play) que es un conjunto de áreas prospectivas petroleras potenciales de geología similar.

Después de interpretar los datos disponibles se identifican los leads, o rasgos de interés, en los que se centran los esfuerzos exploratorios. Los leads que se consideran como trampas potenciales de hidrocarburos constituyen las áreas prospectivas.

### EXPLORACIÓN

- Prospecciones fotogramétricas aéreas. Las fotografías tomadas con cámaras especiales desde aeroplanos proporcionan vistas tridimensionales de la tierra, que se utilizan para determinar formaciones geológicas en las que puede haber yacimientos de petróleo y gas natural.

La **exploración geofísica** se realiza algunas veces en áreas ya exploradas por los geólogos, con el objeto de obtener evidencias que corrobore con los datos obtenidos.

Hay zonas ó regiones donde las evidencias de las estructuras no son visibles en la superficie, como sucede en los desiertos, en los deltas de los ríos y en las zonas pantanosas, donde las estructuras pueden estar escondidas debajo de estas deposiciones, haciéndose necesario la utilización de métodos geofísicos, como:

**Por registro de Fuerzas existentes** (Cuando registran las fuerzas inmanentes que existen en las rocas de la corteza terrestre):

- Prospecciones magnetométricas. Las variaciones del campo magnético terrestre se miden con magnetómetros suspendidos de un aeroplano, a fin de localizar formaciones de rocas sedimentarias cuyas propiedades magnéticas son más débiles que las de otras rocas.
- Prospecciones gravimétricas.

### EXPLORACIÓN

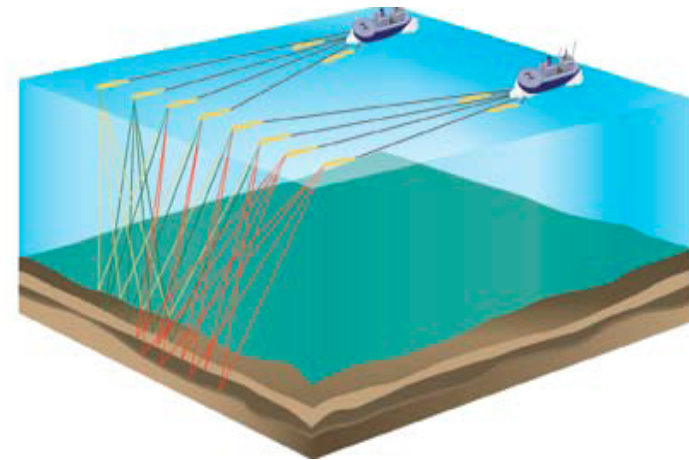
- Prospecciones gravimétricas.
- Se basa en las mediciones que puedan ser hechas con instrumentos de alta sensibilidad: gravímetro, balanza de torsión y péndulo.
- Miden con gran precisión la menor variación de la gravedad que pueden registrar en la superficie de la tierra.
- La fuerza de la gravedad en cualquier punto de la tierra esta influenciada en magnitud y dirección por la distribución de las rocas de diferentes densidades que existen debajo de esta área.
- Ej.: Como las grandes masas de roca densa aumentan la atracción de la gravedad, se utilizan gravímetros para obtener información sobre formaciones subyacentes midiendo pequeñísimas diferencias de gravedad.
- Esta variación de gravedad se somete a un análisis matemático → evidencias de la presencia de estructuras geológicas que bajo ciertas condiciones favorables pueden constituir yacimientos

### EXPLORACIÓN

- Prospecciones magnetométricas. Consiste en medir la intensidad y dirección de los campos magnéticos de la tierra y está relacionado con la distribución de las rocas que poseen diferentes propiedades magnéticas para alterar las condiciones existentes en determinada zona.
- Las variaciones del campo magnético terrestre se pueden medir con magnetómetros suspendidos de un aeroplano, a fin de localizar formaciones de rocas sedimentarias cuyas propiedades magnéticas son más débiles que las de otras rocas.

### EXPLORACIÓN

- Prospecciones sísmicas. Mide la energía y velocidad de las ondas y vibraciones producidas en formaciones subterráneas por una detonación de cargas explosivas en pequeños agujeros; mediante dispositivos vibrantes o de percusión tanto en tierra como en el agua, y mediante descargas explosivas subacuáticas de aire comprimido.
- Muestra la más clara evidencia de la estructura geológica que existe en el subsuelo y es el método más usado actualmente.
- El instrumento que registra estas ondas de choque se llaman sismógrafos y geófonos.
- Existen dos métodos sísmicos utilizados:
  - 1.- Reflexión
  - 2.- Refracción



Las refracciones y reflexiones sísmicas debidamente filtradas y procesadas permiten identificar diferentes capas y estructuras, y en algunos casos acumulaciones de gas.

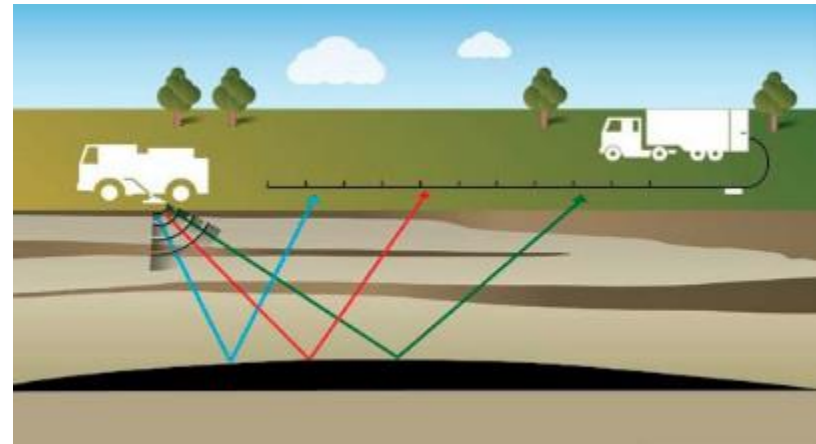
Se generan imágenes tridimensionales: Plano 3D



### EXPLORACIÓN

- Método sísmico por reflexión. Las vibraciones causadas por la explosión son parcialmente reflejadas entre los límites de dos estratos de diferente densidad, así como las vibraciones de un eco sonoro reflejados desde el fondo del mar.
- El tiempo que tarda esta onda de choque en viajar desde el sitio de la explosión hacia abajo, hacia la zona de reflejo para regresar al sismógrafo de la superficie, indica la profundidad a la que se encuentra la zona de reflexión y suministra la velocidad de las ondas en los sucesivos estratos reflectores.

Las ondas de energía viajan más rápidamente en las formaciones más consolidadas.



### EXPLORACIÓN

- Prospecciones radiográficas. La radiografía consiste en el uso de ondas de radio para obtener información similar a la que proporcionan las prospecciones sísmicas.
- Prospecciones eléctricas. Se basa en la gran diferencia que existe en la resistencias de los varios tipos de roca para permitir el paso de la corriente eléctrica y ésta propiedad puede ser usada convenientemente para obtener información de las rocas que se encuentran en el subsuelo cubiertas por pequeños espesores de sedimentos ó material de aluvión.
- Prospecciones estratigráficas. es el análisis de posibles trazas de gas y petróleo en testigos extraídos del subsuelo. Se corta con una barrena hueca un testigo (cilíndro de roca) y se saca por el tubo sacatestigos.

### EXPLORACIÓN

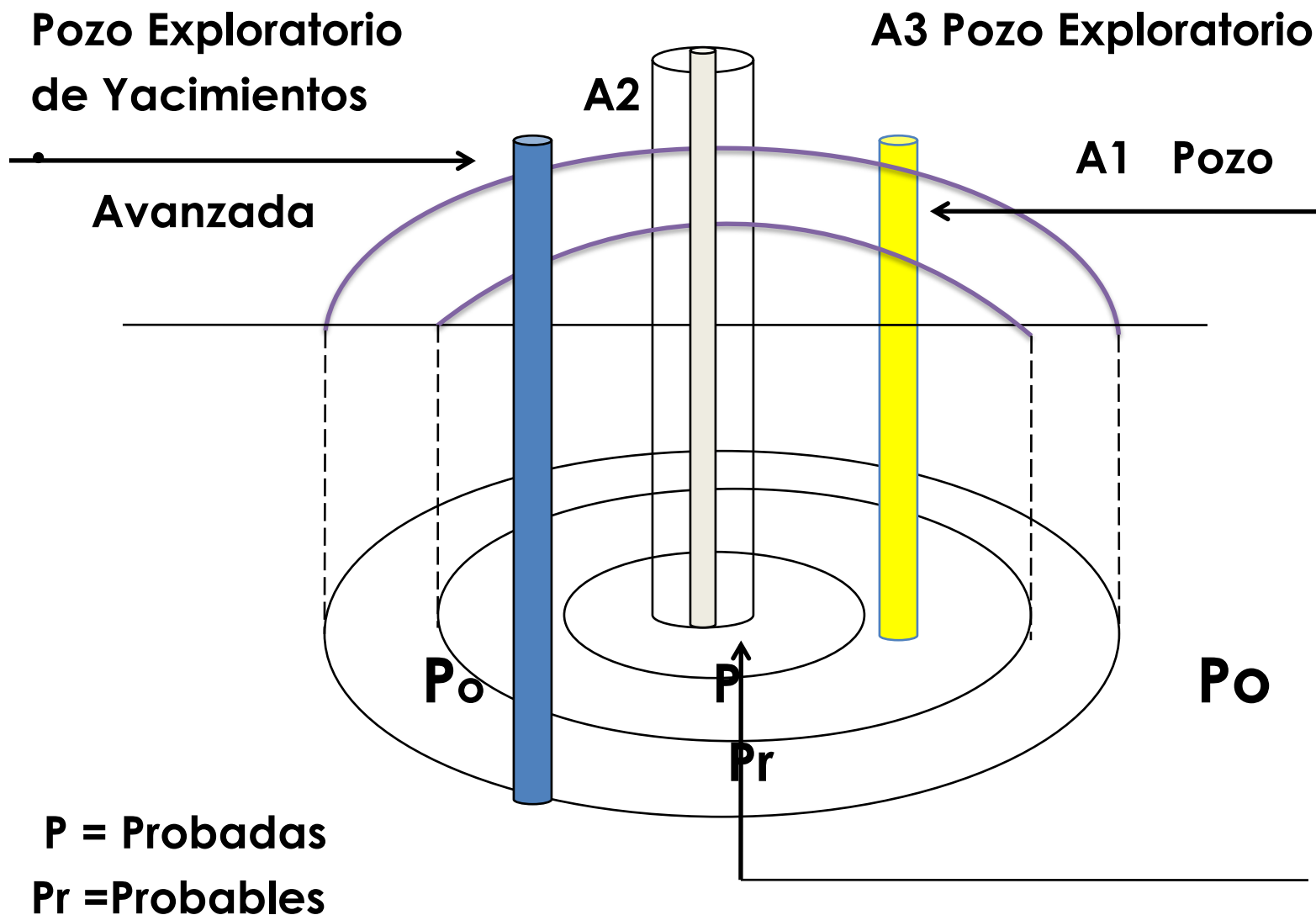
- Pozos de exploración: Debe tenerse en cuenta que las exploraciones geológicas y geofísicas no pueden indicar la presencia del petróleo; a lo más ellas pueden demostrar la existencia en el subsuelo de estructuras que pueden ser favorables para las acumulaciones petrolíferas y solo por medio de la perforación se podrá constatar la presencia del petróleo de explotación comercial.
- Este tipo de trabajo es el más caro; por lo tanto su utilización debe de ser realizado después de haber efectuado todos los trabajos de exploración ya mencionados, es decir cuando la exploración geofísica nos han suministrado una información que recopilada y estudiada debidamente nos hace pensar en la conveniencia de verificar la existencia del petróleo, solo entonces se debe seleccionar una ubicación y proceder a perforar el pozo de exploración, el cual puede ser encontrar el yacimiento comercial ó completar la información geológica que justifique la ubicación de nuevos pozos en la misma estructura favorables de la misma región.

## EXPLORACIÓN

# CLASIFICACIÓN DE POZOS ANTES Y DESPUES DE PERFORAR

| ANTES DE PERFORAR |                              | DESPUES DE PERFORAR |                                      |    |                                   |
|-------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----|-----------------------------------|
| A                 | PROPUESTO                    | B                   | EXITOSO                              | C  | SECO                              |
| A0                | Desarrollo de Yacimientos    | Bo                  | Desarrollo Exitoso                   | Co | Desarrollo Seco                   |
| A1                | Avanzada o Extensión         | B1                  | Avanzada o Extension Exitoso         | C1 | Avanzada o Extensión S eco        |
| A2                | Descubridor de Yacimientos   | B2                  | Descubridor de yacimientos Exitoso   | C2 | Descubridor de Yacimientos Seco   |
| A3                | Descubridor de Nuevos Campos | B3                  | Descubridor De nuevos campos Exitoso | C3 | Descubridor de Nuevos Campos Seco |

### EXPLORACIÓN



### INTRODUCCION

#### FASES DE LA PRODUCCION DE HIDROCARBUROS

- **EXTRACCION DE FLUIDOS DEL YACIMIENTO**
  - **Perforacion**
  - **Construcción del pozo**
  - **Bombeo**
- **ACONDICIONAMIENTO Y TRATAMIENTO DE FLUIDOS EN SUPERFICIE**
- **ALMACENAMIENTO, FISCALIZACION Y TRANSPORTE y ENTREGA DE HIDROCARBUROS**

### PERFORACIÓN

Pozos de desarrollo. Después del análisis de los datos geológicos y de las prospecciones geofísicas se perforan pozos de exploración, en tierra firme o en el mar. Existen varios tipos:

- Los “pozos experimentales o de cateo” son pozos que se perforan en zonas donde nunca se había encontrado antes petróleo ni gas.
- Los “pozos de descubrimiento” son pozos que se llaman así si se encuentra petróleo o gas.
- Los “pozos de delimitación”, son pozos de exploración que se perforan para determinar los límites de un yacimiento después del descubrimiento.
- Los “pozos de valoración”, buscan nuevas formaciones que contengan petróleo o gas, situadas cerca o debajo de las que ya se sabe que contienen el producto.
- Se denomina “pozo seco” es un pozo donde no se encuentra petróleo ni gas, o en cantidades escasas para una producción económica.

### PERFORACIÓN

El diseño de la perforación de pozos es un proceso sistemático y ordenado, y requiere que algunos aspectos se determinen antes que otros. Las etapas a seguir durante el diseño de pozos petroleros son las siguientes:

- Recopilación de la información disponible.
- Predicción de presión de formación y fractura.
- Determinación de la profundidad de asentamiento de las tuberías de revestimiento.
- Selección de la geometría y trayectoria del pozo.
- Selección de fluidos de perforación del pozo.
- Selección de barrenos.
- Diseño de tuberías de revestimiento y estudio de cementación.
- Diseño de las sartas de perforación.
- Programa hidráulico.
- Selección del equipo de perforación.
- Tiempos estimados de perforación.
- Costos de la perforación.



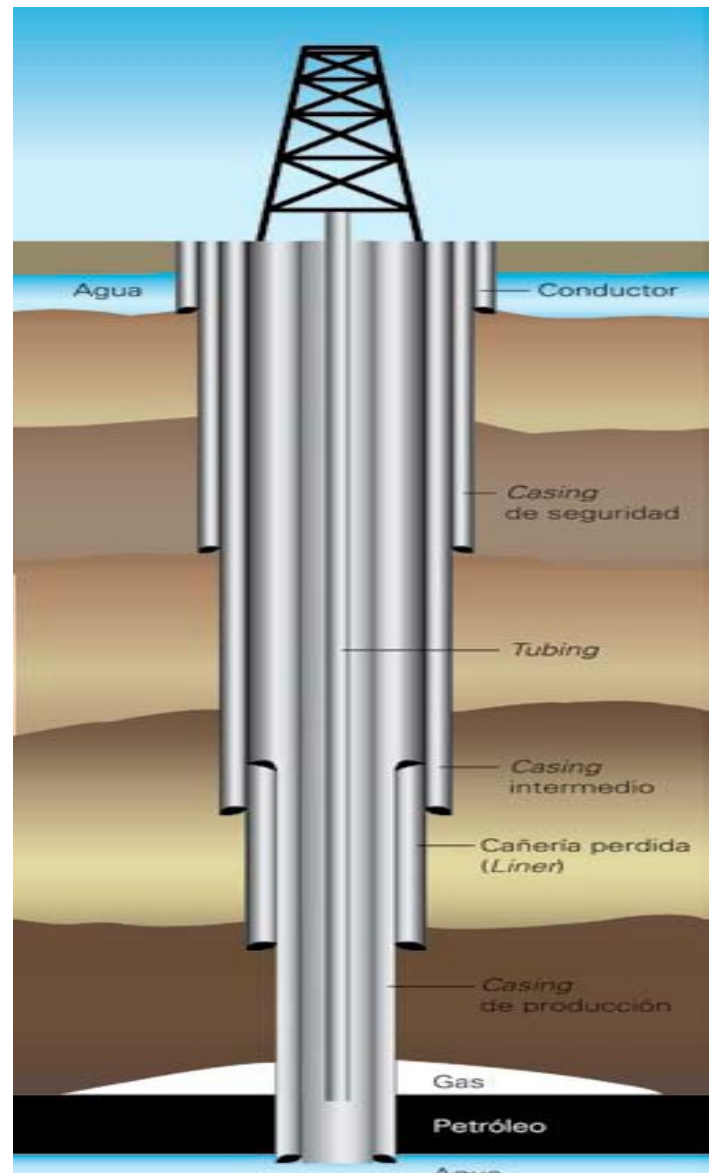
### PERFORACIÓN

Después de un descubrimiento se determina de forma aproximada la extensión del yacimiento mediante una serie de pozos de delimitación o de valoración.

