



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA DE CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE CRUDO PARA MEDICIÓN DE
PROPIEDADES EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO DE LA UNELLEZ**

AUTORES:

Carrero Ana

C.I: 18.838.686

Nelo Gabriela

C.I: 24.142.723

Tutor Académico: Ing. Gericksson Devies

Barinas, Septiembre de 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA DE CIENCIAS BASICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE CRUDO PARA MEDICIÓN DE
PROPIEDADES EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO DE LA
UNELLEZ**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar por el
título de: Ingeniero de Petróleo.

AUTORES:

Carrero Ana

C.I: 18.838.686

Nelo Gabriela

C.I:24.142.723

Tutor Académico: Ing. Gericksson Devies

Barinas, Septiembre de 2022



UNELLEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA DE CIENCIAS BASICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor (a) del Trabajo de Especial de Grado presentado por las ciudadanas Carrero Ana, C.I 18.838.686 y Nelo Gabriela, C.I: 24.142.723 para optar al título de **Ingeniero de Petróleo**, considero que este reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Barinas a los _____ días del mes de _____ de

Tutor (a): Ing.
Gericksson Devies
C.I.: 13636850



UNELLEZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA DE CIENCIAS BASICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE CRUDO PARA
MEDICIÓN DE PROPIEDADES EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE
PETRÓLEO DE LA UNELLEZ**

POR AUTOR (ES):

Carrero Ana

C.I: 18.838.686

Nelo Gabriela

C.I: 24.142.723

Trabajo Especial de Grado aprobado en nombre de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” por el siguiente jurado, a los _____ días del mes de _____ de _____

JURADO

C.I. _____

JURADO

C.I. _____

TUTOR C.I.

DEDICATORIA

Dedicado primeramente a Dios, por ser el inspirador y darnos las fuerzas para continuar en este proceso y obtener uno de nuestros anhelos más deseados.

A nuestros padres por brindarnos su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos, es un orgullo ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos en este largo camino y por el apoyo que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos a todos ustedes gracias.

AUTORAS

RECONOCIMIENTO

A Dios Todopoderoso, quien con su Bendición llena siempre nuestras vidas, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A nuestros familiares, por estar siempre presente, en cada etapa de estudio.

A nuestros padres: por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por sus consejos, valores y principios que nos han inculcado.

A los docentes de la Universidad Nacional Experimental De Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora UNELLEZ, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra preparación.

A nuestro Tutor quien nos ha guiado con paciencia y rectitud como docente y nos brindó todos sus conocimientos para la ejecución de este trabajo de investigación y nuestra formación como futuras ingenieras.

ÍNDICE GENERAL.

	pp.
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
APROBACIÓN DEL JURADO	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE.....	VII
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE GRAFICOS.....	XI
LISTA DE ECUACIONES.....	XII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	16
Planteamiento del problema.....	16
Objetivos de la investigación.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
Justificación.....	18
Alcance.....	19
Limitaciones.....	19
CAPÍTULO II: MARCO CONTEXTUAL.....	20
Área de investigación.....	20
Antecedentes del estudio.....	20
Marco teórico.....	22
El petróleo crudo.....	22
Propiedades del crudo.....	22
Crudo muerto.....	25
Viscosidad.....	25
Densidad.....	26
Muestreo de hidrocarburos.....	26
Equipos de muestreo.....	26
Procedimiento de muestreo y sus aplicaciones.....	30
Desgasificación de crudo.....	33
Factores de Riesgo en el Laboratorio.....	34
Normas Generales de Trabajo en el Laboratorio.....	36
Sistema de variables.....	37
Normativas y Aspectos Legales.....	39
CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO.....	40

Tipo de investigación.....	40
Metodología.....	41
Actividad I: Determinación De La Densidad A Presión Atmosférica. Método Picnómetro.....	42
Actividad II: Determinación de la temperatura de inflamabilidad o destello: Flash Point copa abierta.....	42
Actividad III: Desgasificación de la muestra de crudo a través de agitación mecánica.....	43
Actividad IV: Determinación del Flash Point después de desgasificada la muestra.....	43
Actividad V: Medición de densidad después de desgasificada la muestra.....	43
Población y Muestra.....	44
Técnicas, instrumentos y materiales aplicados en la recolección de datos.....	45
Glosario de términos.....	46
CAPÍTULO IV: ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	48
Indagar los diferentes protocolos de preparación de muestras de crudos existentes.....	48
Elaborar un protocolo para la preparación de muestras de crudo aplicable en los laboratorios de la UNELLEZ VPDS.....	49
Establecer las normas de seguridad que deben cumplirse durante la preparación de muestras de crudo.....	63
Evaluar el procedimiento propuesto para la preparación de muestras de crudos aplicable en los laboratorios de petróleo de la UNELLEZ.....	64
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
Conclusiones.....	70
Recomendaciones.....	70
Referencia Bibliográfica.....	72

Lista de tabla

	pp.
01. Procedimiento de muestreo y sus aplicaciones.....	31
02. Mapa de Variable.....	38
03. Documentos Consultados.....	48
04. Medición De Densidad Picnómetro N°1.....	49
05. Medición De Densidad Picnómetro N°2.....	51
06. Medición De Densidad Después De Desgasificar La Muestra N°1	58
07. Medición De Densidad Después De Desgasificar La Muestra N°2.....	59
08. Densidad Del Agua A Diferentes Temperaturas.....	61
09. Comparación De Resultados Muestras X79 antes y después de desgasificar.....	64
10. Comparación De Resultados Muestras X92 antes y después de desgasificar.....	65
11. Comparación De Resultados de la prueba Flash Point muestra X79 antes y después de desgasificar.....	66
12. Comparación De Resultados de la prueba Flash Point muestra X92 antes y después de desgasificar.....	67
13. Corrección general API para petróleo crudo a 60°F.....	68
14. Tabla de corrección de grados API.....	69

Lista de graficas

	pp.
01. Comparación de los resultados de la muestra X79 antes y después de desgasificar.....	65
02. Comparación de los resultados de la muestra X92 antes y después de desgasificar.....	66
03. Comparación de los resultados en la prueba flash point antes y después de desgasificar muestra X79.....	67
04. Comparación de los resultados en la prueba flash point antes y después de desgasificar muestra X92.....	68

Lista de Figuras

	pp.
01. Equipo de muestra tipo ladrón.....	29
02. Equipo de muestra tipo botella.....	30
03. Diagrama de diseño de investigación.....	41
04. Medición de picnómetro vacío y lleno muestra X79.....	51
05. Medición de picnómetro vacío y lleno muestra X92.....	52
06. Flash Point para muestra X79.....	53
07. Medición de temperatura para muestra X79.....	53
08. Flash Point para muestra X92.....	54
09. Medición de temperatura para muestra X92.....	54
10. Proceso de desgasificación.....	55
11. Flash Point muestra X92 después de desgasificar.....	56
12. Medida de temperatura muestra X92.....	56
13. Flash Point muestra X79 después de desgasificar.....	57
14. Medición de temperatura muestra X79.....	57
15. Medición de picnómetro vacío y lleno después de desgasificar muestra X92.....	58
16. Medición de picnómetro vacío y lleno después de desgasificar muestra X79.....	59

