

## PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 1

### Propiedades del petróleo crudo

#### 1. Objetivos

- Conocer el proceso de extracción, acondicionamiento y transporte del petróleo.
- Manipular distintos petróleos crudos en el laboratorio y de determinar su densidad y el contenido de agua y sedimentos.
- Clasificar el petróleo según su grado API.

#### 2. Introducción

Las transacciones comerciales y las operaciones tecnológicas del crudo (energía primaria) y de sus derivados líquidos (energía procesada o secundaria) se realizan intercambiando volúmenes ya que su estado físico es líquido. Estas transacciones son netamente energéticas, se compra, se vende o se procesa energía, por lo que es necesario conocer qué cantidad de energía se corresponde con cada unidad de volumen. Es la densidad del combustible la que nos informa sobre la cantidad de masa por unidad de volumen que tiene una sustancia.

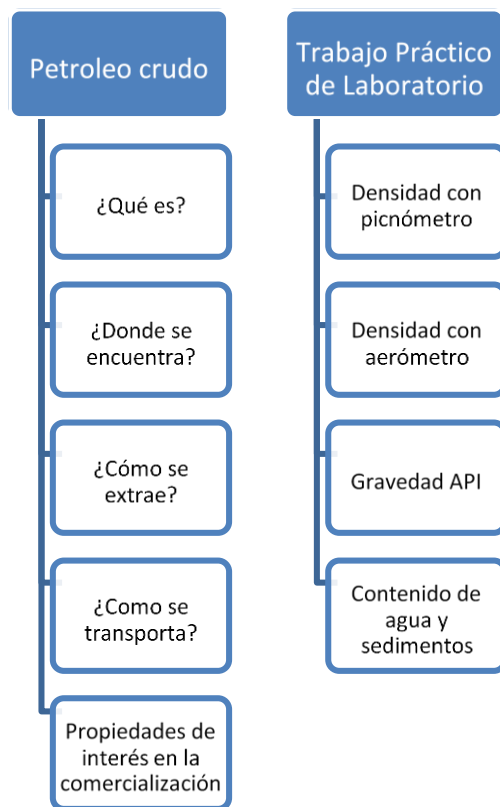


Figura N° 1. Esquema del contenido del trabajo práctico.

- ¿Qué es el petróleo crudo?

En cuanto a su composición química, el petróleo crudo es una mezcla compleja de miles de componentes. La mayoría de ellos son **hidrocarburos** pero también se encuentran **componentes en pequeñas cantidades tales como azufre, nitrógeno y ciertos metales como níquel, vanadio, etc.**

**Debido a la complejidad de su composición, puede considerarse que el petróleo encontrado en cada reservorio presenta una composición única, de manera que la calidad del crudo se identifica muchas veces por su ubicación geográfica.**