**Pozos de desarrollo.** Después se perforan pozos de desarrollo para producir gas y petróleo, cuyo número depende de la definición esperada del nuevo yacimiento, tanto en tamaño como en productividad. Debido a la incertidumbre acerca de la forma o el confinamiento de los yacimientos, algunos pozos de desarrollo pueden resultar pozos secos.

A veces, la perforación y la producción se realizan a la vez.

**Pozos de geopresión y geotérmicos.** Son pozos que producen agua a una presión (7.000 psi) y una temperatura (149 °C) muy elevadas, la cual puede contener hidrocarburos. El agua se convierte en una nube de vapor caliente y gases que se expande rápidamente al ser liberada a la atmósfera debido a una fuga o una rotura.



### PERFORACIÓN

Pozos de múltiples zonas. Cuando se descubren múltiples formaciones productivas al perforar un solo pozo, puede introducirse una columna de tubos en un mismo pozo para cada una de las formaciones. El petróleo y el gas de cada formación se dirigen a su respectiva tubería y se aíslan de los demás mediante obturadores, que sellan los espacios anulares entre la columna de tubos y el revestimiento. Son los denominados pozos “de múltiples zonas”.

Pozos de inyección. Bombean aire, agua, gas o productos químicos a los yacimientos de los campos de producción, ya sea para mantener la presión o para desplazar el petróleo hacia pozos de producción mediante fuerza hidráulica o un aumento de la presión.

Pozos de servicio. Son los que se utilizan para operaciones de pesca de tubos o accesorios y operaciones con cable de acero, colocación de obturadores o tapones, o retirada y rehabilitación. Asimismo se perforan para la evacuación subterránea del agua salada que se separa del crudo y el gas.

### PERFORACIÓN

**Plataformas marinas.** A principios del siglo XX, la perforación submarina sólo era posible en aguas de hasta 91 m de profundidad; ahora las plataformas superan los 3,2 km. Las actividades petrolíferas en alta mar comprenden la exploración, perforación, producción, procesado, construcción submarina, mantenimiento, reparación y el transporte a tierra del petróleo y el gas, por barco o mediante oleoductos y gasoductos.

Las plataformas de perforación soportan las torres de perforación, los utensilios y el equipo para las operaciones en el agua, y las hay de distintos tipos, desde barcos y barcasas flotantes o sumergibles hasta plataformas fijas sobre soportes de acero utilizadas en aguas poco profundas y plataformas de gravedad grandes, flotantes, de hormigón armado, que se utilizan en aguas profundas. Una vez hecha la perforación, las plataformas marinas se usan como soporte del equipo de producción.

Las más grandes tienen capacidad para más de 250 operarios y personal de apoyo, helipuertos y plantas de procesado, además de capacidad de almacenamiento de petróleo crudo y condensado de gas.

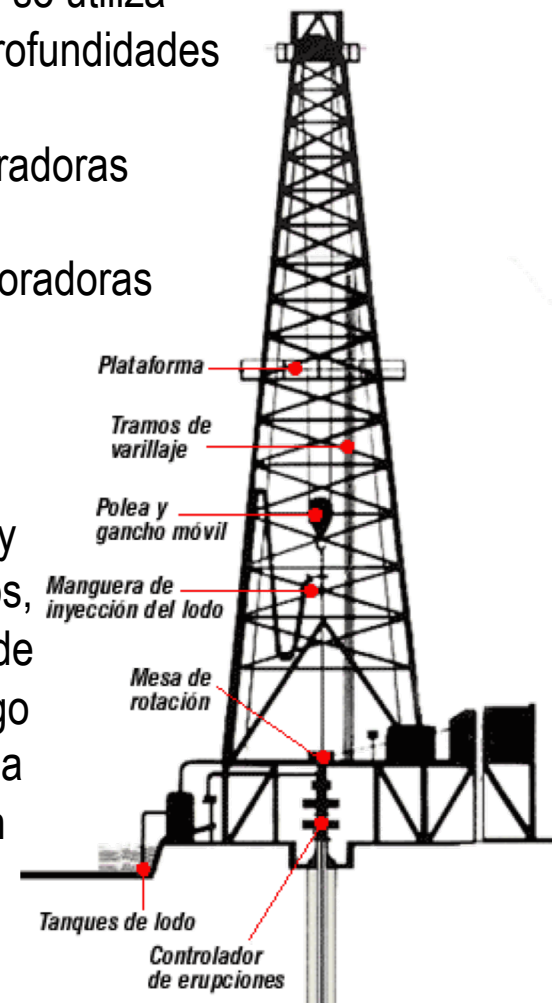
### PERFORACIÓN

#### Métodos de perforación

Perforación rotativa. La perforación rotativa es el método más común y se utiliza para perforar pozos tanto de exploración como de producción, hasta profundidades superiores a 7.000 m.

- Para perforar pozos sísmicos de poca profundidad se utilizan perforadoras ligeras montadas sobre camiones.
- Para abrir los pozos de exploración y de producción se utilizan perforadoras rotativas móviles y flotantes, semipesadas y pesadas.

El equipo de perforación rotativa consta de una torre (30-40 m de altura), una tubería de perforación, un cabrestante de gran capacidad para bajar y subir la tubería, una plataforma que hace girar la tubería y la barrena, una mezcladora y una bomba de inyección, junto con tubos, de ~27 m de longitud cada uno. La plataforma hace girar un vástago de transmisión cuadrado conectado a la tubería de perforación. El vástago cuadrado tiene en la parte superior una lanzadera de lodo conectada a unas válvulas de seguridad antirreventones. La tubería de perforación gira a una velocidad ~40-250 rpm y hace girar una barrena de fricción de bordes cortantes fijos, tipo cincel, o una barrena de rodillos con cuchillas rotativas de dientes endurecidos.



### PERFORACIÓN

Perforación rotopercutante. O perforación por rotación y percusión, es un método combinado en el que una barrena rotativa usa un líquido hidráulico circulante para accionar un mecanismo tipo martillo, realizando una serie de golpes de percusión que hacen que la barrena perforé y triture la tierra.

Electroperforación y turboperforación. La mayoría de las plataformas giratorias, cabrestantes y bombas de los equipos de perforación pesados suelen ser accionados por motores eléctricos o turbinas, que permite mayor flexibilidad y la perforación telecontrolada. La electroperforación y la turboperforación son nuevos métodos que proporcionan a la barrena una potencia más directa al conectar el motor de perforación justo por encima de la barrena, en el fondo del agujero.

### PERFORACIÓN

#### Perforación por percusión o con cable.

El método de perforación más antiguo es el que se realiza por percusión o con cable.

Es un método lento y de profundidad limitada, que rara vez se utiliza. Se basa en triturar la roca elevando y dejando caer una pesada barrena cincel con vástago sujeta al extremo de un cable. Cada cierto tiempo se extrae la barrena y los fragmentos de roca triturada se suspenden en agua y se eliminan sacándolos a la superficie mediante lavado a presión o bombeo. A medida que el agujero va adquiriendo mayor profundidad, se le reviste con tubería de acero para evitar su derrumbe y como protección contra la contaminación de las aguas subterráneas. La perforación, incluso de un pozo de escasa profundidad, representa un trabajo considerable y al encontrar petróleo o gas no hay modo de controlar el flujo inmediato de producto a la superficie.

Otros métodos de perforación. La perforación abrasiva es un método en el que se utiliza un material abrasivo a presión (en lugar de una barra con barrena) para atravesar los sustratos. Otros métodos son la perforación con explosivos y la perforación con llama.

### PERFORACIÓN

**Perforación direccional.** La perforación direccional es una técnica de perforación rotativa que guía la columna de perforación siguiendo una trayectoria curva a medida que el agujero se hace más profundo.

Este método se utiliza para llegar hasta yacimientos que son inaccesibles mediante la perforación vertical.

Asimismo reduce los costes, ya que permite perforar varios pozos en distintas direcciones desde una sola plataforma.

Este mayor alcance de perforación permite penetrar en yacimientos submarinos desde la costa.

Muchos de estos métodos son posibles gracias al empleo de ordenadores para guiar perforadoras automáticas y tubería flexible (espiral), que se sube y baja sin tener que conectar y desconectar secciones.

### CONSTRUCCIÓN DEL POZO

Los pozos son barrenados por etapas, comenzando la perforación de 400 a 600 m de profundidad, dependiendo de las condiciones del área y de la profundidad final. Se iza el equipo de perforación y se inserta la primera tubería de acero, “camisa” (surface casing) que es cementada por el exterior, para protegerla de la corrosión y evitar la contaminación hacia el subsuelo.

Se vuelve a introducir el equipo de perforación para perforar la siguiente longitud, y se introduce otra “camisa” intermedia que se vuelve a cementar por su exterior (el cemento se introduce a presión por el centro de la camisa y sube rellenando el espacio anular entre camisa y paredes del pozo).

Desde la plataforma de perforación se acoplan y desacoplan las tuberías de perforación que se usan para aumentar la profundidad de perforación. A medida que aumenta la profundidad del orificio se va alargando el tubo y se suspende de la torre la columna de perforación.

Todas estas camisas son ensambladas entre ellas por rosca o por “couplings” y su función es evitar derrumbamientos de las paredes del pozo hacia el interior de la perforación, y evitar la contaminación de las diferentes capas del subsuelo cuando el pozo esté en explotación.

Una vez que se instalan las camisas de superficie, y la camisa intermedia, se pasa a la etapa de terminación, que consiste en la instalación de la camisa de producción.

La perforación puede durar desde unos días hasta meses, en función de la composición de las rocas.



### CONSTRUCCIÓN DEL POZO

Durante el control del pozo, los perforadores ajustan el peso de la columna de lodo (mud), de manera tal que sea suficiente para que la presión interna del pozo debido al gas acumulado en las capas del subsuelo, no entre a la perforación efectuada, y que, a su vez la presión de lodo no sea mayor que la de los hidrocarburos atrapados en la tierra, ya que en ese caso el lodo podría entrar en el reservorio y taponar el pozo.

Otros problemas que se pueden dar son:

- El tubo de la columna de perforación se suelta y cae en el interior del orificio. Es difícil y costoso recuperarlo y puede provocar el abandono del pozo.
- Las herramientas de perforación se atasquen en el agujero al detener la perforación. Para evitar esto, una vez que se inicia la perforación normalmente se continúa sin interrupción hasta terminar el pozo.
- Si la presión interior de los hidrocarburos del pozo es mayor que la presión de lodo, ocurre lo que se llama "kick", que si no se controla a tiempo, puede hacer que brote el gas y petróleo sin tener aún todas las condiciones y prenderse el pozo.

### PERFILAJE, ENTUBAMIENTO, CEMENTACIÓN

#### Lodo de perforación

Los lodos de perforación son fluidos que circulan a través de la sarta de perforación hasta la barrena y regresa a la superficie por el espacio anular. Es clave en el proceso de perforación.

Los lodos de perforación son agua, arcilla o petróleo como fluido base y aditivos (por ejemplo, formaldehído, cal, hidracida sódica, baritina) . A menudo se añade sosa cáustica para controlar el pH (acidez) del lodo de perforación y neutralizar aditivos del lodo y líquidos de terminación potencialmente peligrosos. En años recientes, hay lodos de perforación a base de sintéticos formulados (éster, éteres o polialfaolefinas), siendo menos tóxicos en ambientes marinos y poseen un alto grado de biodegradación.

Sus principales funciones son:

- Enfriamiento y lubricación de la barrena.
- Estabilidad en las paredes del agujero.
- Control de las presiones de la formación rocosa.
- Soporte adicional del peso de la sarta de perforación
- Suspensión de cortes y sólidos al interrumpirse la perforación.
- Transmisión de la potencia hidráulica a la barrena.
- Arrastre de cortes y detritus a la superficie.

### PERFILAJE, ENTUBAMIENTO, CEMENTACIÓN

#### Lodo de perforación

El lodo de perforación se inyecta en el pozo bajo presión desde el tanque de mezcla en la plataforma de perforación, por el interior de la tubería de perforación hasta la barrena. Después, el lodo asciende por entre la superficie exterior de la tubería de perforación y las paredes del agujero y vuelve a la superficie, donde se filtra y recicla.

El lodo de perforación se utiliza para refrigerar y lubricar la barrena, lubricar la tubería y expulsar del agujero de perforación los fragmentos de roca triturados.

El lodo de perforación se utiliza también para controlar el flujo que sale del pozo, al revestir las paredes del agujero y oponer resistencia a la presión del gas, petróleo o agua que encuentre la barrena.

Se pueden inyectar chorros de lodo a presión en el fondo del agujero para facilitar la perforación.

### PERFILAJE, ENTUBAMIENTO, CEMENTACIÓN

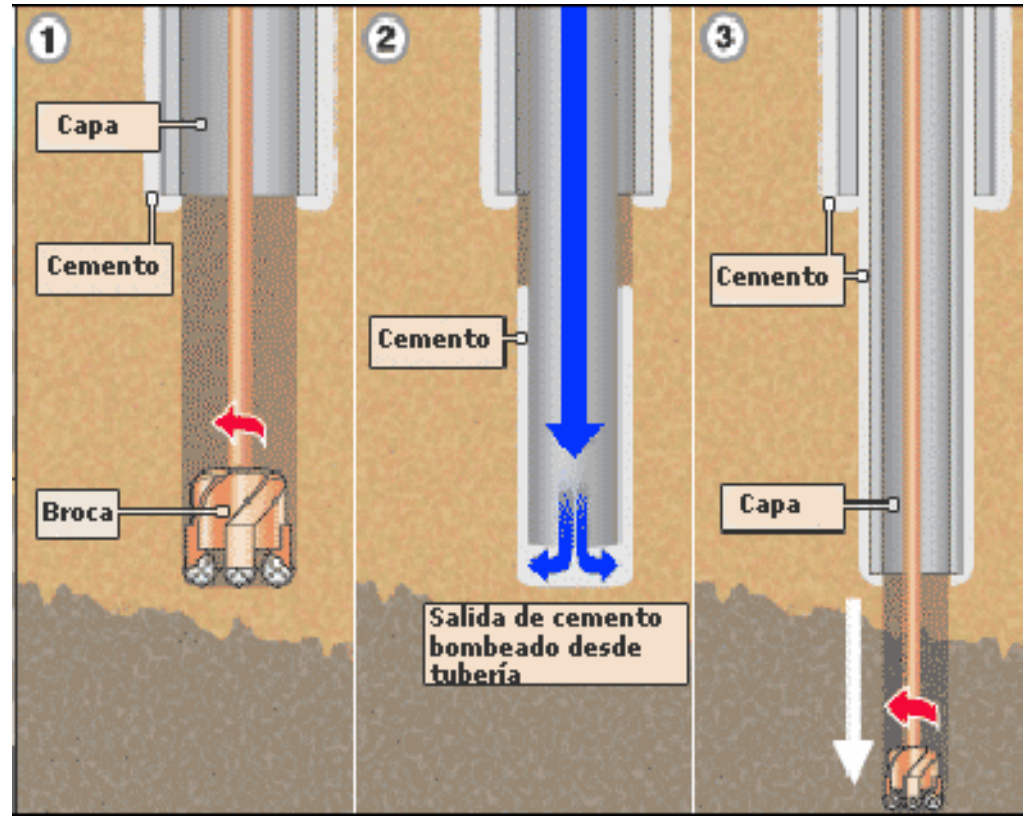
#### Revestimiento y cementación

El revestimiento → tubería pesada de acero especial que reviste el agujero del pozo. Se utiliza para evitar el derrumbe de las paredes del agujero de la perforación y proteger los estratos de agua dulce previniendo fugas del flujo de retorno de lodo durante las operaciones de perforación. El revestimiento sella también las arenas impregnadas de agua y las zonas de gas a alta presión.

Por cada camisa o tubería de perforación introducida se realiza una cementación del espacio entre la pared y la camisa. Para ello se bombea una lechada de cemento a la tubería que sube por el espacio comprendido entre el revestimiento y las paredes del pozo.

Una vez fraguado el cemento y colocado el revestimiento, la perforación continua utilizando una barrena de menor diámetro.

Por último, se extrae la tubería de perforación y la barrena, y se cementa el tramo final de revestimiento, para evitar que entre tierra, rocas, agua, etc.