Lista de Ecuaciones

	pp.
01. Cálculo de °API.....	44
02. Promedio de medida con el picnómetro.....	49
03. Formula de densidad.....	50
04. Formula de gravedad especifica	60



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA DE CIENCIAS BASICAS APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**PROTOCOLO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE CRUDO PARA MEDICIÓN DE PROPIEDADES EN
LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO DE LA UNELLEZ**

AUTORES:

Carrero Ana

Nelo Gabriela

TUTOR (Académico): ING. Gericksson Devies

Septiembre de 2022

Resumen

El presente Trabajo tuvo como objetivo general elaborar un protocolo de preparación de muestras de crudo para la medición de sus propiedades en los Laboratorios de la Carrera Ingeniería de Petróleo de la UNELLEZ. La investigación se llevó a cabo con un modelo cuantitativo tipo exploratorio sobre la base de un diseño pre-experimental; aplicando normas estandarizadas COVENIN y API para realizar cada procedimiento de medición como densidad, flash point y desgasificación de crudo. Se realizó un arqueo documental en el que se pudo evidenciar la poca información disponible al respecto por lo que se estructuró un protocolo de preparación de muestra que fue sometido a evaluación mediante la medición de sus propiedades en laboratorio a dos muestras de crudo provenientes de la División Boyaca, uno mediano y otro pesado según la clasificación de la American Petroleum Institute (API). Las pruebas realizadas sirvieron para verificar que después de desgasificar las muestras sus propiedades no son alteradas. Llegando a la conclusión de que las mediciones realizadas de forma exploratoria fueron positivas; y que el flash point puede ser un indicador de la presencia de gas en el crudo. Así mismo se recalca la importancia de la medición de la densidad ya que a través de ella se permite obtener la fluidez del crudo y su clasificación en base a densidades.

Descriptores o palabras claves: Protocolo, muestras, densidad, flash point, desgasificación.

E-mail del autor o autores: anaecc12@gmail.com / gabrielanelo241@gmail.

INTRODUCCIÓN

El petróleo desde el punto de vista físico, es un líquido de aspecto viscoso, menos denso que el agua e inmisible en ella, combustible e inflamable, de olor y color variante, según ambiente de sedimentación. Desde el punto de vista químico, se compone principalmente de carbono e hidrogeno en la porción 83-87% de C y de 11-14% de H. Contiene abundantes impurezas de compuesto orgánicos en los que intervienen componentes como el azufre, oxígeno, nitrógeno, mercaptanos, SO_2 , H_2S , alcoholes mezclados también con agua salada, ya sea libre o emulsionada, en cantidad variable.

El petróleo puede contener cantidades variables de gas disuelto y componentes metálicos en pequeñas proporciones es por ello que la desgasificación o desmasificado es un método para extraer los gases disueltos en los líquidos, es fundamental para aplicaciones en las que la presencia de gases en un líquido sea perniciosa. Hay diversas maneras de desgasificar un líquido, por lo cual la presente investigación se enfocara en que pruebas de laboratorio se pueden hacer para confirmar que el crudo se encuentre sin gas en solución, es decir un crudo muerto.

Para ello se tomara un protocolo de muestreo, siendo esta una operación que permite obtener una cantidad de material que represente lo más aproximadamente posible a la masa global del mismo, debido a que dicha muestra se utilizara para realizar las pruebas o ensayos cuyos resultados decidirán su futuro empleo.

Por lo que el objetivo de este trabajo es, presentar un diseño seguro de preparación de muestras de crudo de acuerdo a las normas de seguridad de cada procedimiento a realizarse en el laboratorio para demostrar que el crudo esté libre de gases (crudo muerto); y así poder hacer las mediciones de las propiedades sin que estas representen un riesgo al momento de su mediciones.

El presente trabajo de investigación está estructurado de la siguiente manera:

En el CAPÍTULO I se explica la problemática de estudio, la estructura de los objetivos y las limitaciones existentes en el estudio de tratamiento de preparación de muestras para conocer las propiedades del crudo.

En el CAPÍTULO II se aborda el tema de estudio y se describe de forma general los conceptos y procedimientos que sustentan este estudio.

En el CAPÍTULO III se desarrolla la metodología a seguir para lograr el cumplimiento de los objetivos. Se detalla el tipo y diseño de investigación aplicada para el estudio. En el mismo se describe el procedimiento del trabajo experimental.

En el CAPÍTULO IV se demuestran los resultados de la investigación; y el análisis de la información que da respuesta lógica a la necesidad de crear y aplicar un protocolo de tratamiento de muestras de crudo muerto en los laboratorios de Petróleo de la UNELLEZ.

En el CAPÍTULO V se presentan las conclusiones obtenidas luego del desarrollo del trabajo de investigación y se plasman las recomendaciones pertinentes que aseguran mejores resultados en estudios subsecuentes de este tema.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El petróleo varía según su composición y se conoce su clasificación mediante el estudio de los grados API (American Petroleum Institute), según su densidad en comparación con el agua a temperaturas iguales. Los crudos livianos va de 30-40°API y tienen una densidad de 0.869 – 0.830 gr/ml, los crudos medianos va de 22-29.9°API y tiene una densidad entre 0.920 – 0.870 gr/ml, los crudos pesados va de 10-21.9° API y tiene una densidad entre 1.000 – 0.919 gr/ml y el crudo extrapesado tiene una gravedad API menor a 10 y una densidad mayor a 1.000gr/ml.

La explotación de los yacimientos de crudos pesados y extrapesados actualmente se ha convertido en un interés para la industria petrolera debido a que los yacimientos de crudos livianos y medianos se han ido agotando a nivel mundial. Venezuela posee numerosos yacimientos de petróleo pesado y extrapesados la mayoría de los cuales se ubican en la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez (FPOHC). Esta representa una de las acumulaciones de crudo pesado más extensa en todo el mundo (Hussein et al, 2006), es por esta razón que grandes empresas petroleras muestren un creciente interés a los mismos, ya que representan una gran fuente de energía

La complejidad de los productos petrolíferos lleva a cuestionar la valides de su muestreo, el problema se presenta sobre todo en las muestras más pesadas y sus fracciones obtenidas de separaciones, por esto el diseño de la toma de muestra es una etapa fundamental dentro de las operaciones básicas de la industria petrolera.