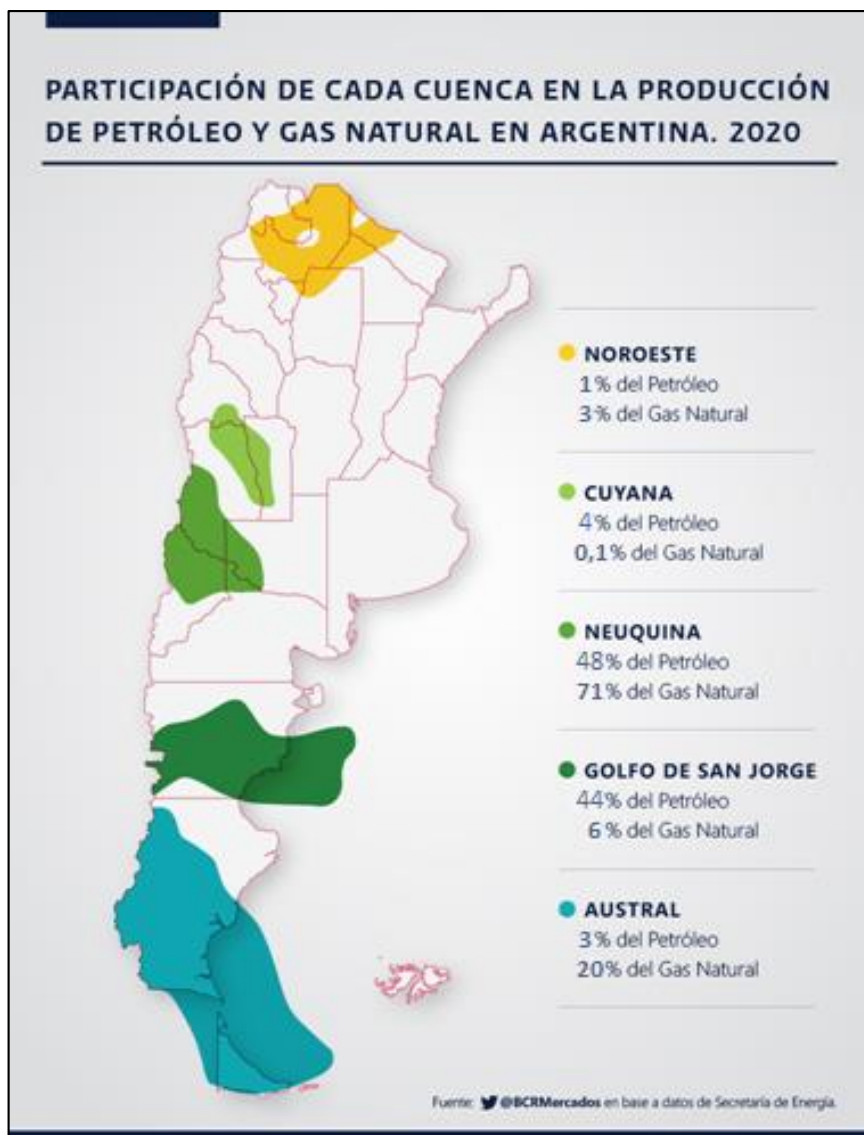


Figura N° 2. Distribución de las principales cuencas petroleras en Argentina.

- ¿Dónde se encuentra?

El petróleo se encuentra acumulado en formaciones rocosas del subsuelo llamados reservorios. Puede hallarse a profundidades de 900 a 4500 m en cuencas sedimentarias o en cuencas oceánicas. La zona en la que se encuentra acumulado el petróleo se denomina **yacimiento**.

- ¿Cómo se extrae?

El petróleo bruto, gas natural y líquidos volátiles se obtienen usualmente desde depósitos geológicos, sacándolos a la superficie de la tierra a través de una **perforación profunda**.

Generalmente se lo encuentra asociado con porcentajes **variables** de agua salada y gas.

En función de ello los reservorios presentan tres fases:

- Gas Natural en su parte superior
- Hidrocarburo en la parte media del reservorio en equilibrio con el gas
- Agua salada en su fondo, con alto tenor de sales

El petróleo crudo tal como se extrae del reservorio es sometido a ciertos tratamientos in situ, a través de los cuales se separan los gases disueltos a presión y el agua, la cual se encuentra emulsionada en cantidades que pueden alcanzar niveles superiores al 30%.

Generalmente, el fluido obtenido de los depósitos de petróleo, consiste en una mezcla de petróleo, gas natural, agua salada o salmuera, conteniendo tanto sólidos disueltos como en suspensión. Los pozos de gas pueden producir gas húmedo o gas seco, pero además en el caso del gas seco, normalmente se obtienen cantidades variables de hidrocarburos líquidos ligeros y agua salada.

Los gases que se separan son:

El  $\text{CH}_4$  y el  $\text{C}_2\text{H}_6$ , denominado gas seco ya que no se licua por compresión. Se utiliza como combustible en el yacimiento o se inyecta en los gasoductos.

- El  $\text{C}_3\text{H}_8$  y el  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , constituyen el gas húmedo que se licua por compresión. Este gas se envasa en cilindros de acero de 42.45 Kg.

- ¿Cómo se transporta?

Una vez sometido a estos tratamientos, el crudo se envía desde el yacimiento a la refinería:

- Por vía terrestre: vagones tanques del ferrocarril o camiones acoplados.

- Por vía marítima: buques petroleros, con bodegas de gran capacidad (hasta 500.000 m<sup>3</sup>).
  - Por oleoductos (on shore) 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.
- Propiedades de interés en la comercialización

La información de las propiedades físicas de un crudo y de su composición química son datos claves tanto para quienes producen el crudo, como para los que lo procesan. Ellas son las que determinan finalmente el precio del petróleo.