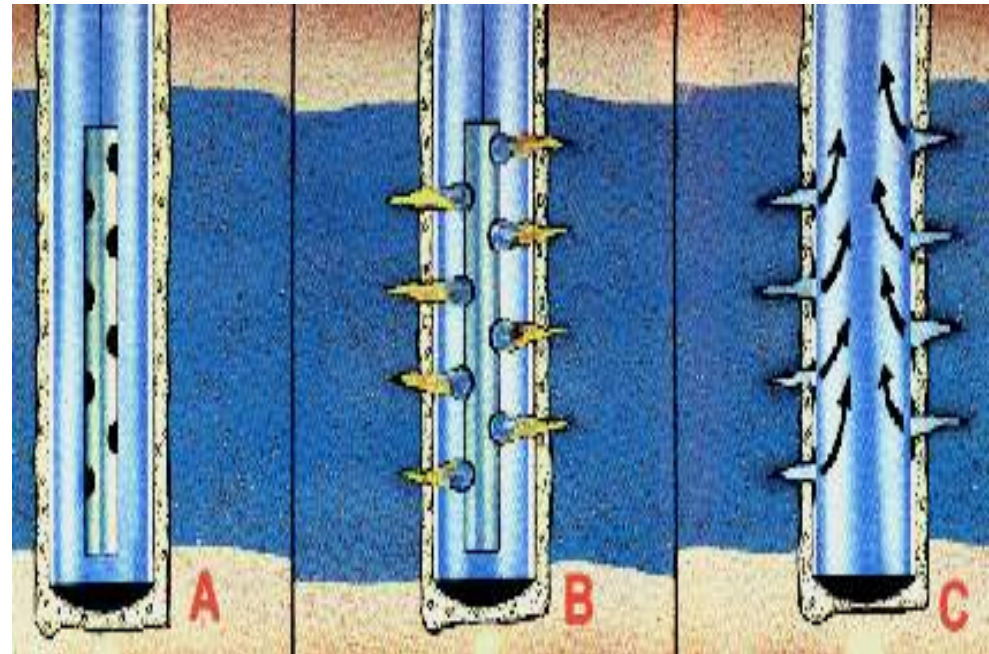
### TERMINACIÓN

La terminación es el proceso de comenzar la producción una vez perforado el pozo hasta la profundidad a que se estima encontrar petróleo o gas. Comprende varias operaciones, entre ellas:

- La penetración de la tubería de producción; durante la perforación se utilizan barrenas sacatestigos especiales para extraer muestras de hasta 50 m de longitud analizándolas para determinar cuándo debe efectuarse la penetración.
- La limpieza del oleoducto expulsando el agua y el sedimento para despejar el flujo de producción.

Dado que esta última parte está también cementada, es necesario romper el cemento para permitir el paso de hidrocarburos al pozo. Para ello se introduce en el pozo una pistola de perforación (perforating gun) consistente en un tubo metálico con casquillos que contienen balas o cargas explosivas huecas.

Las cargas se detonan por medio de impulsos eléctricos para que atraviesen la entubación y penetren en el yacimiento, creando así aberturas para que el petróleo y el gas fluyan al pozo y, a través de éste, lleguen a la superficie.



### TERMINACIÓN

El flujo de petróleo crudo y gas natural se controla mediante una serie de válvulas colocadas en la parte superior de la cabeza del pozo (dispositivos antirreventones, consistentes en válvulas, sacos y empaquetaduras), que se denomina “árbol de navidad”.

La mayoría de los árboles de Navidad están provistos de dos alas: una válvula lateral de producción, conectada a las instalaciones de producción de superficie, y una válvula lateral de ahogo que puede ser utilizada con fines de control o tratamiento del pozo.

Además, para completar el pozo se instalan monitores y controles para accionar de forma automática o manual las válvulas de seguridad de superficie y subterráneas, en caso de cambio de presión, incendio u otra situación peligrosa.



### ETAPAS DE PRODUCCION

#### Flujo en el yacimiento.

- Esta fase se refiere a la difícil y complicada trayectoria que sigue el petróleo dentro del yacimiento a miles de metros de profundidad a través de los microcanales de roca porosa y permeable hasta llegar al fondo del pozo. Gracias a la presión o energía natural que existe en el yacimiento.

#### Producción en el pozo

- Una vez que el petróleo llega al fondo del pozo, continúa su recorrido por la tubería vertical de producción hasta alcanzar la superficie. A medida que el petróleo asciende (bien sea por medios naturales o por métodos de levantamiento artificial) la presión disminuye y ocurre la liberación del gas originalmente disuelto en el crudo.

#### Recolección de crudo.

- Después que el petróleo de cada uno de los pozos del yacimiento ha alcanzado la superficie, se recolecta mediante un sistema de líneas de flujo que van desde el cabezal de los pozos hasta las estaciones de flujo.

Las tasas de recuperación  
actuales >60 %

### PRODUCCIÓN

La producción de petróleo se lleva a cabo básicamente por desplazamiento mediante el agua o gas contenido en el yacimiento. Esta presión natural disminuye a medida que se van extrayendo petróleo y gas del yacimiento. Se denomina recuperación al proceso de recolección del crudo y el gas, y que se puede clasificar en: Recuperación Primaria / Secundaria / Terciaria.

**Recuperación Primaria**; es el procedimiento de producción que sólo emplea las fuerzas impulsoras naturales para recuperar los hidrocarburos del reservorio hacia el pozo.

El flujo ascendente lo controla la presión natural del yacimiento, debida a:

- El gas disuelto en el petróleo.
- El gas a presión atrapado encima del petróleo (si existe).
- La presión hidráulica del agua atrapada debajo de este último (si existe).



### PRODUCCIÓN

**Recuperación Secundaria**; la energía del pozo se aumenta mediante la inyección de gas o agua en el pozo, sustituyendo la presión interior del yacimiento por una fuerza de empuje artificial. Esto puede lograrse con agua a presión (en la mayor parte de los casos), o con gas natural presurizado. Cuando hay pozos cercanos se obtienen buenos resultados. Tiene 2 fases:

1ª fase: Mantenimiento o Restauración de la presión; generalmente se inicia este método a comienzos de la recuperación primaria. El gas puede ser inyectado, por ejemplo, en la parte superior de una estructura petrolífera, o en los flancos de una acumulación de petróleo.

2ª fase: Inyección de agua (inundación) o de gas (empuje de gas); la inundación con agua o el empuje mediante gas muchas veces se inicia al finalizarse la recuperación primaria, cuando se ha agotado la presión natural

Tanto el agua como el gas se inyectan en pozos perforados para tal fin.

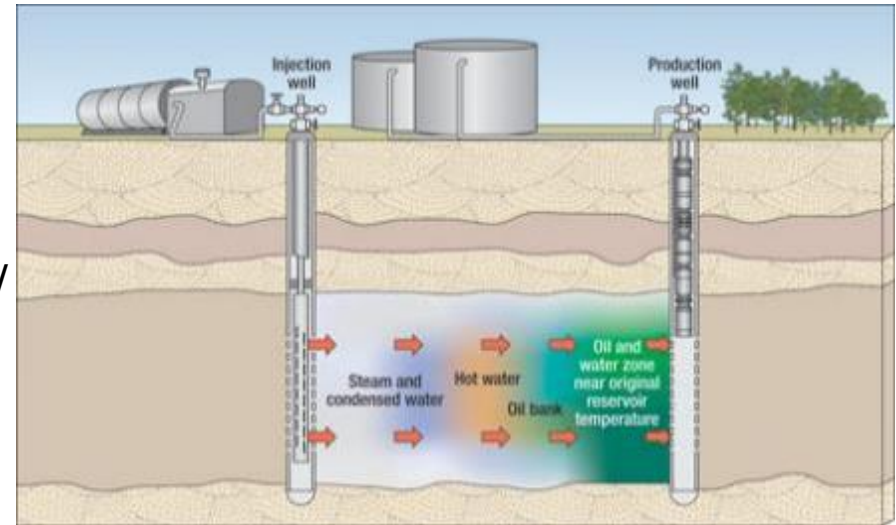
Al final o cerca del final de la vida útil del yacimiento, la recuperación terciaria se utiliza para recuperar más petróleo.

### PRODUCCIÓN

#### Recuperación Terciaria.

Esta recuperación se realiza de 3 formas diferentes:

1) Por inyección de vapor, que calienta el petróleo y comienza a fluir más fácilmente, aumentando la producción.



2) Por inyección de aire, que es parecido a la inyección de agua antes descrita.

3) Por desplazamiento miscible, mejora la inyección de agua reduciendo la tensión superficial del petróleo crudo. Primero se inyecta en un yacimiento un líquido miscible (soluble en el crudo). Después, se inyecta otro líquido que empuja la mezcla de crudo y líquido miscible hacia el pozo de producción. La inyección de polímero miscible consiste en utilizar un detergente para separar el crudo de los estratos mediante lavado. Detrás del detergente se inyecta un agua espesada para desplazar el crudo hacia el pozo productor.

La última fase es la de agotamiento o de producción marginal, los pozos producen intermitentemente.

### PRODUCCIÓN

#### Recuperación Terciaria con aditivos químicos

En el método 3 (por **desplazamiento miscible**) se pueden utilizar:

- Inyección de polímeros
- Inyección de surfactantes
- Inyección de soluciones alcalinas
- Aditivos químicos combinados

#### **Inyección de polímeros**

Es una modificación de la inyección de agua y consiste en añadir al agua de inyección una cantidad pequeña de polímeros, de 200 a 1000 ppm, de un alto peso molecular antes de que esta sea inyectada en el yacimiento.

### PRODUCCIÓN

#### Recuperación Terciaria con aditivos químicos

##### Inyección de polímeros

Actualmente, se usan **tres tipos de polímeros**: Los poliacrilamidas, los polisacáridos y los poli-óxidos de etileno. Los dos primeros son los mas aplicados en pruebas de campo, siendo los poliacrilamidas los mas populares, debido a que, además de aumentar la viscosidad, alteran la permeabilidad de la roca yacimiento en las zonas invadidas, lo cual también baja la movilidad efectiva del agua inyectada.

##### Rango de aplicación:

###### Petróleo

- Gravedad > 25 ° API
- Viscosidad < 150 centipoise (preferiblemente < 100)

###### Yacimiento

- Espesor neto No critico
- Profundidad < 9000 pies
- Razón de movilidad 2 – 40
- Permeabilidad > 20 mdarcy
- Factor de Heterogeneidad 0,5 - 0,85

### PRODUCCIÓN

#### Recuperación Terciaria con aditivos químicos

##### **Inyección de surfactante**

Este método de inyección es usado generalmente después de la inyección de agua, este usa una mezcla de agua con tenso-activos o surfactantes que disminuyen las fuerzas capilares que atrapan el crudo en la roca, con lo cual es mas sencillo mover cantidades discontinuas de crudo.

Los surfactantes más empleados son sulfanatos, los cuales pueden ser empleados en un amplio intervalo de temperaturas a bajas salinidades.

Por lo general se emplean sulfatos oxialquilados y sulfanatos en combinación con sulfanatos de petróleo.

Aún cuando las aplicaciones de este método a nivel de campo han resultado exitosas, la mayoría no son rentables debido a los altos costos de los surfactantes inyectados.

### PRODUCCIÓN

#### Recuperación Terciaria con aditivos químicos

##### **Inyección de soluciones alcalinas**

Este método consiste en la inyección de soluciones cáusticas o alcalinas en la formación. Estos reactivos químicos reaccionan con los ácidos orgánicos presentes naturalmente en los crudos con lo cual se logra generar o activar surfactantes naturales que traen como consecuencia directa mejoras en la movilidad del crudo a través del yacimiento y hacia los pozos productores

##### **Inyección de mezclas de aditivos químicos**

Las combinaciones de aditivos químicos que generalmente se dan, son

- Inyección de polímeros micelares o mezcla de polímero-surfactante.
- Inyección de mezclas álcali-surfactantes (AS).
- Inyección de sistemas álcali-surfactante-polímero (ASP).

### PRODUCCIÓN

Otras técnicas para estimular el petróleo crudo atrapado en las rocas del subsuelo a que penetre en la camisa de producción son la acidificación y la fracturación que ya vimos.

Acidificación; es un método para aumentar el rendimiento de un pozo bombeando ácido en un yacimiento productor directamente con objeto de abrir canales de flujo mediante la reacción de los productos químicos y los minerales. Al principio se utilizaba ácido clorhídrico, pero ahora se le añaden diversas sustancias químicas para controlar su reacción y evitar la corrosión y la formación de emulsiones.

Junto al ácido clorhídrico se emplean también ácido fluorhídrico, ácido fórmico y ácido acético, dependiendo del tipo de roca o de los minerales del yacimiento. El ácido fluorhídrico siempre se combina con uno de los otros tres ácidos y originalmente se usaba para disolver la arenisca. Suele llamársele “ácido antilodo”, dado que actualmente se utiliza para limpiar perforaciones taponadas con lodo de perforación y restaurar la permeabilidad dañada en las inmediaciones del agujero del pozo. Los ácidos fórmico y acético se utilizan en yacimientos profundos, muy calientes, de caliza y dolomita, y como ácidos de descomposición antes de la perforación. El ácido acético también se añade a los pozos como agente tampón neutralizante para controlar el pH de los líquidos de estimulación del pozo. Casi todos los ácidos llevan aditivos, como inhibidores para evitar la reacción con los revestimientos metálicos, y tensoactivos para prevenir la formación de lodos y emulsiones.

Una vez obtenidos el petróleo y el gas natural, se separan y se eliminan del petróleo crudo, el agua y el sedimento.

### PRODUCCIÓN

#### Bombeo de hidrocarburos en pozo

##### **Tipos de bombeo**

- Bombeo mecánico
- Bombeo Electro sumergible
- Bombeo de Cavidad Progresiva
- Bombeo Hidráulico

##### **Bombeo mecánico**

La bomba se baja hasta el fondo de la tubería de producción, y se acciona por varillas movidas por un balancín, al que se imprime un movimiento de vaivén.

Sus características son:

- Mas usado en el mundo.
- Balancín de producción.
- Proceso de succión y transferencia.
- Válvulas fijas y viajeras.
- Válvulas de no retorno.



### PRODUCCIÓN

## Bombeo de hidrocarburos en pozo

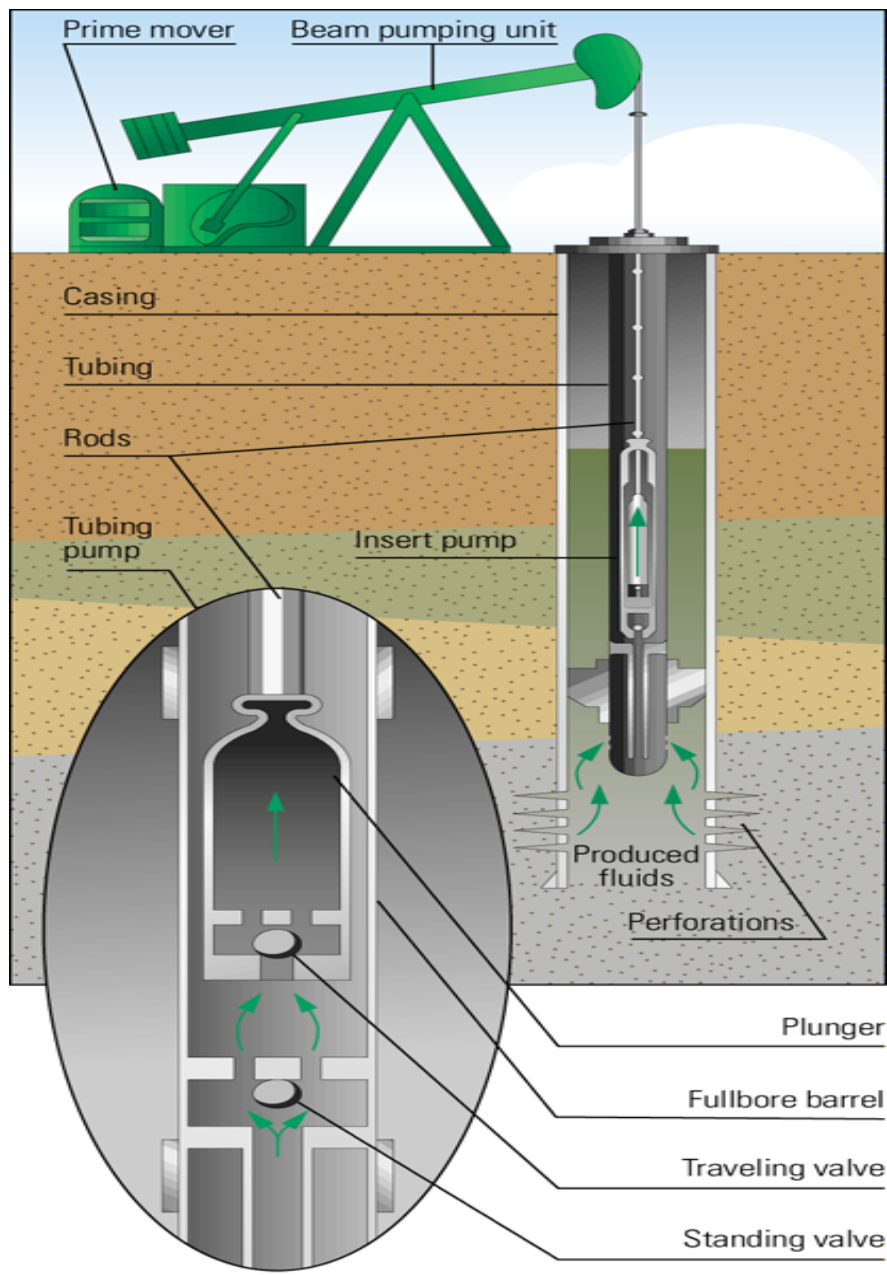
### Bombeo mecánico

Componentes principales balancín de producción:

**Motor:** combustión interna o eléctrico.

**Bomba de Sub-suelo:** bomba de pistón de desplazamiento positivo, desde su profundidad de instalación hasta la superficie, que funciona por diferenciales de presión mediante bolas y asientos, para permitir la entrada y sello de fluido en ciclos periódicos sincronizados.