En lo que comprende a este trabajo de investigación se estuvo determinando cómo manejar el crudo en el laboratorio ya que este presenta una serie de riesgos de origen y consecuencias muy variadas, relacionados básicamente con las instalaciones, y las operaciones que se realizan con él; por ello es de suma importancia que se sigan normas de seguridad para manipularlo, por algún derrame, explosión o mal uso de los equipos. El crudo muerto es aquel que ha liberado todos sus compuestos volátiles, es decir, un crudo sin gas en solución. Por lo cual trabajar con este tipo de crudo representa un menor riesgo en cuanto a seguridad al momento de realizar las pruebas; para ello se establecerá un protocolo de preparación de muestras de crudo ya que en los laboratorios de la carrera Ingeniería de Petróleo de la UNELLEZ no existe ninguno para trabajar con este tipo de sustancia.

En virtud a lo planteado surgen las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la importancia de revisar los diferentes protocolos de preparación de muestras de crudo para futuras mediciones?

¿Cómo se determinara el protocolo para la preparación de muestras de crudo?

¿Cuáles serán las normas de seguridad a seguir para cada procedimiento?

¿Cómo se analizaran los diferentes procedimientos propuestos que se aplicaran en el laboratorio?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un protocolo de preparación de muestras de crudo para la medición de sus propiedades en los laboratorios de la UNELLEZ VPDS.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1- Indagar los diferentes protocolos de preparación de muestras de crudos existentes.

2.-Elaborar un protocolo de preparación de muestras de crudos aplicable en los laboratorios de la carrera de Ingeniería de Petróleo de la UNELLEZ.

3.-Establecer las normas de seguridad que deben cumplirse durante la preparación de muestras de crudo.

4. Evaluar el procedimiento propuesto para la preparación de muestras de crudo en los laboratorios de la carrera de Ingeniería de Petróleo de la UNELLEZ VPDS.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se encuentra enmarcado en un proyecto de investigación, cuyo objetivo principal es aplicar una serie de pasos a la muestra para garantizar que esté totalmente desgasificada, es decir, que el crudo se encuentre sin gas en solución; sin que ello represente modificaciones sustanciales en sus propiedades que impidan obtener resultados fiables en el estudio de sus propiedades. Para esto se necesita acondicionar la muestra para que este en categoría de muerto de manera que se pueda trabajar con ella en forma segura y confiable, siendo una etapa fundamental que garantiza la correcta aplicación de los procedimientos en el laboratorio.

El estudio de las propiedades del crudo son importantes y necesarios para la industria petrolera ya que la credibilidad de estas decisiones dependen del conocimiento acerca de la incertidumbre de los resultados de la medición, siendo una etapa fundamental dentro de las operaciones básicas de la industria debido a que si el muestreo no se realiza de forma correcta, las decisiones erróneas pueden ocasionar grandes pérdidas financieras, consecuencias ambientales, entre otras

ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

El presente trabajo está orientado a su implementación en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería de Petróleo de la UNELLEZ para conocer cuál es el procedimiento que se realiza para preparar muestras de crudo, como se eliminan los gases de un crudo, y que equipo de laboratorio se necesita para trabajar de manera segura las mediciones que se le puedan hacer a dicho crudo sin que este representen un riesgo al momento de hacer el proceso de medición.

LIMITACIONES

Entre los factores que afectaron el desarrollo de la investigación se pueden listar:

- Obtención de muestras de los yacimientos del estado Barinas
- Disponibilidad de los laboratorios para realizar las pruebas.
- Limitaciones operacionales de los equipos de laboratorio.

CAPITULO II

MARCO CONTEXTUAL

ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Fluidos de Perforación de la Universidad Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" Ubicada en la Redoma "EZEQUIEL ZAMORA", Av. 23 de Enero, Barinas 5201, Barinas.

Se encuentra enmarcada en las Líneas de Creación Intelectual del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social, contenidas en el plan del Sistema de Creación Intelectual 2019- 2025 de la UNELLEZ aprobado mediante la Resolución del Consejo Académico N° CA/19/240, del 30-04-2019, Acta N° 004 Ordinaria, Punto N° 17.

Entre la Sub- Área de conocimientos y saberes se encuentra la de Petróleo la cual tiene 04 Líneas de Creación Intelectual, y la que corresponde a este trabajo de investigación es Aumento de la eficiencia de los procesos de mejoramiento de crudos pesados y extrapesados.

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En cuanto a los antecedentes consultados relacionados al tema Protocolo de preparación de muestras de crudo para medir sus propiedades tenemos los siguientes:

En 2008, Diana V y Jorge H presentaron ante la Universidad Industrial de Santander su Trabajo Especial de Grado en donde proponen procedimientos metodológicos para la caracterización de fluidos de campos maduros que contienen entre otros aspectos la fundamentación teórica, propiedades de fluidos, diseño y toma de muestra, principios de las pruebas de laboratorio, criterios de ingeniería para la selección de pozos y el tamaño de muestra. La

aplicación se aplica al campo Colorado y con este estudio se espera contribuir de manera significativa a la reactivación de la producción y como base para la investigación en diferentes áreas del conocimiento.

En 2008, Aramendiz J, Velásquez M, presentaron ante la Universidad de Santander su Trabajo Especial de Grado; donde se basaron en las consideraciones y procedimientos para el análisis PVT de los fluidos de yacimiento para complementar la caracterización del modelo de fluido que permite entender su comportamiento termodinámico; igualmente emplearon técnicas de muestreo poblacional para la selección de los pozos óptimos a muestreo , y a partir de la muestra tomada determinar las propiedades de los fluidos a través del análisis PVT.

En 2020, Rodríguez J, Ortiz A, Figuerar R, Orfila L, Molina J.W, Molina JD y Molina F expusieron en Thermal Oil Recovery Virtual Conference Nakasawa Jum su estudio que se centra en comprender en detalle las principales variables que inciden en el comportamiento de la viscosidad de crudos pesados, haciendo énfasis en el efecto de la temperatura, comprender el impacto de la viscosidad sobre movimiento de fluidos dentro del medio poroso y su influencia directa en la productividad de pozos; para ello fueron analizadas 56 muestras de crudo pesado, extrapesado y bitúmenes a diferentes temperaturas, proveniente de una base de datos PVT de Campos en Venezuela.

En 2022, Tapia F y Vargas A, presentaron su Trabajo Especial de Grado, basado en el estudio del comportamiento de la viscosidad de un crudo mediano proveniente del Campo Sinco, la cual se basó en un modelo experimental por lo que se diseñaron variables que fueron manipuladas en condiciones controladas; esto con el fin de brindar una herramienta que sirva de apoyo al momento de realizar pruebas o tomar decisiones que incluyan como una prioridad la viscosidad. Utilizaron una correlación sencilla de temperatura-viscosidad mediante el programa Excel el cual facilito una gráfica comprensible para el análisis de la correlación.

MARCO TEÓRICO

EL PETRÓLEO CRUDO

El petróleo es una mezcla natural, homogénea y extremadamente compleja de compuestos químicos denominados hidrocarburos; estos consisten en diferentes combinaciones de Carbono (C), e hidrógeno (H), junto con pequeñas cantidades de oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y trazas de metales.