Las transacciones de crudos y sus derivados están amparadas por Certificados que registran la densidad del hidrocarburo, a una temperatura de referencia. En el certificado se especifica el método analítico empleado. El comprador del crudo verifica el valor, de modo que si hay coincidencia, el crudo es aceptado.

Una de las propiedades físicas más importantes en la calidad de un crudo es la **densidad**, la cual indica qué tan liviano o pesado es en su totalidad. Los crudos más livianos tienen una mayor proporción de pequeñas moléculas, que las refinerías pueden convertir en productos muy demandados como las naftas y gas oil. Los crudos más pesados tienen proporciones más altas de moléculas grandes, que las refinerías pueden utilizar en combustibles industriales pesados como el asfalto, los lubricantes y otros productos pesados cuyos mercados son menos dinámicos, o procesarlas en moléculas más pequeñas que se pueden utilizar en combustibles para transporte. Generalmente la densidad de un crudo se expresa en grados API.

La gravedad **API**, o **grados API**, de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que, en comparación con el agua a temperaturas iguales, precisa cuán pesado o liviano es el petróleo. Índices superiores a 10 implican que son más livianos que el agua y, por lo tanto, flotarían en ésta. Denota la relación correspondiente de peso específico y de la fluidez de los crudos con respecto al agua.

Conociendo la densidad del crudo podemos determinar el grado API, mediante una ecuación, la que se verá más adelante.

	<b>Cuenca Noroeste</b>	<b>Cuenca Cuyana</b>	<b>Cuenca Neuquina</b>	<b>Cuenca Golfo de San Jorge</b>	<b>Cuenca Austral</b>
<b>Grados API</b>	44	28	36	23	44

Otra característica que es necesario determinar en el yacimiento es la cantidad de agua emulsionada. Este parámetro es importante ya que lo que se comercializa es volumen de crudo y no de agua. Además, si el contenido de agua es muy alto, se requiere de un proceso de separación previo a la refinación.

La **cantidad sedimentos** se mide también en yacimiento para la comercialización de crudos. La importancia de su contenido es primordial debido a que estos residuos pueden producir daños en las conducciones y accesorios de transporte y bombeo.

Los invitamos a recorrer el mapa mental con información sobre petróleo crudo. <https://www.mindomo.com/es/mindmap/petroleo-crudo-9d9baafd86114b2b96d65f0c5b2367ba>

### **3. Trabajo Práctico de Laboratorio**

#### **3.1. Densidad con aerómetro**

Los aerómetros o densímetros son ideales para medir densidad en compuestos líquidos.

##### **3.1.1. FUNDAMENTOS DEL METODO**

Existen varias normas para determinar la densidad de distintas sustancias, por ejemplo la ASTM D 1298 o IRAM 6616 que se aplica para crudos y derivadas del petróleo, ASTM D 17 que se utiliza para aguas, salmueras, etc.

Todas las densidades se realizan a 15°C o 60°F, que es la temperatura en la que se calibran todos los densímetros.



Figura N° 3. Ejemplo de aerómetros.

El método del aerómetro está basado en el principio de Arquímedes, el cual establece "todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un líquido, recibe un empuje de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido que desaloja". Esto significa que cualquier cuerpo se hundirá más en un líquido de menor densidad y desalojara más líquido.

### 3.1.2. MATERIALES

Material	Cantidad
<b>Aerómetro</b>	<b>1</b>
<b>Probeta de 250 ml</b>	<b>1</b>

### 3.1.3. REACTIVOS

Sustancia
<b>Petróleo</b>
<b>Gasoil</b>
<b>Agua de producción</b>

### 3.1.3. PROCEDIMIENTO

1. Se coloca la muestra deslizándola suavemente por la boca de la probeta inclinada evitando la formación de burbujas y la turbulencia del líquido.
2. Si la muestra es transparente el densímetro se introduce por el centro de la probeta haciéndolo girar y dejándolo caer, se espera a que se estabilice y se realiza la lectura de la siguiente manera:

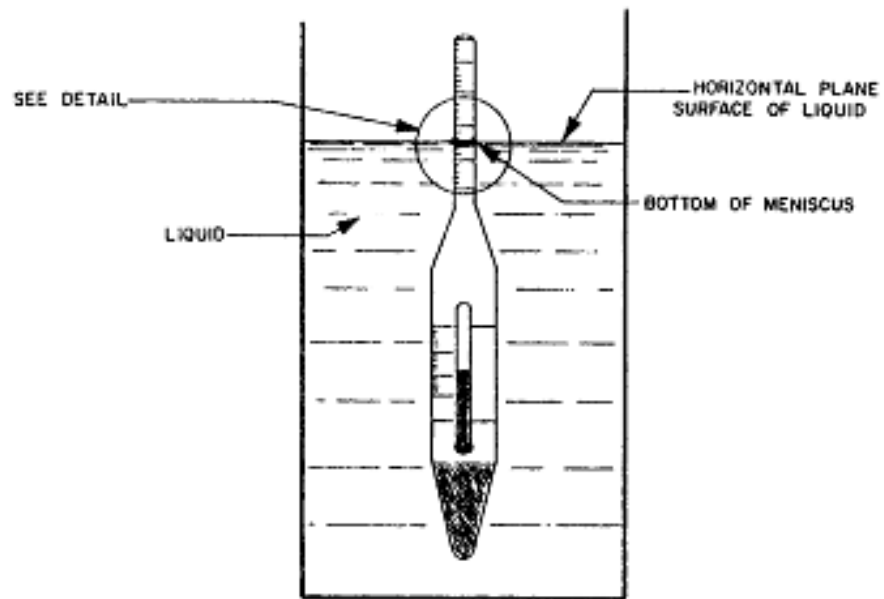


Figura N° 4. Esquema de aerómetro dentro de una probeta.

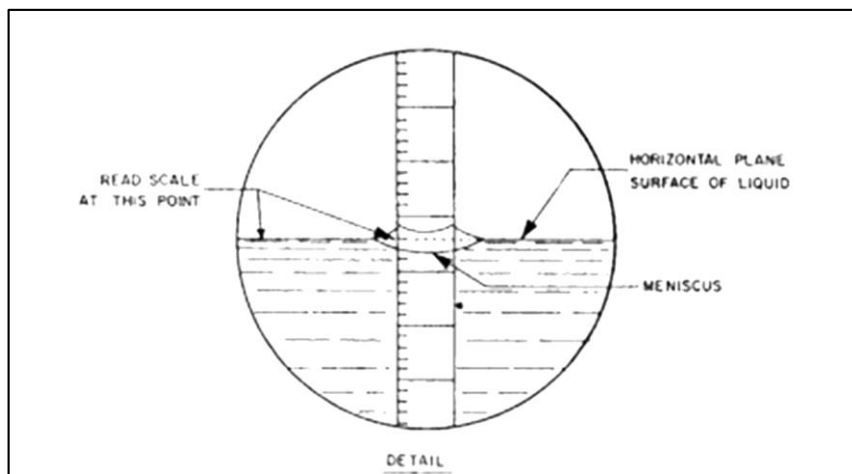


Figura N° 5. Vista de los meniscos formados en la lectura de densidad con aerómetro.

Resultados obtenidos:

Muestra	Densidad (gr/ml)
Petróleo	
Gasoil	
Agua de producción	

### 3.2. Gravedad API

#### 3.2.1. FUNDAMENTOS DEL METODO

La densidad de un crudo de petróleo se puede expresar en grados API. Los grados API se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$\text{API} = (141,5/\rho) - 131,5$$

$\rho$  = densidad relativa

La mayoría de los crudos se encuentran entre los 27 y 40 grados API. Los crudos se clasifican se clasifican según la gravedad API, por la siguiente escala:

Extrapesados < 9,9

Pesados 10 - 21,9

Medianos 22,0 - 29,9

Livianos 30 - 39,9

Condensados > 40

¿Podría clasificar el Crudo que hemos analizado?

### 3.3. Contenido de agua y sedimentos.

#### 3.3.1. FUNDAMENTOS DEL METODO

Centrifugación - Norma ASTM D 96 (adaptación)

El método de la centrifuga es un procedimiento de campo que no siempre arroja los resultados más precisos, pero es considerado el método más práctico. La centrifugación es un procedimiento físico, con el cual se logra mejorar la separación de dos o más fases insolubles (crudo, agua, sedimentos) a partir de la fuerza centrífuga aplicada. Al final de la centrifugación se producirá la separación de las dos o tres fases, observándose las mismas ordenadas de acuerdo a su densidad, es decir los sedimentos en la parte inferior, el agua en la capa intermedia, y los hidrocarburos en la parte superior.