1º elemento que se debe considerar al diseñar una instalación de bombeo mecánico para un pozo, ya que del tipo, tamaño y ubicación de la bomba depende el resto de componentes.



### PRODUCCIÓN

#### Bombeo de hidrocarburos en pozo

##### Bombeo mecánico

##### Ventajas

- El diseño simple.
- El sistema es eficiente y fácil de operar por el personal de campo.
- Es aplicado en crudo pesado y altamente viscoso.
- Puede utilizar combustible o electricidad como fuente de energía.
- El equipo puede operar a temperatura elevadas.
- Permite variar la velocidad y longitud de carrera para el control de la producción.

##### Desventajas

- La efectividad del sistema puede verse afectada por la presencia del gas.
- La presencia de arenas ocasionan el desgaste severo del equipo.
- Requiere altos costos e mantenimiento.
- Profundidades limitadas.
- El equipo es pesado y ocupa mucho espacio.
- La producción declinan rápidamente.

- Para profundidades inf. a 9000 pies =2,7 km.
- No se puede utilizar en pozos desviados.
- No debe existir presencia de arenas.
- Solo se utiliza en pozos unidireccionales.
- Temperaturas inferiores a 500 °F.

### PRODUCCIÓN

#### Bombeo de hidrocarburos en pozo

##### **Bombeo electro sumergible (BES)**

Es una bomba de varias paletas montadas axialmente en un eje vertical unido a un motor eléctrico. El conjunto se baja en el pozo con una tubería especial que lleva un cable adosado, para transmitir la energía eléctrica al motor.

##### **Características**

- Consta de una serie de bombas centrifugas ubicadas en el subsuelo para levantar fluidos del fondo del pozo. Se basa en el principio de centrifugación de fluidos.
- Transfiere energía eléctrica que transfiere energía mecánica (torque) que a su vez genera energía potencial (a través de las etapas).

### PRODUCCIÓN

#### Bombeo de hidrocarburos en pozo

#### Bombeo electro sumergible (BES)

##### Ventajas

- Puede levantar altos volúmenes de fluidos
- Maneja altos cortes de agua (aplicables off-shore)
- Su vida útil puede ser muy larga.
- Trabaja bien en pozos desviados
- Puede usarse para inyectar fluidos a la formación.
- Fácil aplicación de tratamientos contra la corrosión y formaciones de escamas.

##### Desventajas

- Inversión inicial muy alta.
- Alto consumo de potencia.
- No es rentable en pozos de baja producción.
- Los cables se deterioran al estar expuestos a temperaturas elevadas.
- Válidas para producción de gas y presencia de arena.
- Su diseño es complejo.
- Las bombas y motor son susceptibles a fallos.

- Temperatura: limitado  $< 350^{\circ}\text{F}$
- Presencia de gas: saturación de gas libre  $< 10\%$
- Presencia de arena:  $< 200$  ppm
- Viscosidad: limite cercano a los 200 cps.
- Profundidad: 6000 - 8000 pies
- En pozos verticales, y desviados.
- Volumen de fluido: hasta 4000 BPD.

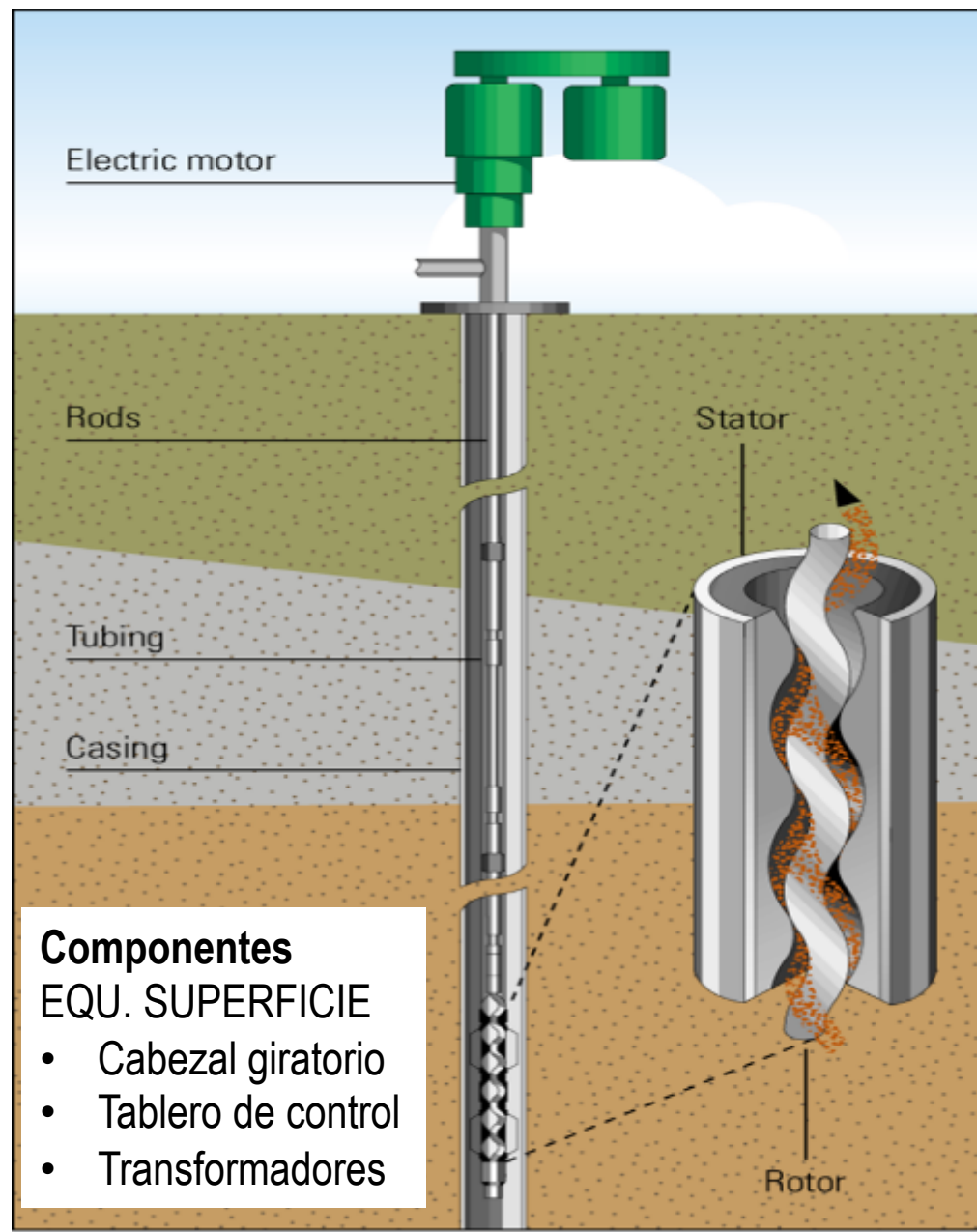
### PRODUCCIÓN

#### Bombeo de hidrocarburos en pozo

#### Bombeo de cavidad progresiva

#### Características

- La operación de la bomba es sencilla, a medida que el rotor gira excéntricamente dentro del estator, se van formando cavidades selladas entre las superficies de ambos, para mover el fluido desde la succión de la bomba hasta su descarga.
- Es un método de levantamiento artificial que se puede utilizar en la producción de fluidos muy viscosos y posee pocas partes móviles por lo que su mantenimiento es relativamente sencillo.



### PRODUCCIÓN

#### Bombeo de hidrocarburos en pozo

#### Bombeo de cavidad progresiva

##### Ventajas

- Bajo costo de instalación.
- Bombea crudo de alta y baja gravedad API.
- Puede manejar hasta 100% de agua.
- El equipo de superficie puede ser transportado e instalado fácilmente.
- Aumenta la vida útil de la sarta.
- Bajo consumo de energía eléctrica.
- Bajos costos de mantenimiento.

##### Desventajas

- Su profundidad de operaciones recomendada es de 4.000 pies.
- Requiere suministro de energía eléctrica.
- No se recomienda en pozos de más de 180°F.
- El material elastómero es afectado por crudos con aromáticos.

- Usado principalmente en pozos de gas.
- Limitados solo para yacimientos pocos profundos, máximo 5.000 pies.
- Limitado por el elastómero del estator, se usa por debajo de 250°F.



### PRODUCCIÓN

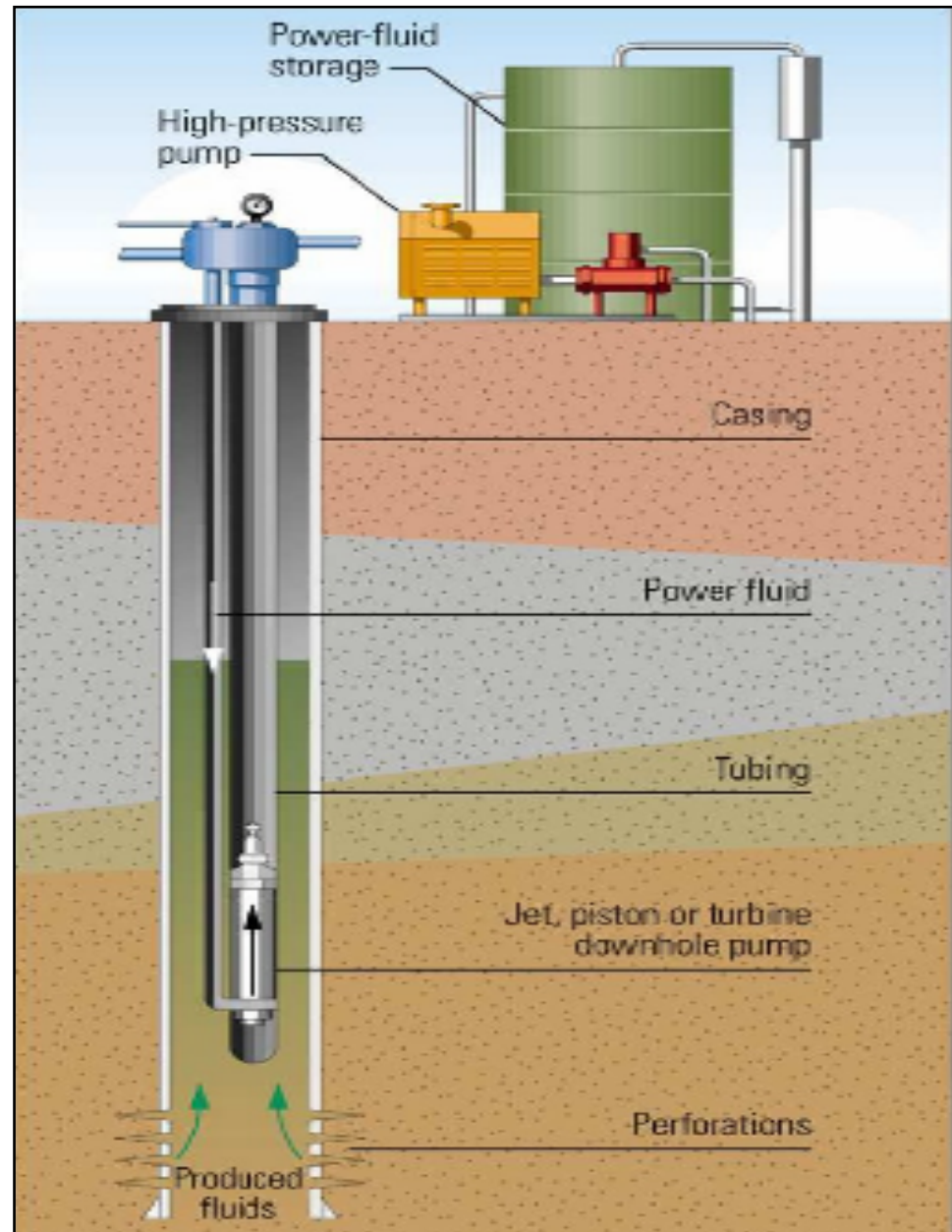
## Bombeo de hidrocarburos en pozo

### Bombeo Hidráulico

Consiste en bombas accionadas en forma hidráulica por un líquido, generalmente agua y crudos livianos del mismo pozo, que se conoce como fluido matriz. Las bombas se bajan dentro de la tubería y se accionan desde una estación satélite.

### Características

- Alcanza profundidades aprox. 18.000 pies.
- Su potencia es transmitida mediante un fluido presurizado que es inyectado a través de la tubería
- Este fluido es usado por una bomba de subsuelo que actúa como un transformador para convertir la energía de dicho fluido a energía potencial o de presión



### PRODUCCIÓN

#### Bombeo de hidrocarburos en pozo

#### Bombeo hidráulico

##### Ventajas

- Puede ser usados en pozos profundos (+/- 18.000 pies ).
- Puede ser utilizado en pozos desviados, direccionales y sitios inaccesibles.
- Varios pozos pueden ser controlados y operados desde una instalación central de control.
- Puede manejar bajas concentraciones de arena

##### Desventajas

- Costo inicial alto
- Las instalaciones de superficie presentan mayor riesgo, por la presencia de altas presiones.
- Altos costos en la reparación del equipo.
- No es recomendable en pozos de alto RGP (relación gas petróleo).
- Problemas de corrosión.
- Diseño es complejo.

- Problemas para presiones mayores a 2 bar.
- Fácil de extraer.
- Su eficiencia es regular, máxima eficiencia 30%. Eficiencia típica entre 10-20%.
- Su flexibilidad es de buena a excelente y presión ajustable a condiciones de producción.



### PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL

Hay dos tipos de pozos que producen gas natural:

- Los pozos de gas húmedo producen gas que contiene líquidos disueltos.
- Los pozos de gas seco producen gas que no puede licuarse fácilmente.

En función del uso que se le dé como combustible, el gas natural se comprime o se licúa.

El procedente de yacimientos de gas y condensado de gas se prepara en el mismo yacimiento para que cumpla unos criterios de transporte específicos antes de comprimirlo y conducirlo a los gasoductos. La preparación incluye la eliminación del agua con desecadores (deshidratadores, separadores y calentadores), del petróleo.

Se eliminan del gas natural el ácido sulfhídrico y el dióxido de carbono (evitar corrosión en los gasoductos), también el propano, el butano y el pentano para evitar que se condensen en el sistema.

### ETAPAS DE PRODUCCION

#### Separación del gas.

- En las **estaciones de flujo** de petróleo y el gas producidos por los pozos entran a los separadores donde se completa la separación del gas que aún quedaba mezclado con el petróleo. Al salir por los separadores, el petróleo y el gas siguen rutas diferentes para cumplir con los distintos usos y aplicaciones establecidas. **Tratamiento Upstream**

#### Almacenamiento de crudo.

- Los diferentes tipos de petróleo que llegan a las **estaciones de flujo** son bombeados a través de las tuberías hasta los **patios de tanques**, donde finalmente se recolecta y almacena toda la producción de petróleo de un área determinada, para ser tratada, eliminando el gas, el agua y la sal, adecuándolo a especificaciones comerciales.

#### Transporte de oleoductos

- El crudo limpio (sin agua y desalado) almacenado en los patios de tanques es enviado a través de los oleoductos a las refinerías del país y a los terminales de embarque para su exportación a los mercados de ultramar

#### Embarque a exportación

- El petróleo que llega a los terminales de embarque es cargado a la flota para su envío a los distintos mercados del mundo.

### ESTACIONES DE FLUJO

**ESTACIONES DE FLUJO:** Instalación compuesta por tanques, bombas y tuberías donde se recolecta la producción de varios pozos para enviarla posteriormente a otros sitios según las operaciones que se realicen.

Línea de Flujo: Tubería utilizada para conducir uno o más fluidos entre diferentes instalaciones o pozos dentro de Campos petrolíferos y de gas.

Se llama línea de flujo al espacio de reservorio recorrido por el fluido contenido cuando se pone a producir un pozo. Las líneas de flujo pueden ser mapeadas para generar un diagrama que muestre como se desplazan los fluidos.

### ESTACIONES DE FLUJO

Sus funciones son:

- **Recolectar la producción** de los diferentes pozos de una determinada área.
- **Separar la fase líquida y gaseosa** del líquido multifásico proveniente de los pozos productores.
- **Medir la producción** de petróleo, agua y gas **de cada pozo productor**.
- Proporcionar un sitio para el almacenamiento temporal de petróleo.
- **Bombear el petróleo a patio de tanques.**

Sus componentes básicos son:

- Cabezal (Multiple) o cañón de producción.
- Líneas de flujo.
- Separador de producción General.
- Separador de Prueba.
- Depurador de gas
- Calentadores o calderas (para crudos pesados).
- Bombas de crudo.
- Bombas Inyección de química.
- Equipos auxiliares (instrumentos de medición, válvulas, etc).