El petróleo crudo se produce en el interior de la tierra, por transformación de la materia orgánica acumulados en sedimentos del pasado geológico y puede acumularse en trampas geológicas naturales, en dónde se extrae mediante la perforación de pozos. Los diferentes crudos tienen propiedades químicas similares, pero varían extensamente en sus propiedades físicas, tales como color, viscosidad, densidad, capacidad calorífica, etc. Estas variaciones se deben a la diversidad de concentraciones de los hidrocarburos que componen la mezcla.

PROPIEDADES DEL CRUDO

El petróleo es un líquido denso, viscoso, de colores que tienden a negro o amarillo según su concentración de hidrocarburos. Su olor desagradable se debe a su contenido de sulfato y nitrogenados. Estas propiedades varían de acuerdo al tipo de petróleo.

- Gravedad específica:** es un número adimensional que representa la relación entre la densidad del crudo y la del agua a 60 grados F. Sirve para diferenciar los crudos dependiendo de su composición química o base a que pertenecen.

- Gravedad API:** es una escala arbitraria de valores para indicar la densidad del crudo, se da en grados y aumenta en sentido contrario a la densidad o gravedad específica. Varía de un crudo a otro (entre 11 y 45 °API).

- Viscosidad absoluta o dinámica:** la viscosidad de un líquido indica, a grosso modo, su resistencia a fluir o a cambiar de forma física, también se puede decir que es la fuerza que un fluido opone a ser deformado a temperatura ambiente, por lo general varía, entre 0.4 Cp para crudos livianos.

•**Viscosidad cinemática:** es la relación entre la viscosidad absoluta del fluido en Cp y su densidad en gr/cc, medidas a la misma temperatura, se expresa en centistokes (Cst). Se utiliza para el estudio del comportamiento del flujo de crudos en el yacimiento, dentro del pozo y en superficie durante el transporte por tuberías.

•**Flash point:** es la temperatura en grados Fahrenheit más baja a la cual al aplicar una llama a la superficie del crudo causa una pequeña ignición de los vapores liberados. El método copa cerrada se usa para productos del petróleo y crudos con flash point por encima de 79°C (175°F) y por debajo de 400°C (752°F) excepto para fuel oils. El método copa abierta se usa para productos del petróleo y crudos con flash point por debajo de los 49°C (120°F).

•**Punto de fluidez:** es la temperatura a la cual el crudo deja de fluir cuando es sometido a enfriamiento.

•**BSW:** cantidad de agua en emulsión y sedimentos que se encuentran asociados con el crudo. Un alto valor de BSW causa problemas en el transporte y tratamiento de crudos elevando los costos.

•**Contenido de cenizas:** es la cantidad de residuos en forma de cenizas (metales, azufre, minerales, etc) que quedan al quemar el crudo a 775°C. Se reporta en porcentaje en peso, el contenido de cenizas encontradas en un crudo normalmente es del orden 0.01 al 0.05% en peso.

•**Color:** Los crudos pueden tener color amarillo pálido, tonos de rojo y marrón hasta llegar a negro. Por reflexión de la luz pueden aparecer verdes, amarillos con tonos azules, rojo marrón y negro.

•**Punto de nube:** es la temperatura a la cual aparece el primero cristal de parafina en forma de nube en el líquido cuando es enfriado bajo ciertas condiciones previstas.

•**Punto de congelación:** varía desde 15.5°C hasta la temperatura de -45 °C. Al igual que todas las propiedades depende de las propiedades y características de

cada crudo. Este factor es de importancia al considerar el transporte de los hidrocarburos, principalmente en invierno y en las tierras gélidas.

•**Presión de vapor Reid:** la medida de la presión de vapor y del punto de inflamación de los crudos permite inferir el contenido de hidrocarburos ligeros y la volatilidad. Existen normas de seguridad que reglamentan el transporte y el almacenamiento de crudos y productos petrolíferos en función de su punto de inflamación, que está directamente ligado con la presión de vapor. Se admite generalmente que los crudos con una presión de vapor superior a 0.2 bar (2.9psi) a 37.8°C tiene un punto de inflamación inferior a 20 °C.

•**Salinidad:** la salinidad del crudo es un dato importante para determinar el tratamiento a seguir, con el fin de poder entregarlo a refinerías con las condiciones requeridas (entre 15-20 Lb de sal/1000bb).

•**Punto de ebullición:** el crudo es una mezcla de hidrocarburos que no ebulle a una misma temperatura, sino que lo hacen dentro de un intervalo definido para cada crudo particular y caracterizado por dos temperaturas extremas denominadas punto inicial y punto final de ebullición.

•**Calor específico:** Es la cantidad de calor necesaria para aumentar en un grado la temperatura de la unidad de masa de una sustancia. Es de gran importancia en la Ingeniería de Petróleos ya que interviene en todos los cálculos de calentamiento y enfriamiento a que deben ser sometidos los fluidos.

•**SARA** (saturados, aromáticos, resinas asfáltenos): El SARA es método que se le realiza al crudo con el propósito de definir las proporciones en que están presentes los componentes saturados, aromáticos resinas y asfáltenos.

CRUDO MUERTO

El término de crudo muerto se aplica al crudo que dada las condiciones de bajas presiones ha liberado todos sus componentes volátiles es decir crudo sin gas en solución, (Aular, 2018).

Una muestra de petróleo crudo se declara muerta "cuando en ella no existe o contiene cantidades insignificante de gas disuelto y componentes volátiles. La parte de gas en solución la conforma principalmente metano, etano, propano y butano; y precisamente esos compuestos otorgan la energía para el levantamiento natural del crudo a superficie, y sin ellos se considera que el petróleo está en estado muerto. (Oilfieldteam, 2018.)

Otra forma de alcanzar el estado muerto, es si el petróleo se expone a la atmosfera un tiempo suficiente ocurriendo el escape de los componentes ligeros. Esto puede presentarse durante la producción del petróleo crudo, donde la presión y temperatura caen en el reservorio para poder llevarlo a superficie.

Entonces se puede encontrar el estado muerto del petróleo crudo en dos instancia, la primera como materia prima producida del reservorio y desgasificada para la comercialización, y la segunda como remanente de esa producción primaria en el reservorio cuando se ha agotado todos los componentes volátiles. (Petro Wiki, 2015.)

Entonces la vida o muerte de una muestra de petróleo es en función de la presencia o ausencia de gases disueltos. En la caracterización de fluidos, el aceite muerto tiene una relación solución-gasóleo cero y es más espeso y viscoso.

VISCOSIDAD DE CRUDOS

La viscosidad del petróleo (μ) es una de las propiedades físicas más importantes que controla e incide directamente en el flujo de fluidos a través del medio poroso y tuberías de producción. La viscosidad del petróleo depende principalmente de la temperatura, presión, gravedad API, gravedad del gas y solubilidad del gas.