Para mejorar la separación suele utilizarse un solvente del crudo, como puede ser gasoil, cuya función es fluidificar los crudos con poca viscosidad, un desemulsionante cuya función es que las gotas de agua se junten en una sola capa en vez de quedar atrapadas en el crudo y una temperatura aproximada de 60°C, que también mejora la fluidez del crudo.

En este método se deben seleccionar estos parámetros, es decir el tipo de solvente, la cantidad de desemulsionante, la temperatura durante la prueba y la duración de la centrifugación. Estos dependerán del tipo de crudo que se esté analizando. Por ejemplo, crudos que contienen asfaltenos requieren de solventes aromáticos como el tolueno o xileno; los crudos parafínicos requieren que las muestras sean calentadas a temperaturas mayores y los crudos que tienen viscosidades más altas o con emulsiones muy finas requieren de tiempos de centrifugación mayores que los normales.

### 3.3.2. MATERIALES

Material	Cantidad
Centrífuga	1
Tubos para centrífuga	1
Balanza	1

### 3.3.3. REACTIVOS

Sustancia
Petróleo



Figura N° 12. Centrífuga con capacidad para varios tubos.

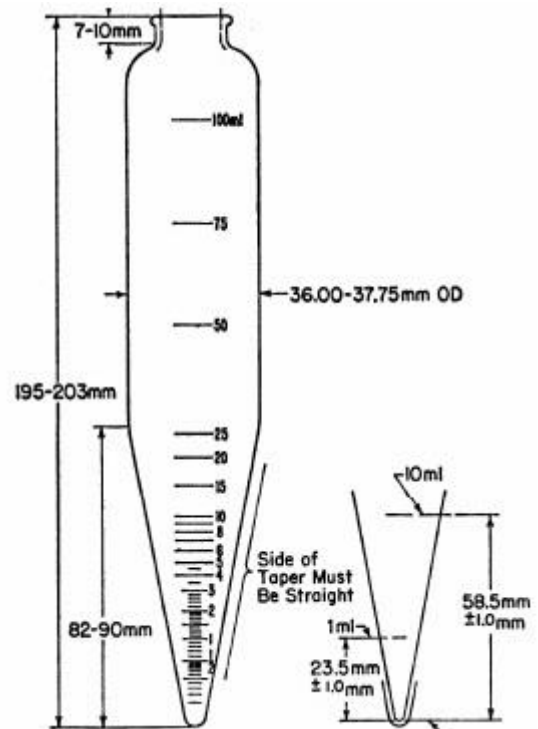


Figura N° 13. Tubos de centrífugas.

### 3.3.4. PROCEDIMIENTO

- Agregar al tubo de la centrifuga 10 ml de gas oil.
- Homogenizar botella con el crudo a ensayar.
- Completar el volumen del tubo de la centrifuga con el crudo a ensayar.
- Tapar los tubos de la centrifuga y agitar para que se mezclen los contenidos.
- Pesar el tubo de centrífuga con su soporte y comparar con el peso de los restantes conjuntos (soporte + tubo de centrífuga). Se debe verificar que los pesos de los conjuntos opuestos sean iguales para que el equipo opere en equilibrio.
- Colocar los conjuntos soporte + tubo en la centrifuga, respetando la numeración indicada en cada soporte.
- Cerrar el equipo, comenzar a centrifugar a bajas revoluciones y progresivamente elevar las mismas hasta alcanzar las 1800 rpm. Centrifugar por 10 minutos
- Leer y registrar el volumen de agua y sedimentos.

Fase	Vol (ml)	% Vol
<b>Sedimento</b>		
<b>Agua</b>		
<b>Petróleo</b>		

#### 4. Bibliografía

Norma ASTM D 96 (Centrifugación)

Norma ASTM D 70 (Densidad por picnometría)

Normas ASTM D 1298, IRAM 6616 y ASTM D 17 (Densidad por aerómetro)

Decreto 44/91. Reglamento de transporte de hidrocarburos

Universidad Politécnica de Valencia. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro

[www.energianow.com](http://www.energianow.com)