### ESTACIONES DE FLUJO

Los procesos que se llevan a cabo:

1. Recolección de fluidos (mezcla de crudo, agua y gas).
2. Separación líquido – gas
3. Almacenamiento temporal de crudo en tanques.
4. Calentamiento (para crudos pesados).
5. Distribución de fluidos

#### Proceso de Recolección de Fluidos

Desde el cabezal de cada pozo arranca la tubería de flujo que, tendida desde los diferentes pozos, llega a una determinada estación de recolección, diseñada para recibir la producción de cierto número de pozos de un área determinada, el cañón de producción.

#### Múltiple de recolección

En la estación de flujo, el múltiple de producción representa un sistema de recolección al cual llega el flujo de cada uno de los pozos productores asignados a esa estación.

El múltiple facilita el manejo de la producción total de los pozos que ha de pasar por los separadores como también el aislamiento de pozos para pruebas individuales de producción (cuantificar su producción diaria).

Por medio de las interconexiones y la disposición apropiada de válvulas, se facilita la distribución, el manejo y el control del flujo de los pozos.

### ESTACIONES DE FLUJO

La mezcla gas-crudo-agua que seguirá este recorrido:

- Separadores gas-líquido donde se elimina el gas disuelto.
- La emulsión pasa a un separador gravitacional para eliminar el agua libre y el crudo no emulsionado.
- La emulsión restante se lleva al sistema de tratamiento seleccionado para la aplicación de calor y/o corriente eléctrica,
- El crudo separado pasa a un tanque de almacenamiento.

### Proceso de Separación de Fluidos

Una vez recolectado el petróleo, este se somete a un proceso dentro de un recipiente denominado Separador, en el cual el gas y el líquido (petróleo y agua) se separan a determinada presión. El gas sale por la parte superior del separador y mientras que el líquido va por la parte inferior del mismo.

### Separación de gases

Cuatro gases que se encuentran disueltos a presión en el crudo, se separan con facilidad:

- El Metano ( $\text{CH}_4$ ) y el Etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), componen el gas seco, así llamado porque no se licua por compresión. El gas seco se utiliza como combustible en el yacimiento o se inyecta en los gasoductos, mezclándolo con el gas natural.
- El Propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) y el Butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), constituyen el gas húmedo que se licua por compresión.

Además, el flujo de petróleo y gas puede contener agua y sedimentos procedentes del yacimiento productor.

### ESTACIONES DE FLUJO

## Proceso de Separación de Fluidos

### Separadores

Los separadores (horizontales o verticales) separan el gas asociado al crudo de los pozos de producción.

Según las fases que separan pueden ser **bifásicos** o **trifásicos**. Serán bifásicos si solamente separan gas y líquido y trifásicos si separan gas, petróleo y agua.

La mezcla de fluidos entrante choca con las placas de impacto desviadoras para separar gas-líquido mediante la reducción de velocidad y diferencia de densidad.

Requerimientos de un separador:

- Las tasas de flujo de las fases líquida y gaseosa deben estar entre ciertos límites, definidos según el diseño. Inicialmente la separación se efectúa por las fuerzas gravitacionales que actúan sobre esos fluidos, hasta que existe un equilibrio entre las fases líquido-vapor.
- La turbulencia que ocurre en la sección ocupada por el gas debe ser minimizada.
- La acumulación de espuma y partículas sólidas contaminantes ha de ser controlada.
- El separador requiere válvulas de alivio, con el fin de evitar presiones excesivas.

## ESTACIONES DE FLUJO

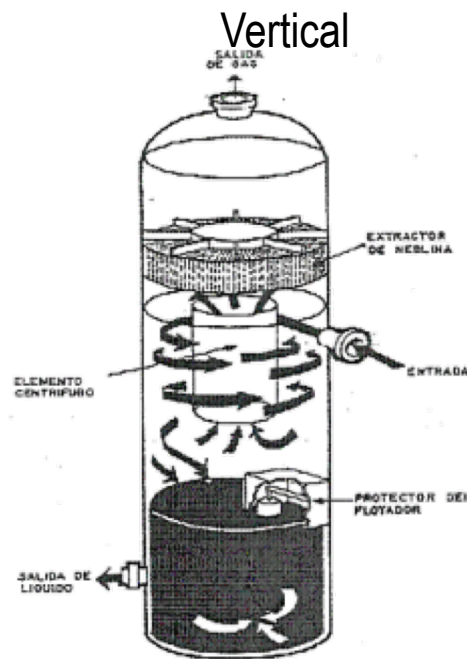
### Proceso de Separación de Fluidos

**Separadores gas-líquido.** Se pueden clasificar

#### Según su función:

- **Separadores de Producción General**, recibe los fluidos provenientes de la línea del múltiple de producción general.
- **Separador de Prueba**, recibe la producción de un solo pozo con el objeto de ser medida.

Según su configuración: Esféricos y Cilíndricos ( estos pueden ser **vertical u Horizontal**).



- Mayor espacio para la liberación del gas en la parte superior.
- Son frecuentemente usados cuando la relación de gas-líquido (RGL) es baja o el volumen total de gas es bajo o cuando se esperan grandes variaciones en el flujo de vapor/gas.
- En estos el control de nivel de líquidos no es crítico y puede fluctuar algunas pulgadas sin afectar la eficiencia operacional
- Puede manejar mayor volumen de crudo, producen menos espuma.
- Puede manejar grandes cantidades de arena, lodos y sólidos.
- Facilidad en eliminación de sólidos acumulados en el fondo.
- Instalaciones con limitaciones en espacio horizontal (off shore).
- Suelen colocarse después de equipos que causan condensación o coalescencia de líquidos.

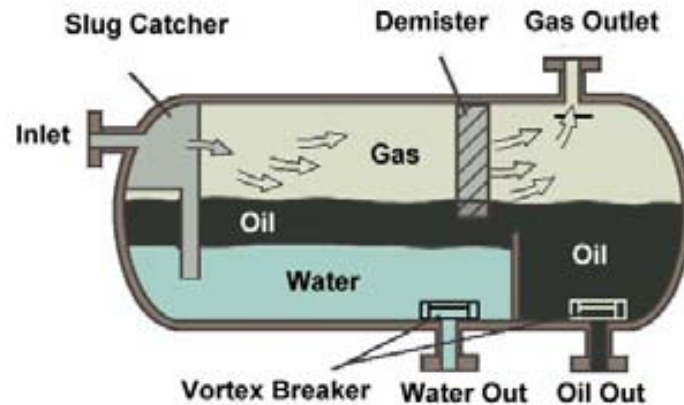


## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Separadores gas-líquido.

#### Separador horizontal



- Normalmente empleados gases con altas relación gas-aceite y cuando el volumen total de gas es alto.
- Para ratios de flujo relativamente constantes.
- Requieren menor diámetro, que un separador vertical, para una capacidad dada de gas.
- Manejan grandes cantidades de líquido, fuertes variaciones en la entrada de líquido,
- Difícil eliminación de sólidos acumulados (Necesidad de inclinar el recipiente ó añadir tuberías de lavado).
- Mayor área para dispersión de espuma y crudos emulsionados.

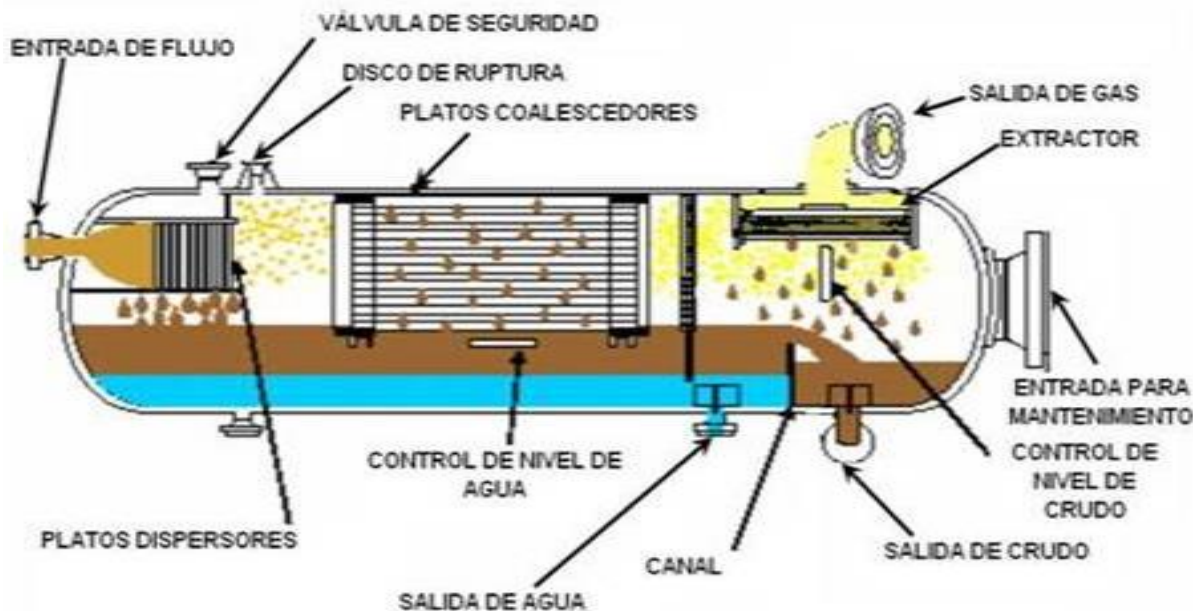
### ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Separadores.

##### Separador horizontal

- Primaria: En esta sección la separación es por gravedad y fuerza centrífuga.
- Secundaria: parte de éste líquido cae por gravedad, es un compartimiento donde se presenta la separación de fases.



- Acumuladora de Líquido: permite que el gas acabe de separarse del líquido e impide que el gas se vaya por el fondo del separador donde está la salida de los líquidos.
- Extractora de humedad: se encarga de retirar las gotas de humedad, por medio de filtros donde queda atrapado el líquido en forma de pequeñas gotas.

### ESTACIONES DE FLUJO

## Proceso de Separación de Fluidos

### Separadores gas-líquido.

Ventajas y desventajas

#### VERTICALES:

##### **Ventajas:**

- Eficientes para el manejo de sólidos
- Eficientes para absorber turbulencia
- Menor tendencia a la reincorporación de líquido al caudal de gas.
- Más efectivo en el manejo de caudales de producción con bajas RGL.
- Ocupa un menor espacio.

##### **Limitaciones:**

- Dificulta el mantenimiento y el control de las válvulas de alivio, etc.
- Se dificulta el transporte.

#### HORIZONTALES:

##### **Ventajas:**

- Para pozos con alto RGL.
- Más eficiente en el manejo de crudos espumosos.
- Más eficiente en el manejo de emulsiones.
- Mayor facilidad en el manejo y mantenimiento de instrumentos de control.
- Son de fácil transporte.

##### **Limitaciones:**

- Tiene limitaciones para absorber turbulencia.
- No maneja sólido como lo hace el vertical.
- Requiere de mayor área de instalación.

## ESTACIONES DE FLUJO

## Proceso de Separación de Fluidos

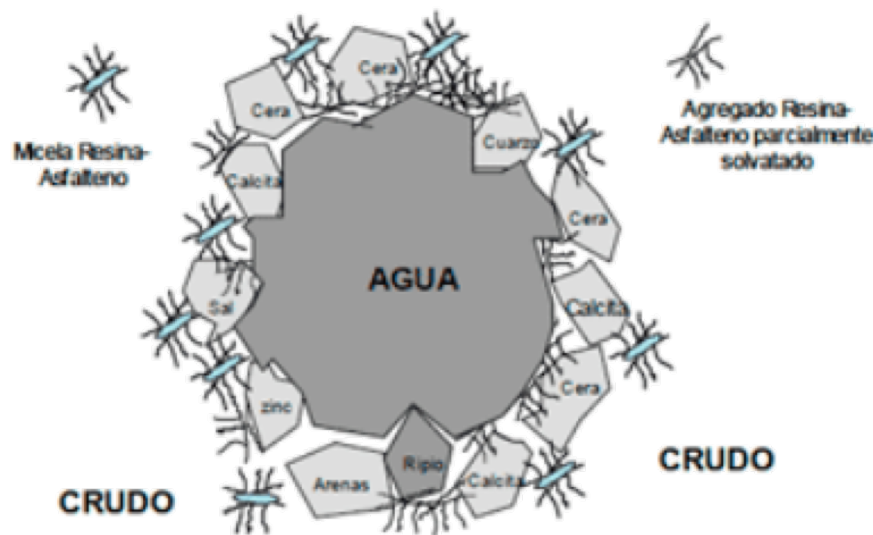
## Deshidratación de crudos.

es el proceso mediante el cual se separa el agua asociada con el crudo, ya sea en forma emulsionada o libre, hasta lograr reducir su contenido a un porcentaje pequeño, generalmente  $< 1\%$ .

El agua libre, se separa fácilmente del crudo por acción de la gravedad, cuando la velocidad de los fluidos es suficientemente baja.

La otra parte del agua está en forma de una emulsión de gotas de agua dispersadas en el aceite, la cual se llama **emulsión agua/aceite (W/O)**

Durante las operaciones de extracción del petróleo, la mezcla bifásica de petróleo crudo y agua de formación no forma emulsión en el medio poroso. Sin embargo, la agitación producida al pasar por todo el aparataje del levantamiento y el transporte es suficiente para que se forme emulsión W/O.



### ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

### Deshidratación de crudos.

Existen 3 requisitos esenciales para formar una emulsión:

Dos líquidos  
inmiscibles



En este caso, agua y  
petróleo (crudo).

Agitación y  
turbulencia



Suficiente para lograr la  
dispersión de uno de los líquidos  
en el otro, generando macro-  
emulsiones W/O.  
Mayor turbulencia se origina en  
el equipo en superficie o en el  
punto de inyección del gas,  
vapor o agua.

Agentes  
emulsificantes



Componente orgánico  
presente en el crudo que  
estabiliza la fase dispersa,  
al formar una película  
elástica y dura sobre la  
superficie de los glóbulos.

## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

Los agentes emulsionantes son:

#### SURFACTANTES NATURALES

- Macromoléculas, con actividad interfacial, con alto contenido de aromáticos.
- Formadas de fracciones ácidas de asfaltenos, resinas, ácidos nafténicos.
- Se adsorben en la interfase agua-crudo, formando una película que otorga estabilidad a la emulsión.

#### SÓLIDOS FINAMENTE DIVIDIDOS

- Partículas sólidas no solubles muy finas, más pequeñas que las gotas suspendidas.
- Se colectan sobre la superficie de la gota formando una barrera física.
- Sulfuro de hierro, arcilla, zinc, sílica, negro de humo.

#### QUÍMICOS DE PRODUCCIÓN

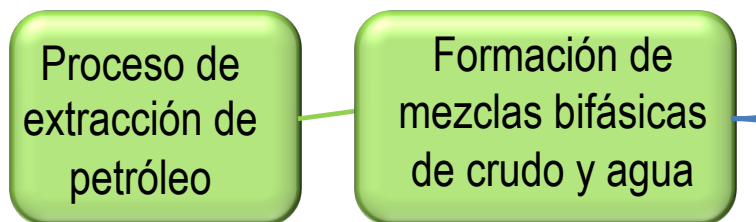
- Inhibidores de corrosión.
- Biocidas.
- Limpiadores.
- Agentes humectantes.

Estos surfactantes pueden adsorberse a la interfase de la gota de agua y formar una película rígida → alta estabilidad de la emulsión W/O formada (en – de 3 días). Por eso la emulsión debe tratarse lo más pronto posible.

### ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

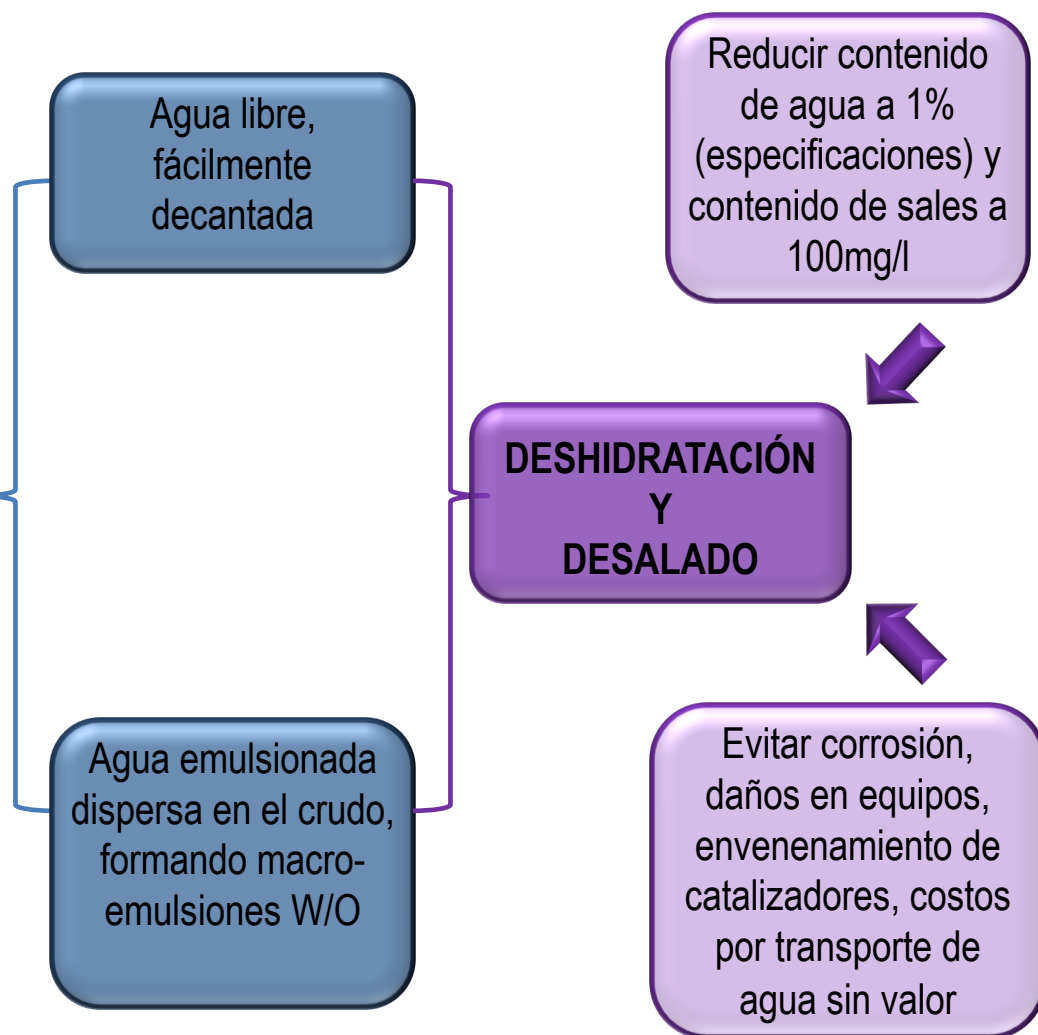
### Deshidratación de crudos.



- Contenido de agua emulsionada puede variar entre 0-80%. Encontrándose entre 10-35% para crudos pesados y extra-pesados, y entre 5-20% para crudos livianos y medianos.

- La fase acuosa dispersa se refiere como agua y sedimento (A&S) o agua y sedimento básico (A&SB).

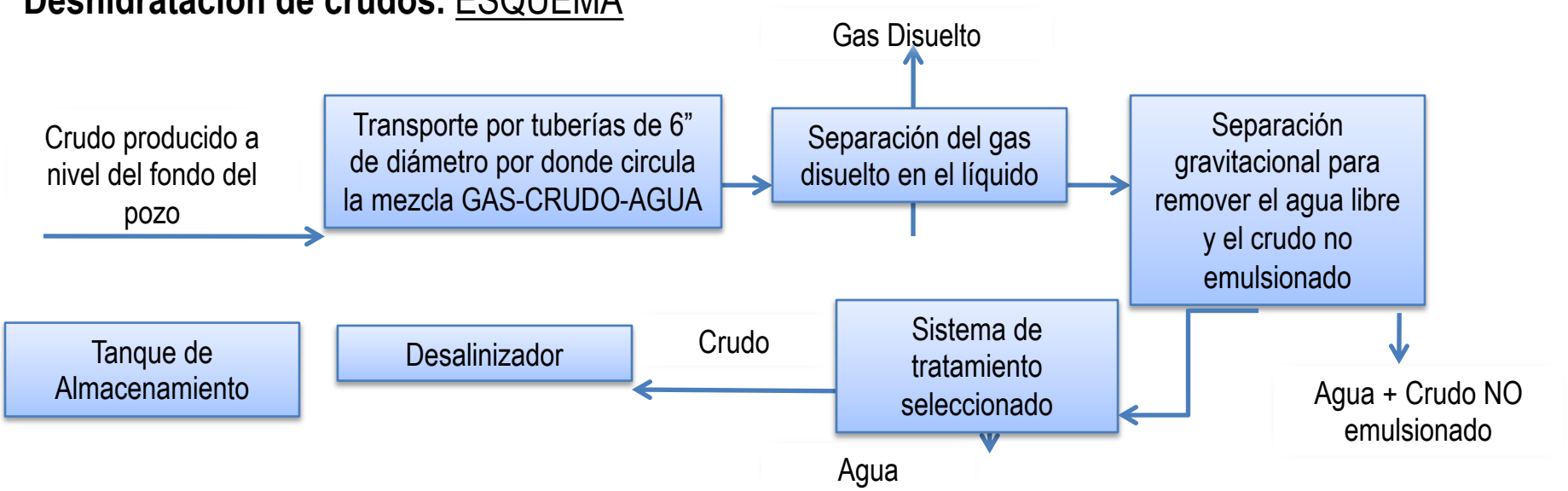
- Pueden ser duras o suaves, respecto a su tenacidad.



## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

### Deshidratación de crudos. ESQUEMA





## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos. Prevenir formación de emulsiones



Inyección de  
desemulsionantes a  
fondo de pozo



Eliminación de turbulencia en  
pozos fluyentes por  
aplicación de un  
estrangulador de fondo

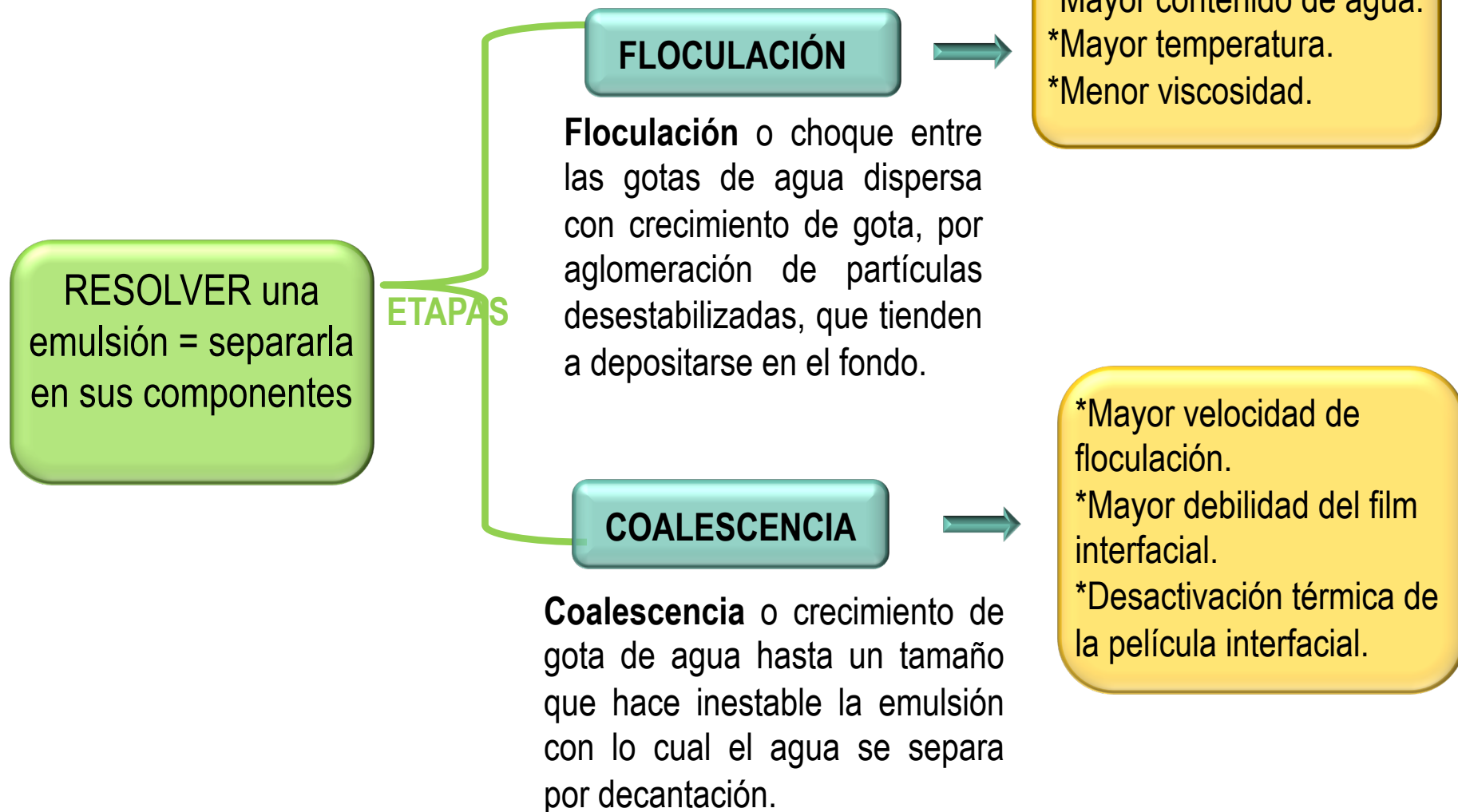


Añadir agua en fondo  
de pozo para crudos  
de bajo contenido de  
agua

## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos. Resolver una emulsión



### ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

**Deshidratación de crudos.** Proceso mediante el cual **se separa el agua asociada con el crudo**, ya sea en forma emulsionada o libre, hasta lograr reducir el contenido de la misma a un porcentaje previamente especificado (usualmente  $\leq 1\%$ ).

Objeto: disminuir costos asociados a los procesos de separación y refinación que deben llevarse a cabo cuando se manipula crudo emulsionado con agua.

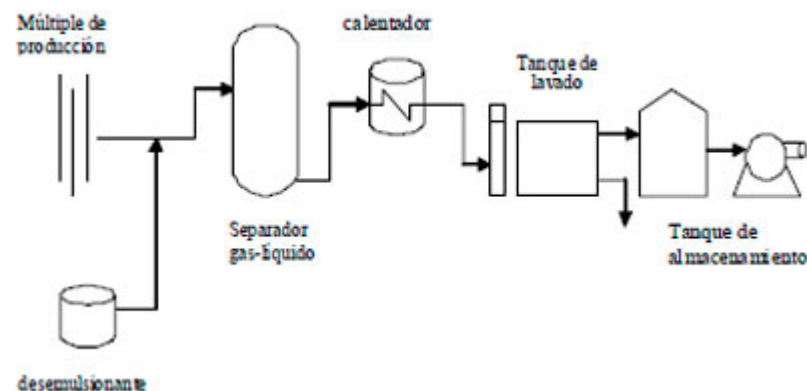
Existen estos métodos de deshidratación de crudo:

**Tratamiento químico;** consiste en la aplicación de un producto desemulsionante sintético (“química deshidratante”), inyectado tan pronto como sea posible a nivel de superficie o en el fondo del pozo. Así consigue más tiempo de contacto y puede prevenir la formación de emulsión corriente abajo.

**Tratamiento térmico** consiste en el calentamiento del crudo mediante equipos de intercambio de calor, tales como calentadores de crudo y hornos.

**Tratamiento mecánico** se caracteriza por utilizar equipos de separación dinámica que permiten la dispersión de las fases de la emulsión y aceleran el proceso de separación gravitacional. Entre ellos se encuentran los tanques de sedimentación, llamados comúnmente tanques de lavado.

**Tratamiento eléctrico** se utilizan equipos denominados deshidratadores electrostáticos, y consiste en aplicar un campo eléctrico para acelerar el proceso de acercamiento de las gotas de fase dispersa.



En general, se usan los métodos térmicos y químicos conjuntamente y combinados con uno mecánico o eléctrico para lograr la deshidratación efectiva de la emulsión W/O.

## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos. Tratamiento Químico

La aplicación de productos químicos para el tratamiento de emulsiones se efectúa por medio de bombas dosificadoras, las cuales inyectan el producto químico (desemulsificantes y antiespumantes) en los colectores de la estación, antes de la entrada a los separadores, con el fin de evitar la formación de espumas y así mejorar la eficiencia de la separación.

**Mecanismo físico-químico de acción**  
agentes deshidratantes o  
desemulsionantes



**Formulación óptima  
del sistema ( $SAD = 0$ )**  
SAD es la Diferencia de Afinidad del  
Surfactante

Estado de equilibrio entre las propiedades  
del surfactante para la fase acuosa y para  
la fase oleica



### ESTACIONES DE FLUJO

#### Proceso de Separación de Fluidos

##### **Deshidratación de crudos.** Tratamiento Químico

Por lo general, los agentes desemulsionantes comerciales son mezclas de varios componentes de diferentes estructuras químicas y materiales poliméricos de una amplia distribución de pesos moleculares. Están formados por un **30-50% de surfactantes** y un **70-50% de solventes adecuados** como nafta aromática y alcoholes.

Deben tener 3 efectos fundamentales:

- ✓ Inhibir la formación de una película rígida.
- ✓ Debilitar la película volviéndola compresible.
- ✓ Cambiar la formulación del sistema para alcanzar la condición de  $SAD = 0$ .

✓ Los desemulsionantes deben ser dosificados en forma continua en la relación determinada por **pruebas de botella**. Los rangos de dosificación pueden variar de 10 a 1.000 ppm.

✓ **Generalmente los crudos pesados requieren mayor dosificación que los crudos ligeros.**

✓ El exceso de dosificación de desemulsificante incrementa los costos de tratamiento, puede estabilizar aun más la emulsión directa W/O ó producir emulsiones inversas O/W.

## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos. Tratamiento Químico

❖ La adsorción de un surfactante en una superficie gas-líquido o una interfase líquido-líquido produce una **reducción de la tensión interfacial, que favorece tanto la deformación y la ruptura de la interfase**, como la formación de sistemas dispersos.

❖ Los efectos cinéticos más importantes en la ruptura de emulsiones son:

1. El producto más eficaz para  $SAD = 0$  es aquél que se adsorbe más rápido en la interfase para bajar la tensión interfacial.
2. La transferencia de masa del deshidratante hidrofílico desde el aceite hacia la interfase depende de: (a) Su PM; (b) Su hidrofiliidad; (c) Su tensión interfacial; (d) La presencia de aditivos aceleradores de la transferencia.

La eficiencia de una variedad de surfactantes puede ser comparada en función del tiempo característico  $T_d \rightarrow T_d = h^2/D$

## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

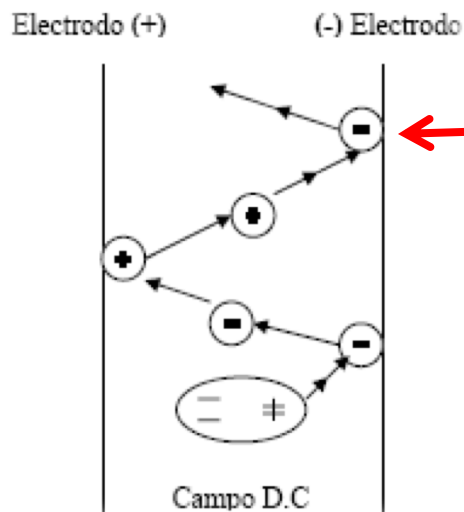
#### Deshidratación de crudos. Tratamiento Eléctrico

Consiste en **aplicar un campo eléctrico** para acelerar el proceso de acercamiento de las gotas de fase dispersa.

❖ La fuerza resultante entre dos gotas cargadas está dada por la Ley de Coulomb:

Esta fuerza hace que la gota cargada migre hacia el electrodo de carga opuesta y se inicie entonces el contacto con otras gotas, PERMITIENDO LA COALESCENCIA.

$$\rightarrow F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 x^2}$$



**Las gotas polarizadas tenderán a colisionar entre sí, por lo cual la coalescencia ocurrirá más rápido.**

Este fenómeno también hace que gotas en medios más viscosos colisionen, **y sea necesario altas temperaturas.**

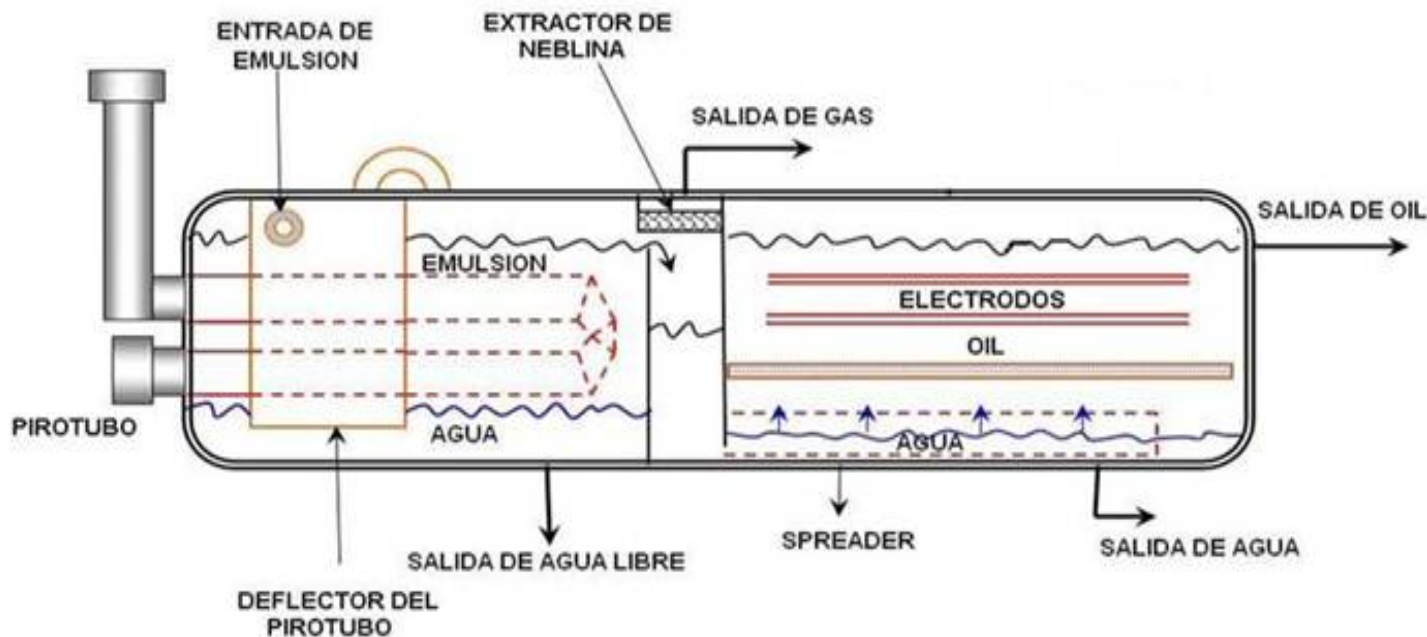
## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos.