La determinación de la viscosidad es un factor importante para el diseño como los procesos de downstream (exploración, perforación y producción) y procesos de upstream (transporte, refinación y petroquímica).

En general, la viscosidad se define como la resistencia interna de un fluido al flujo; usualmente medida en centipoises, cp. La resistencia al flujo es causada por la fricción interna generada cuando las moléculas del fluido tratan de desplazarse unas sobre otras, (Escobar, Freddy H. 2004)

La estimación de la viscosidad puede realizarse por medio de un análisis de laboratorio corrido a temperatura y presión del yacimiento o también puede ser deducida usando correlaciones empíricas.

DENSIDAD

La densidad es una propiedad básica de cualquier líquido, y se define como su masa por unidad de volumen. Las unidades más comunes de la densidad son g/ml y kg/m^3 . En el caso concreto del petróleo, su densidad varía dependiendo al tipo de crudo. Existen diversos métodos de determinación de la densidad de un líquido, entre los cuales el método del picnómetro ofrece cierta sencillez. Este procedimiento permite el cálculo de la densidad de cualquier líquido a través de tres determinaciones gravimétricas (a través de la determinación de tres masas con una balanza analítica). Se trata de un método simple, pero que requiere de la comprensión de sus fundamentos. Además, para obtener resultados fiables, se requiere cierta destreza y tener en cuenta algunas precauciones que se describirán aquí. Del mismo modo, es importante tener en cuenta que, puesto que los líquidos varían su volumen con la temperatura, la densidad también sufre esta variación.

MUESTREO DE HIDROCARBUROS

El muestreo es un término propio de la estadística que hace referencia a una técnica de selección en la que se identifica una porción o muestra que conserva las propiedades de la población total; es el primer paso en todo proceso analítico, las fallas o errores en su

realización conducen a resultados que no corresponden a las características físicas y químicas real es del producto.

El diseño de la toma de muestras es una etapa fundamental dentro de las operaciones básicas en la industria petrolera, pues se pueden encontrar muestras en diferentes estado físico (gaseoso, liquido o solido) y de diferente naturaleza, razón por la cual la toma de muestras debe estar fundamentada en un protocolo estandarizado o seguir lo indicado en los métodos analíticos o de ensayo estándar.

Existen dos métodos aceptados para el muestreo de los fluidos del yacimiento con el fin de medir posteriormente las propiedades físicas y químicas del crudo y gas, estos son muestreo de fondo y muestreo de superficie (Norma API RP 44 de 2003).

La selección de un método de muestreo es influenciado por importantes consideraciones como:

- Volumen de muestra requerido en el laboratorio
- Tipo de fluido a ser muestreado
- Grado de depleción del yacimiento
- Condición mecánica del pozo
- Tipo de equipo de separación en la superficie

Muestreo de Fondo

Este método consiste en bajar una herramienta denominada muestreador de fondo dentro del pozo a una profundidad seleccionada. Una porción de fluido se atrapa (en una sección especial del muestreador) a las condiciones de presión y temperatura a esa profundidad en el momento del muestreo; por medio de un mecanismo especial de la herramienta, el fluido es mantenido dentro de una sección herméticamente sellada, para su posterior regreso a superficie.

Ya en superficie la muestra se debe transferir a unos cilindros y enviarla al laboratorio. Es importante durante la transferencia conservar los fluidos en su mismo volumen traído del fondo y evitar la pérdida de gas que afectaría la representatividad de la muestra.

El muestreo de fondo es usado cuando la presión de flujo es mayor que la presión de saturación.

Se aconseja una serie de pruebas de productividad para determinar las presiones fluyendo a varias ratas de flujo; se escoge la mayor presión fluyendo a la rata a la cual la Relación gas-petróleo (G.O.R) se estabilice.

Cuando la herramienta y la muestra son llevadas a superficie, se chequea si hay fugas, la presión también debe ser medida para saber si el mecanismo de cierre de la sección hermética del muestreador estuvo convenientemente activado en el fondo. La presión del fluido en el muestreador traído a la superficie debe ser menor que la presión de fondo a la cual la muestra fue recogida.

Muestreo de Superficie

Esta técnica de muestreo se puede realizar ya sea en el separador o en las líneas de superficie antes del choque (cuando se esté seguro que el fluido se conserva en estado monofásico).

El método de muestreo en el separador consiste en tomar muestras de gas y aceite. El fluido del yacimiento se reconstruye en el laboratorio por recombinación del gas y el aceite con las propiedades debidas, este método puede ser tan bueno como la técnica de fondo para yacimientos donde la presión de flujo excede la presión de burbuja estimada.

EQUIPOS DE MUESTREO

Los equipos de muestreo han sido diseñados para la toma representativa de productos en cualquier interface de un tanque. Para seleccionar el equipo de muestre adecuado, se debe tener en cuenta las propiedades fisicoquímicas del producto a muestrear, la clase

de muestra, el análisis de laboratorio que se desea realizar y la cantidad de muestra que se requiera.

Tipo Ladrón (zona o nivel)

El dispositivo de tipo ladrón se emplea para recolectar muestras de líquidos de cualquier interface del tanque, son fabricados en acero inoxidable, broce, aluminio, acero, estaño u otros materiales que no ocasionen riesgo de producir chispa al hacer contacto con la costilla de muestreo; presentan una pequeña compuerta en la parte superior y una válvula de clase tipo cheque en la parte inferior la dimensión y la capacidad varían dependiendo del volumen del producto a muestrear.

Figura 1: Equipo de muestra tipo ladrón



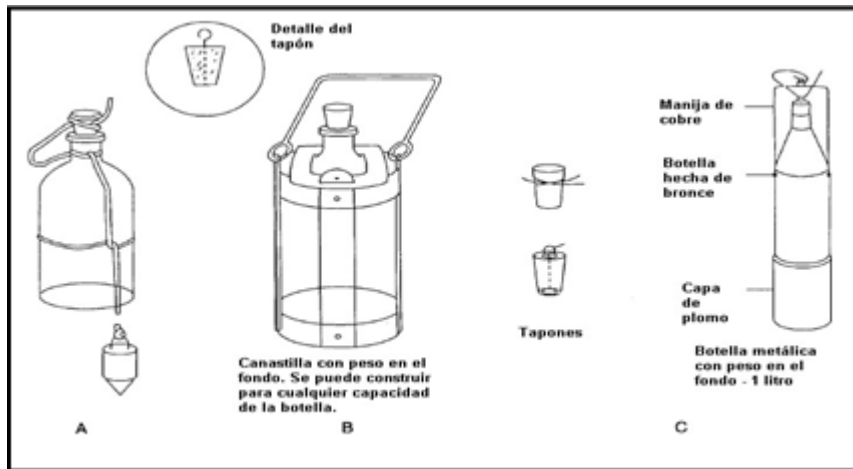
Tipo Botella

Las botellas son recipientes de borosilicato, de color ámbar y de cuello angosto que se emplea para la toma de la muestra de un hidrocarburo almacenado en un tanque; en el fondo tiene una pesa atada a un cordel con el fin de poder sumergirlas. El diámetro de la parte superior de la botella varía de acuerdo al producto a recolectar y tiene un corcho o tapón que se utiliza, dependiendo del método de muestreo, para evitar la presencia de contaminación cruzada.

Algunos equipos de muestreo que se emplean son:

- Botella de borosilicato con contrapeso de plomo, puede ser de vidrio ámbar o plástico.
- Canasta metálica de estructura metálica pesada con recubrimiento o prueba de chispa o plástico, elaborada de acuerdo a los diámetros de las botellas a emplear.
- Ladrón o recipiente metálico de muestreo.

Figura 2: Equipo de muestra tipo botella



Fuente: API MPMS Chapter 8.1

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y SUS APLICACIONES

El sitio para recolectar la muestra debe ser apropiado, de tal forma que se cumpla con los parámetros de temperatura y humedad relativa para garantizar la óptima preservación y representatividad de las muestras.

Una vez tomada la muestra, se procede a rotular con una etiqueta la cual debe contener toda la información relacionada con el muestreo. Para garantizar la representatividad e integridad de las muestras, los contenedores deben estar bien bloqueados y con tapa y contratapa; una vez cerrados se debe confirmar la existencia de escapes. Los contenedores deben tener una capacidad de volumen considerable

para recolectar la muestra requerida dentro del 80% de la capacidad total del recipiente para facilitar la mezcla, soportar la expansión térmica y evitar derrames de producto.

Tabla 1. Procedimientos de Muestreo y sus Aplicaciones

APLICACION	TIPO DE RECIPIENTE	PROCEDIMIENTO
Líquidos con presión de vapor Reid (RVP) no mayor a 101,32 Kpa (14,7 psia)	Tanques de almacenamiento, tanques de buques y barcazas, carrotanques	Muestreo con botella Muestreo con Ladrón
Líquidos con presión de Vapor Reid (RVP) 101,32 Kpa (14,7psia) o menor	Tanques de almacenamiento con grifos	Muestreo por grifos
Muestreo de fondo de Líquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13.8 Kpa (2psia) o menor	Tanques de almacenamiento con grifos	Muestreo por grifos
Líquidos con presión de vapor Reid (RVP) 101,32 Kpa (14,7psia) o menor	Tuberías o líneas	Muestreo Manual de ductos
Líquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13,8Kpa (2psia) o menor	Corrientes de descarga libre o abierta	Muestreo por cucharón
Líquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13,8Kpa (2psia) o	Tambores, barriles, latas	Muestreo Tubular

menor		
Muestreo de fondo o de núcleo de líquidos de presión de vapor Reid(RVP) 13,8 Kpa (2psia) o menor	Carrotanques, tanques de almacenamiento	Muestreo con Ladrón
Líquidos y semilíquidos de presión de vapor Reid (RVP) 13.8 Kpa (2psia) o menor	Corrientes de descarga libre o abierta; tanques abiertos u ollas de boca abierta; carrotanques, tambores	Muestreo por cucharón
Petróleo Crudo	Tanques de almacenamiento, tanques de buques y barcazas, carrotanques	Muestreo con ladrón Muestreo con botella
Petróleo Crudo	Líneas o tuberías	Muestreo Manual Muestreo Automático
Hidrocarburos aromáticos industriales	Tanques de almacenamiento, tanques de buques y barcazas	Muestreo con botella

Fuente: API MPMS Chapter 8.1

DESGASIFICACION DEL CRUDO

La desgasificación es el proceso de eliminación de gases disueltos en los líquidos. Es fundamental para aplicaciones en las que la presencia de gases en un líquido sea perniciosa.

Hay distintos métodos para desgasificar un líquido entre los cuales se encuentran:

- **Reducción de presión:** la solubilidad de un gas obedece a la ley de Henry, la cual establece que la cantidad disuelta de un gas en un líquido es proporcional a su presión parcial. Por esta razón, colocar una disolución bajo presión reducida vuelve al gas menos soluble. La sonicación ya la agitación bajo presión reducida puede mejorar la eficiencia. Esta técnica es nombrada comúnmente como desgasificación al vacío. Cámaras especiales de vacío llamadas descalificadores son usados para desgasificar líquidos a través de la reducción de la presión.
- **Regulación térmica:** de manera general, las disoluciones acuosas solubilizan menos a los gases a temperaturas más altas y viceversa para los solventes orgánicos (asimiente que él solito no reacciona). En consecuencia calentar una disolución acuosa y enfriar una disolución orgánica puede suprimir los gases disueltos. La ultrasónica y la agitación durante la regulación térmica también son efectivas. Este método no necesita aparatos especiales y es sencillo de llevar a cabo. Sin embargo en algunos casos, el solvente y el soluto se descomponen, reaccionan o se evaporan a altas temperaturas y el proceso de desgasificación es menos reproducible.
- **Desgasificación con membranas:** las membranas de separación líquido- gas permiten el paso de gases pero no de líquidos. Este método tiene la ventaja de prevenir la redisolución del gas por lo que es usado para producir solventes de alta pureza.
- **Ciclo de congelación- bomba- descongelación:** en esta técnica a escala de laboratorio, el líquido a desgasificar se coloca en un matraz y se congela rápidamente, generalmente con nitrógeno líquido. Luego se aplica un vacío y se sella el matraz. Se utiliza un baño de agua caliente para descongelar el fluido, y al descongelarse, se forman y escapan burbujas de gas por la presión del vacío. El proceso suele repetirse tres veces.

- **Burbujero de gas inerte:** burbujear una solución con un gas (usualmente inerte) de alta pureza puede extraer todos los gases disueltos no deseados como el oxígeno y el dióxido de carbono. Es común el uso del nitrógeno, argón, helio y otros gases inertes. Para maximizar el proceso, la solución es agitada vigorosamente y burbujeada durante un tiempo prolongado. Debido a que el helio no es soluble en la mayoría de los líquidos, es usado especialmente para reducir el riesgo de burbujas en el sistema HPLC.
- **Adición de reductores;** este método se usa especialmente para quitar el oxígeno, la adición de agentes reductores es efectiva. La eliminación del oxígeno disuelto es casi total.

Cabe destacar que uno de los métodos más comunes y efectivo es el de desgasificación al vacío; tal y como se define en la ley de Henry, la cantidad de gas disuelto en un líquido es proporcional a la presión ejercida sobre el líquido. Por tanto, utilizar una bomba de vacío para reducir la presión a la que está sometida el líquido permite que los gases disueltos escapen más fácilmente.