#### Tratamiento Eléctrico

En los tratadores electrostáticos la trayectoria del flujo es la misma que para un tratador horizontal. La única diferencia es que se utiliza un campo eléctrico de corriente alterna (AC) y/o corriente directa (DC) aplicada en una rejilla para provocar la unión de las gotas de agua. Cuando la emulsión llega a la rejilla el potencial hace que las gotas vibren rápidamente hacia arriba y hacia abajo causando choques que provocan la coalescencia y precipitación posterior.





### ESTACIONES DE FLUJO

## Proceso de Separación de Fluidos

### Deshidratación de crudos. Tratamiento Térmico

Consiste en el **calentamiento del crudo mediante equipos de intercambio de calor**, tales como calentadores de crudo y hornos a fin de promover una mejor distribución del desemulsionante e incrementar la colisión de las gotas de agua para su coalescencia.

También se obtiene la separación de gas y agua libre como efecto secundario.

#### VENTAJAS

- ✓ Reduce la viscosidad de la fase continua: un incremento en la temperatura de más de 10 °F baja la viscosidad de la emulsión.
- ✓ Incrementa la diferencia de densidad entre la salmuera y el crudo.
- ✓ Disuelve las parafinas cristalizadas que le dan estabilidad a las emulsiones.
- ✓ Debilita la película de emulsionante que rodea a las gotas de agua.

#### DESVENTAJAS

- ✓ Provoca la migración de los compuestos más volátiles del crudo hacia la fase gas lo cual ocasiona una disminución de volumen del crudo calentado y una disminución en su gravedad API.
- ✓ Incrementa los costos de combustible
- ✓ Requieren mayor instrumentación y control.
- ✓ Puede causar depósitos de coke.

### ESTACIONES DE FLUJO

## Proceso de Separación de Fluidos

### Deshidratación de crudos.

#### Tratamiento Térmico

Los tratadores-calentadores pueden ser de tipo directo e indirecto:

#### Calentadores directos

El diseño cumple las siguientes funciones:

- 1) Desgasificado de la emulsión de entrada;
- 2) Eliminación de arenas, sedimentos y agua libre previo al calentamiento;
- 3) Lavado con agua y calentamiento de la emulsión;
- 4) Coalescencia y asentamiento de las gotas de agua.

#### Calentadores indirectos

El proceso de transferencia de calor se efectúa mediante un baño de agua caliente, en el cual se encuentra sumergida la tubería que transporta la emulsión.

Este tipo de calentadores disminuye el riesgo de explosión y son utilizados en instalaciones donde es posible recuperar calor, tales como el gas caliente de salida de las turbinas.

## ESTACIONES DE FLUJO

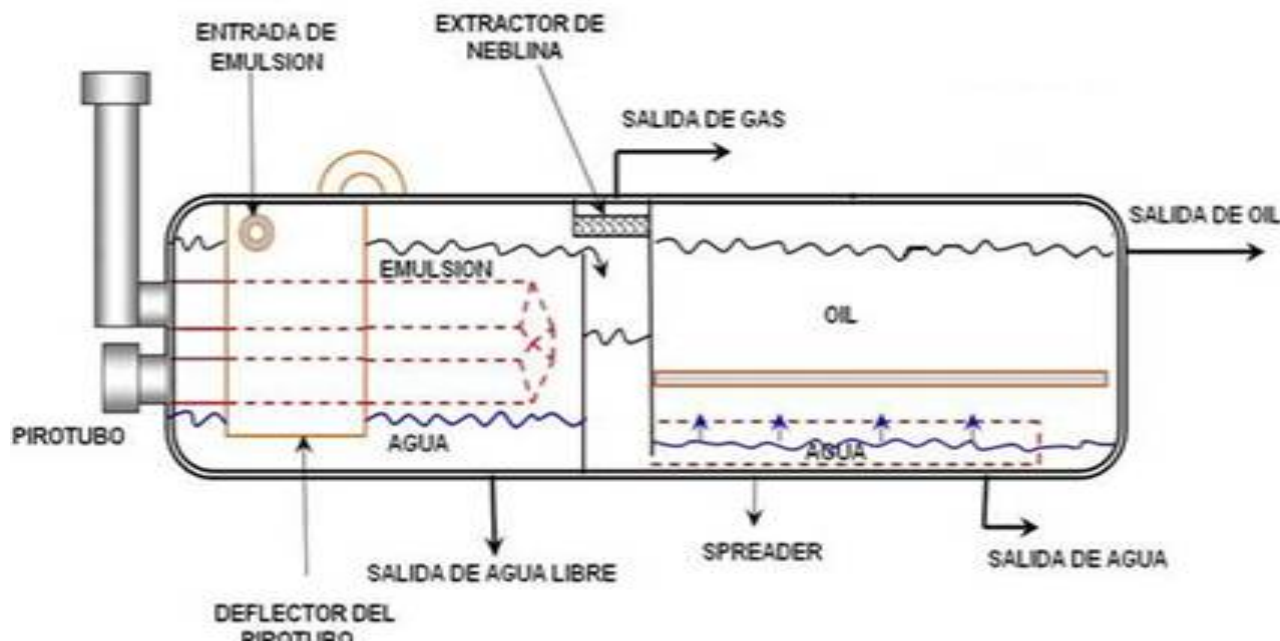
### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos.

##### Tratamiento Térmico

En el tratador horizontal, el flujo entra por la sección frontal. El líquido es lavado y es separada el agua libre.

El petróleo y la emulsión pasan por los tubos de fuego (pirotubo) y a la cámara o sección de agua libre. La interfase petróleo-agua en esta sección del recipiente es controlada por un controlador de nivel de interfase que acciona una válvula de descarga para el agua libre.



## ESTACIONES DE FLUJO

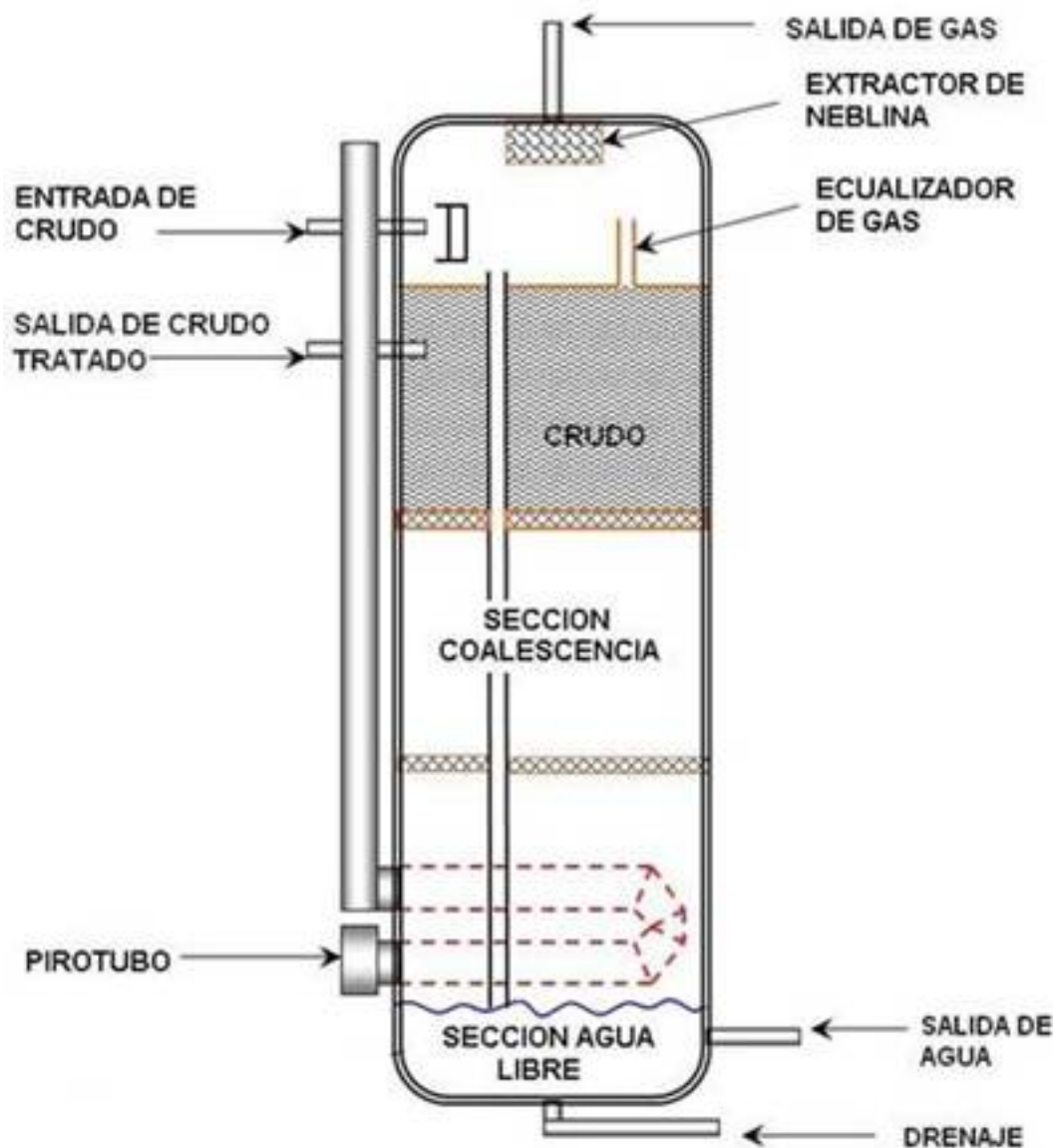
### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos.

##### Tratamiento Térmico

En el tratador vertical además del calentamiento ocurre la separación de fases.

Un método común para separar esta emulsión de "agua en petróleo" consiste en tratar el flujo en un contenedor de tratamiento del petróleo que aporta energía en forma de calor para ayudar al proceso de rompimiento de la emulsión.

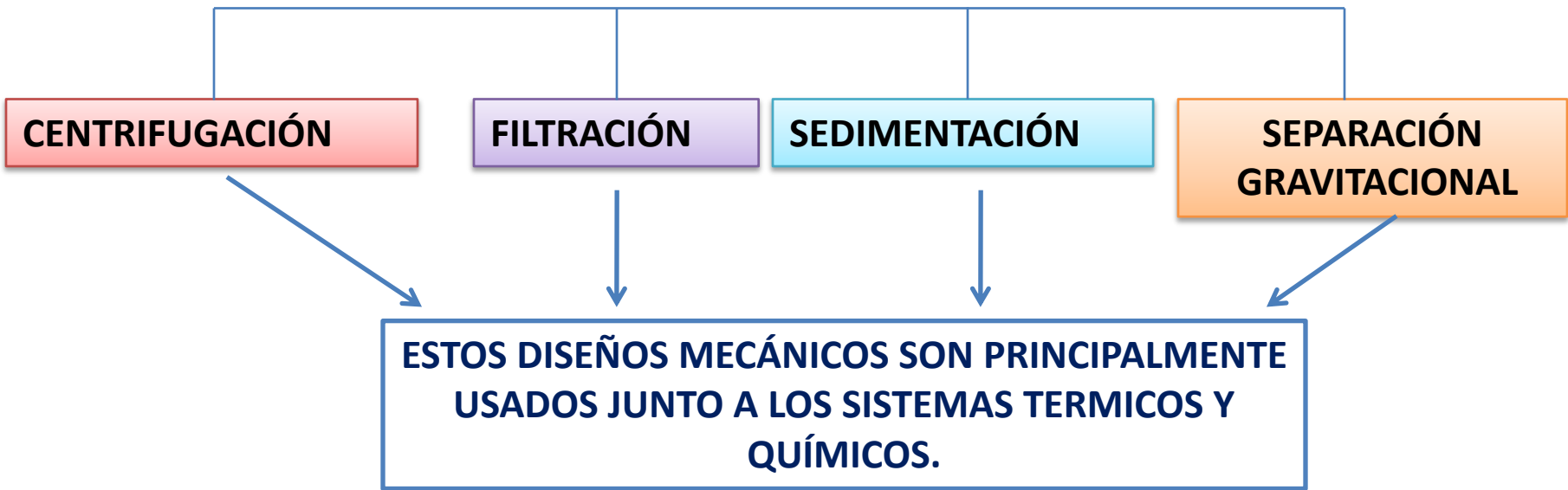


## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos. Tratamiento Mecánico

Se caracteriza por utilizar equipos de **separación dinámica** que permiten la dispersión de las fases de la emulsión y aceleran el proceso de separación gravitacional



## ESTACIONES DE FLUJO

### Proceso de Separación de Fluidos

#### Deshidratación de crudos. EQUIPOS

#### Separadores Gravitacionales

El agua es eliminada por la fuerza de gravedad y esta eliminación provoca ahorros en el uso de combustible de los calentadores. La separación gravitacional se lleva a cabo en los siguientes equipos:

#### **Eliminadores de Agua Libre (EAL ó Free Water Knock-out FWK)**

- Son utilizados solamente para eliminar grandes cantidades de agua que es producida en la corriente, pero que no está emulsionada y se asienta fácilmente en menos de 5-20 minutos.
- ***El crudo de salida de un EAL todavía contiene entre 1-30 % de agua emulsionada.***
- En el interior de estos recipientes que son de simple construcción y operación, se encuentran baffles para direccionar el flujo y platos de coalescencia.