FACTORES DE RIESGO EN LABORATORIOS

Los laboratorios son lugares en los que se manipulan productos, sustancias o agentes biológicos peligrosos, lo que sumado a las operaciones específicas que se realizan, hacen que normalmente presenten un nivel de riesgo elevado para la salud. Por sus propias características, el trabajo en el laboratorio presenta una serie de riesgos y consecuencias variadas. En un laboratorio se suelen utilizar productos como: Reactivos químicos corrosivos, gases, sustancias químicas tóxicas, reactivos químicos, sustancias inflamables, sustancias biológicas.

Los principales factores de riesgo en un laboratorio son:

- Desconocimiento de las características de peligrosidad de las sustancias.
- Empleo de métodos y procedimientos de trabajo intrínsecamente peligrosos.
- Malos hábitos de trabajo.
- Empleo de material de laboratorio inadecuado o de mala calidad.

- Instalaciones defectuosas.
- Diseño no ergonómico y falta de espacio.
- Contaminación ambiental.

Tipos de riesgo en un laboratorio

- Heridas (cortes con material de vidrio)
- Heridas en ojos
- Quemaduras (por tocar material de vidrio caliente o equipos)
- Pequeños incendios localizados (cuando sustancias como disolventes orgánicos se inflaman)
- Derrames químicos, envenenamientos suaves (por inhalación de gases)
- Corrosión (producen destrucción parcial o total de los tejidos con los que contacta: piel, ojos y sistema digestivo son las partes más afectadas)
- Irritación
- Reacciones alérgicas
- Asfixia

De una manera general, las acciones preventivas para la minimización de los riesgos causados por estos factores son:

- Disponer información sobre las características de peligrosidad de las sustancias.
- Disponer de la adecuada información para realizar el trabajo de manera segura.
- Adquirir y mantener buenas prácticas de trabajo.
- Trabajar con material suficiente y adecuado a las necesidades y en buen estado.
- Considerar los aspectos de seguridad. No acumular materiales en la superficie de trabajo.
- Equipar el laboratorio con un sistema de ventilación general.

NORMAS GENERALES DE TRABAJO EN EL LABORATORIO

Dado que el laboratorio es un lugar donde se manipulan gran cantidad y variedad de productos peligrosos, con el fin de evitar su contacto o ingestión siendo fuente de intoxicaciones o accidentes, se pueden establecer una serie de normas de tipo general sobre los diferentes aspectos aplicables a la mayoría de los laboratorios, como lo son:

1. ORGANIZACION

- La organización y distribución física del laboratorio (distribución de superficies, instalaciones de aparatos, procedimientos de trabajo, instalaciones generales, etc.)
- El laboratorio debe disponer de los equipos de protección individual y de las instalaciones de emergencia o elementos de actuación (ducha, lavaojos, mantas ignífugas, extintores, etc.) adecuados a los riesgos existentes.
- El laboratorio debe mantenerse ordenado y en elevado estado de limpieza. Deben recogerse inmediatamente todos los vertidos que ocurran, por pequeños que sean.
- No deben realizarse experiencias distintas a las explicadas por el profesor; tampoco poner en marcha nuevos aparatos e instalaciones sin autorización.

2. NORMAS GENERALES DE CONDUCTA

- Como norma higiénica básica, lavarse las manos al entrar y salir del laboratorio y siempre que haya habido contacto con algún producto químico. Debe llevar en todo momento las batas y ropa de trabajo abrochada y los cabellos recogidos, evitando colgantes o mangas anchas que pudieran engancharse en los montajes y material de laboratorio. No se debe trabajar separado de la mesa, ni abandonar objetos personales en mesas de trabajo.
- Los alumnos tienen que tener en todo momento conocimiento de las normas de trabajo, plan de seguridad y emergencia del laboratorio, y características

específicas de peligrosidad de los productos, instalaciones y operaciones de uso habitual en el laboratorio

- Está prohibido fumar e ingerir alimentos en el laboratorio.
- Se debe evitar llevar lentes de contacto si se detecta una constante irritación de los ojos. Es preferible el uso de gafas de seguridad.

SISTEMA DE VARIABLES

Arias (2006), señala que una variable es una característica o cualidad, magnitud o cantidad susceptible de sufrir cambios y es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación. Para Tapia (2000), la Variable es una propiedad o característica observable en un objeto de estudio, que puede adoptar o adquirir diversos valores y ésta variación es susceptible de medirse.

Los tipos de variables según Tapia 2000, son las siguientes:

- Variable Dependiente: reciben este nombre las variables a explicar, o sea el objeto de investigación, que se intenta explicar en función de otras variables. Para el presente estudio se definió como variable dependiente el Protocolo de tratamiento de muestras.
- Variable Independiente: son las variables explicativas, o sea los factores susceptibles de explicar las variables dependientes. En este trabajo se consideró como variable independiente la Preparación de las muestras por lo antes expuesto. Y cabe recalcar que la variable normas de seguridad está contenida dentro de la variable independiente ya que la seguridad es una condición o factor para su manipulación.

MAPA DE VARIABLES.

Tabla 2. Mapa de Variables.

Objetivo General: Protocolo de preparación de muestras de crudo para medición de propiedades en los laboratorios de Ingeniería de Petróleo de la UNELLEZ

Objetivos Específicos	Variable	Definición Operacional	Indicadores	Items
Elaborar un protocolo de tratamiento de muestras de crudo aplicable en los laboratorios de la carrera de Ingeniería de Petróleo de la UNELLEZ	Protocolo de tratamiento	Un protocolo establece una serie de instrucciones que se fijan para actuar en ciertos procedimientos.	<ul style="list-style-type: none">• Protocolo• Procedimientos	<ul style="list-style-type: none">• Reglas• Pasos
Establecer las normas de seguridad que deben cumplirse durante la preparación de muestras de crudo	Normas de seguridad	Son aquellas reglas que resultan necesarias y que deben cumplirse para evitar daños que puedan derivarse de la ejecución de un trabajo	<ul style="list-style-type: none">• Reglas• Ejecución	<ul style="list-style-type: none">• Normas• Cumplimiento
Evaluar el procedimiento para la preparación de muestras de crudo en los laboratorios de la UNELLEZ VPDS	Pruebas realizadas al crudo	Son pruebas de evaluación de la composición física y química de las materias componentes del crudo	<ul style="list-style-type: none">• Prueba• Evaluación	<ul style="list-style-type: none">• Verificación• Analizar

Fuente: Carrero y Nelo (2022)

NORMATIVA Y ASPECTOS LEGALES.

Las normativas en las que se basan este trabajo de investigación, son las Normas del Instituto Americano del Petróleo (API)

(API, Capítulo 8): Práctica estándar para el muestreo manual del petróleo y productos derivados: Esta norma proporciona información específica sobre la selección, preparación y manipulación de las muestras, así como los procedimientos y equipos para obtener manualmente muestras de petróleo y sus productos derivados; estas muestras se obtienen por muchas razones, incluida la determinación de propiedades químicas y físicas.