### ESTACIONES DE FLUJO

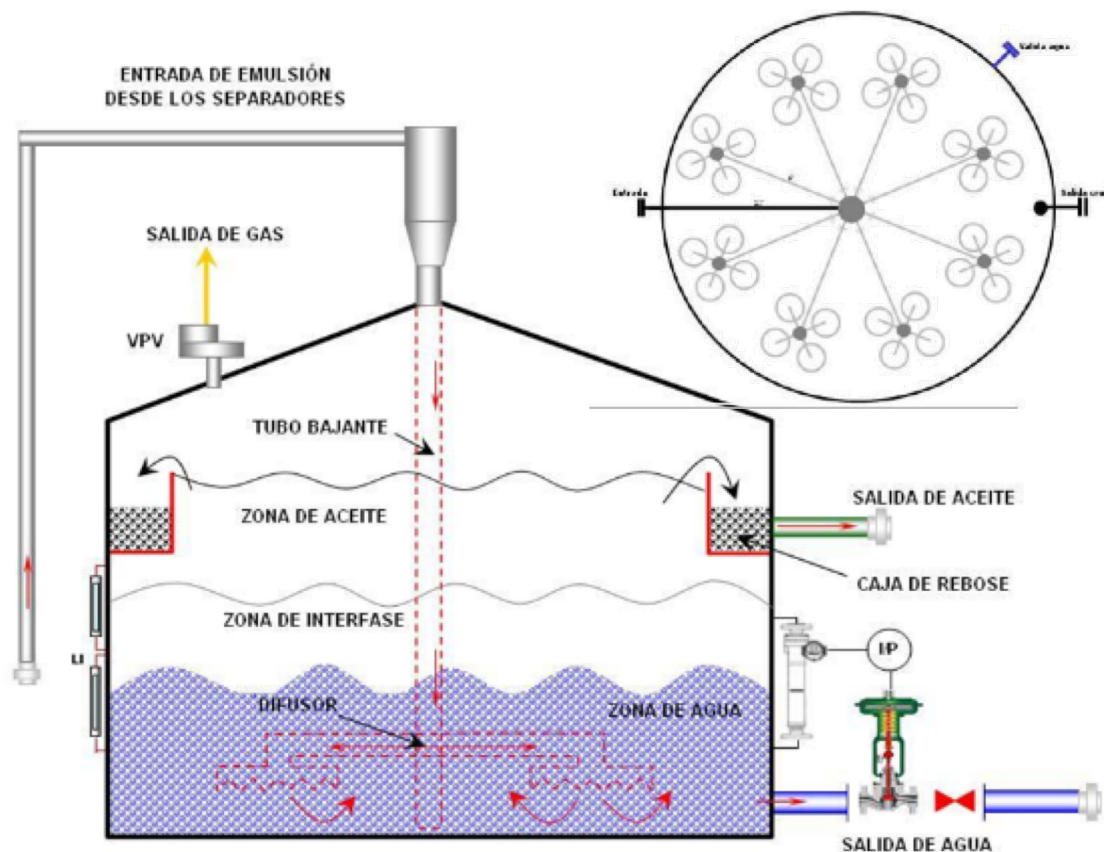
### Proceso de Separación de Fluidos

### Deshidratación de crudos. EQUIPOS

### GUN BARRELS

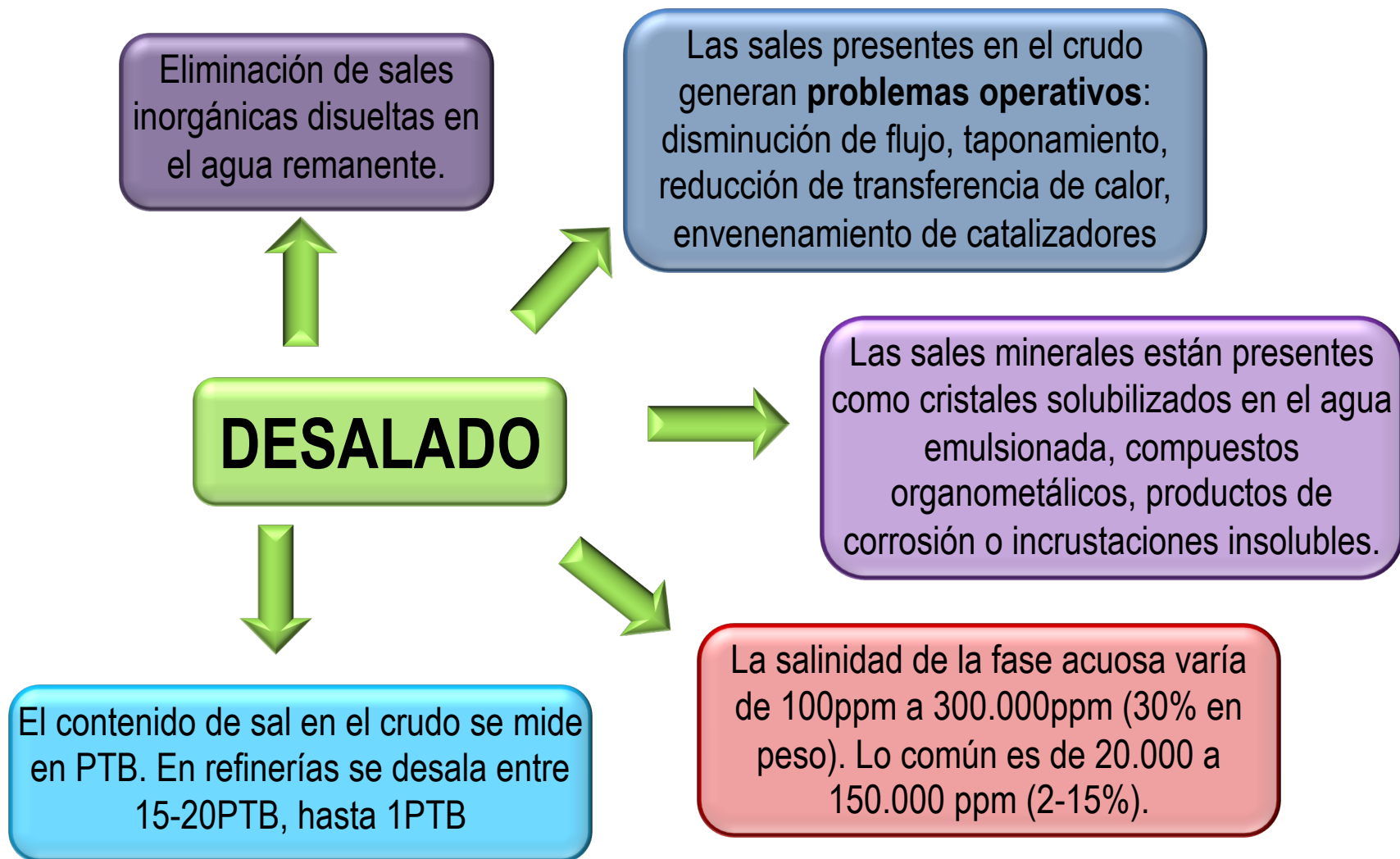
La emulsión entra al área de desgasificación, donde se produce la liberación del gas contenido a través del sistema de venteo.

Luego la fase líquida desciende por el tubo desgasificador y entra a la zona del agua de lavado a través de un distribuidor, que se encarga de esparcir la emulsión lo más finamente posible a fin de aumentar el área de contacto entre el agua de lavado y la emulsión, favoreciendo la coalescencia de las partículas de agua. La emulsión fluye a través del agua en el interior del tanque de lavado siguiendo la trayectoria forzada por baffles internos que incrementan el tiempo de residencia.



## ESTACIONES DE FLUJO

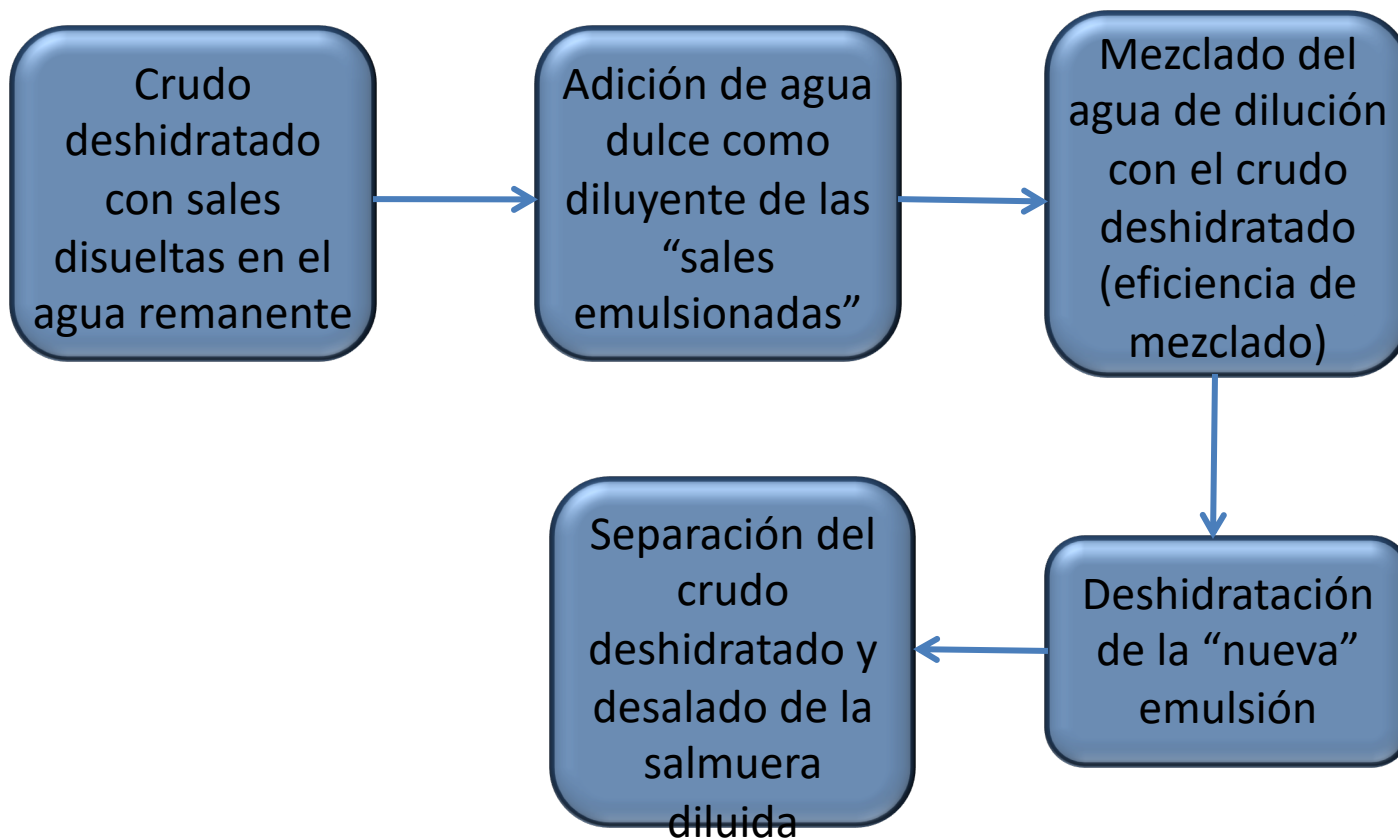
### Proceso de Desalado de crudos





## ESTACIONES DE FLUJO

### ETAPAS DE DESALADO



### ESTACIONES DE FLUJO

## PARAMETROS

La cantidad de agua requerida en el proceso es función de:

- ▣ Salinidad del agua emulsionada y del agua fresca.
- ▣ Cantidad de agua emulsionada.
- ▣ Especificación del contenido de sal en el crudo.
- ▣ Nivel de deshidratación.
- ▣ Eficiencia de mezclado (*relación entre la cantidad del agua de dilución inyectada y la que realmente coalesce con las gotas de agua salina remanente*).

Entre los factores para la selección del sistema de tratamiento óptimo de un crudo específico cuentan:

- ▣ Características de la emulsión.
- ▣ Gravedad específica del crudo.
- ▣ Características corrosivas.
- ▣ Tendencias a la deposición de sólidos y generación de incrustaciones del agua de producción.
- ▣ Tendencias a la deposición de parafinas y asfaltenos.
- ▣ Volúmenes de los fluidos a tratar y contenido de agua en el crudo.

### MIDSTREAM: TRANSPORTE

- El crudo se envía de los yacimientos a las refinerías:
  - Por vía terrestre: vagones-tanques del ferrocarril o camiones acoplados.
  - Por vía marítima: buques petroleros, también llamados barcos cisternas o buques tanque, con bodegas de gran capacidad. Japón ha botado petroleros gigantescos, "supertanques" de 400 metros de eslora, que acarrean hasta 500.000 m<sup>3</sup>.
  - Mecánicamente el crudo se transporta por oleoductos de 30-60 cm de diámetro con estaciones en el trayecto para bombearlo, calentándolo para disminuir su viscosidad. Los poliductos se destinan al transporte alternativo de los diferentes subproductos.
- El gas natural se transporta por gasoductos desde los yacimientos hasta las plantas de licuefacción, donde se comprime y se enfría hasta -162°C para producir gas natural licuado (GNL).
- El GNL se utiliza para aumentar la provisión de gas natural y para abastecer gas a zonas alejadas. Se regasifica añadiendo nitrógeno y aire para hacerlo equivalente al gas natural antes de introducirlo en las tuberías de suministro. El GNL también se usa en automóviles.

### TRATAMIENTO DOWNSTREAM:REFINO

El petróleo crudo no tiene aplicaciones directas, por eso se separa en fracciones de distinta volatilidad, las cuales se aprovechan según sus características. Así, el petróleo, una vez extraído del yacimiento y estabilizado (eliminados los gases disueltos que contenía), se somete a un tratamiento de refino, que se lleva a cabo en la refinería de petróleo.

### Refinerías

- Son los espacios físicos en donde se ubican los procesos necesarios para la transformación de uno o varios crudos en productos refinados (combustibles y/o especialidades).
- El tipo y número de procesos depende del tipo y calidad de productos requeridos por el mercado.
- Los procesos deben estar integrados para obtener los productos.
- El balance entre los productos debe ser tal, que no se produzca acumulación de ninguno de ellos en la refinería.

### TRATAMIENTO DOWNSTREAM: REFINO

Los procesos a los que se somete el petróleo en las refinerías se pueden clasificar en:

#### **Procesos de separación que dividen la carga en fracciones más simples:**

- Destilación (atmosférica y a vacío)
- Extracción con disolventes
- Absorción de los gases de refinería ( $H_2S$  con las aminas)
- Cristalización
- Adsorción
- Separación con membranas

**Procesos de transformación que generan nuevos compuestos**, con características apropiadas a su uso:

#### Procesos de mejora de las características

- Reformado catalítico
- Isomerización
- Alquilación
- Síntesis de éteres
- Oligomerización

#### Procesos de conversión

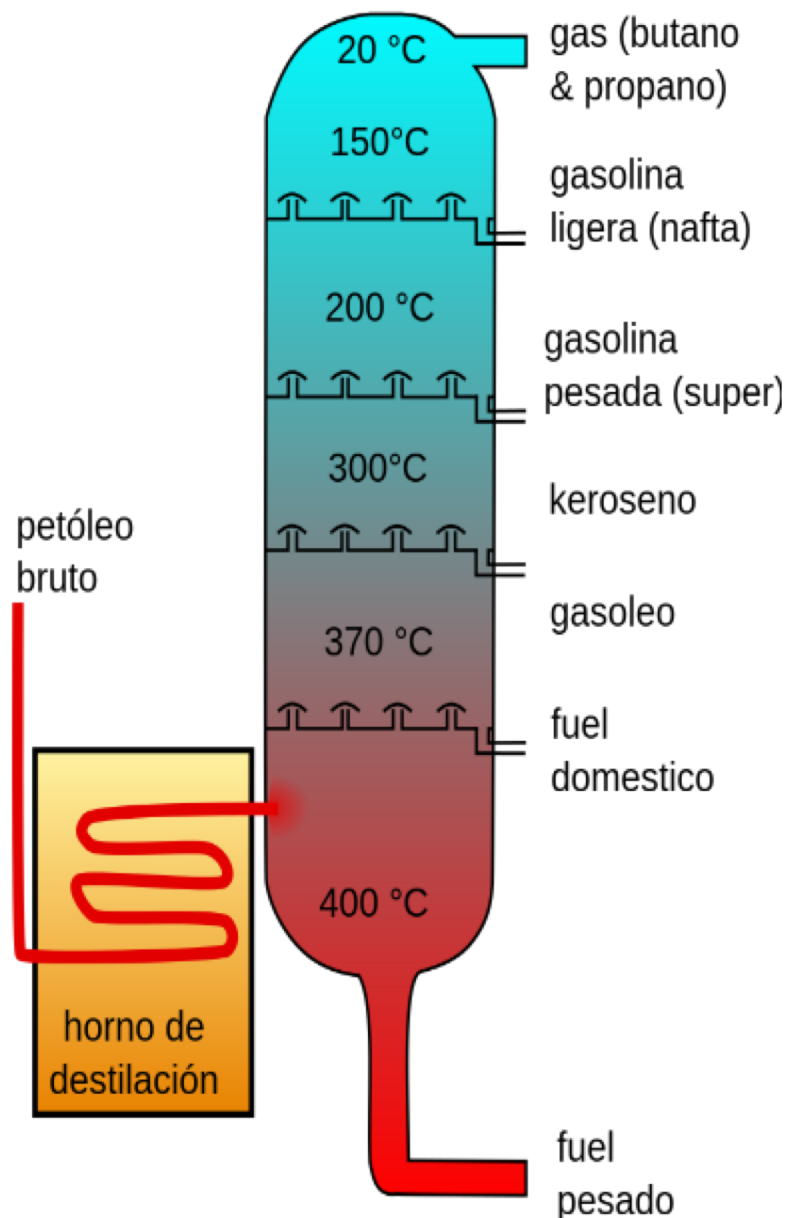
- Viscorreducción
- Coquización
- Craqueo con vapor
- Craqueo catalítico (FCC)
- Reformado con vapor
- Hidroconversión

### DESTILACIÓN

#### Destilación del crudo

La destilación del petróleo se realiza en torre de fraccionamiento (también llamada torre o columna de destilación). En ella se introduce el petróleo, previamente calentado a temperaturas entre 200-400°C, donde debido a la diferencia de volatilidad de los compuestos del petróleo, éstos van separándose a medida que se desplazan a través de la torre.

El objetivo de esta unidad es separar el crudo en fracciones de acuerdo a su punto de ebullición,  
→ productos que a su vez tienen que ser procesados en otras unidades posteriores en la refinería para obtener **productos de determinadas especificaciones**



### DESTILACIÓN

**Se separan las distintas fracciones:**

**Zona de cabeza:**

**Gases:** que sigan disueltos en el crudo, se separan como gas seco que se une al gas natural para su comercialización.

**Zona lateral:**

**Naftas:** corresponden a la mezcla de hidrocarburos que contienen entre 6 y 9 átomos de carbono por molécula. Su densidad es de 0,7 gr/ml.

**Queroseno:** comprenden la mezcla de hidrocarburos que contiene entre 10 y 16 átomos de carbono por molécula. Su densidad es de 0,8 gr/ml.

**Gasoil:** nombre que se le asigna a la mezcla formada por hidrocarburos que poseen entre 16 y 18 átomos de carbono por molécula. Su densidad es de 0,9 gr/ml.

**Zona de la base:**

**Petróleo reducido:** es el residuo que no se destila. Se separa por la base de la torre, consiste en mezclas de fueloil y asfalto.

### DESTILACIÓN

#### Destilación del crudo

Se consiguen las mayores eficacias y los costes más bajos si la separación del crudo tiene lugar en 2 etapas:

1º) fraccionando la totalidad del crudo a presión atmosférica

2º) alimentando la fracción de los residuos de punto de ebullición más alto de la 1ª columna a una segunda columna que opera a vacío.