También nos ayuda a sustentar nuestra investigación la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), donde destaca:

(COVENIN 421-93) Líquidos inflamables. Determinación del punto de inflamación. Método De TAG de copa abierta. Esta norma venezolana contempla el método de ensayo para determinar el punto de inflamación, por medio del equipo TAG de copa abierta, de líquidos que tienen un punto de inflamación comprendido entre 18°C y 165°C. Este método solo debe ser usado en productos o sistemas que responden al calor y fuego bajo condiciones de laboratorio controladas.

(COVENIN 2052-93) Productos derivados del petróleo. Determinación de la densidad relativa por medio del picnómetro Bingham. Esta norma explica la determinación de la densidad de los hidrocarburos a temperatura de prueba especificada entre 20 y 25°C; así como los procedimientos de limpieza del picnómetro y su calibración para la prueba de ensayo del mismo.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se encuentra enmarcado en el modelo cuantitativo donde un conjunto de estrategias para la obtención y procesamiento de información que emplea magnitudes numéricas para llevar a cabo su análisis, siempre enmarcado en una relación causa y efecto. Así que en el método cuantitativo se utilizan valores numéricos para estudiar un fenómeno obteniendo conclusiones que pueden ser expresadas de forma matemática. Este método es útil cuando existe en el problema a estudiar un conjunto de datos representables mediante distintos modelos matemáticos. Así los elementos de investigación son claros, definidos y limitados y los resultados son de índole numérica, descriptiva y en algunos casos predictivas. (Equipo editorial, Etecé; 2021).

Según Arias (2006) los tipos de investigación se describen por el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto, y se clasifican en exploratoria, descriptiva y explicativa incluyendo en este último, el estudio experimental y no experimental. Por lo que este trabajo de investigación se refiere al tipo exploratorio ya que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen un nivel superficial de conocimiento.

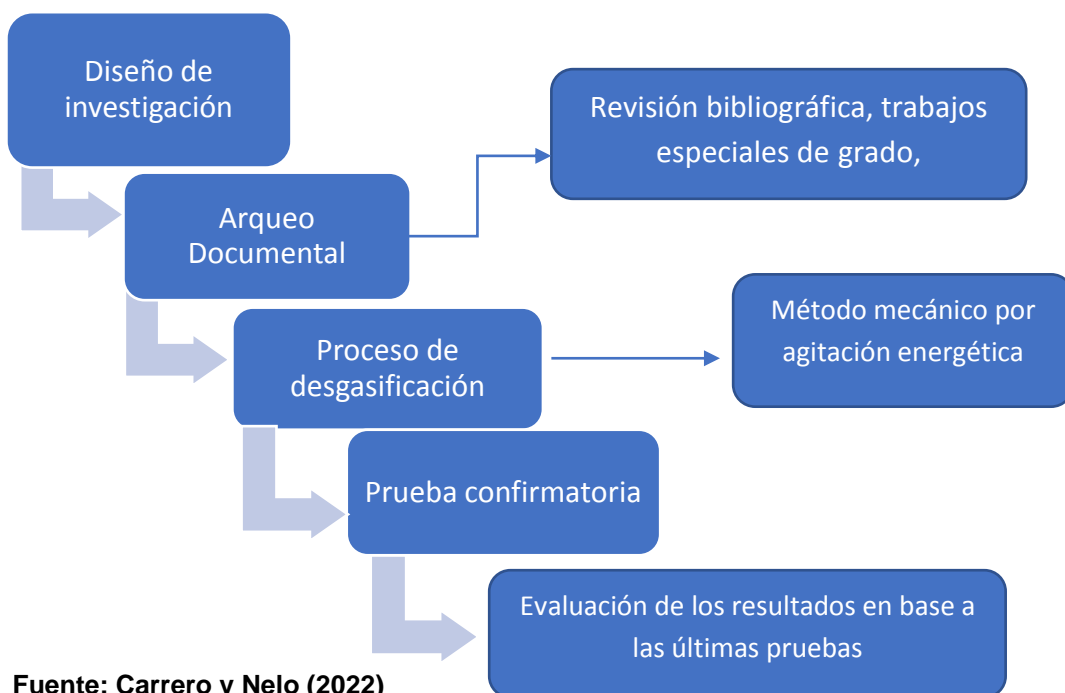
El diseño de investigación según Hernández (2008) es el plan o estrategia que ha de aplicarse para obtener la información se desea. Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula (Hernández, 2008). Los diseños experimentales se clasifican a su vez en pre-experimental, experimentos puros, y cuasi-experimentos. Por lo que este trabajo se refiere al tipo de investigación pre - experimental donde no existe la posibilidad de comparación de grupos, por lo cual se partió del hecho de la existencia de gas combustible diluido en las muestras de crudo en estado

líquido, está mezcla de gases al someterse a un cambio en las condiciones de Presión, Volumen y Temperatura tienden a liberarse del seno del líquido, lo cual en un ambiente cerrado o de poca ventilación al estar expuesto a una llama puede generar combustión cuyo peligro dependerá de la concentración que alcance en el espacio. Por tanto, se diseñó una serie de pruebas cuya finalidad es realizar la extracción controlada de los gases y verificar que dicho proceso no interfiera en gran magnitud en los valores de algunas propiedades del crudo a analizar.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación primero se realizó un arqueológico documental, seguido del diseño de un procedimiento basado en la bibliografía e investigaciones consultadas el cual consistió en: medición de propiedades características para el procedimiento, como densidad y flash point; seguidamente aplicación de un proceso de desgasificación y posterior a esto, realización de las pruebas claves para la confirmación de que la muestra no fue afectada. Por último la evaluación en base a los resultados de la última prueba.

Figura 3. Diagrama de diseño de investigación



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

EL PROCEDIMIENTO DE LA METODOLOGÍA SE BASO EN LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES

ACTIVIDAD I: DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD A PRESIÓN ATMOSFÉRICA, MÉTODO DEL PICNOMETRO.

Una vez adquirida las dos muestras de crudo se tomaron 90ml de cada una de las muestras en envases metálicos para iniciar con el procedimiento.

- Se tomó el picnómetro número 1 el cual estaba calibrado a una temperatura de 19.5°C y con un volumen de 50.1267cm³.
- A continuación se pesó el picnómetro número 1 vacío con su respectiva tapa (la cual posee un termómetro), utilizando una balanza analítica y se tomaron tres mediciones.
- Luego se llenó el picnómetro número 1 con la muestra de crudo X79, se colocó la tapa y se limpió en la parte superior el líquido derramado, se prosiguió a leer la temperatura.
- Después se llevó el picnómetro numero 1 lleno a la balanza analítica, y se realizó el procedimiento tres veces es decir se tomaron tres medidas.
- Se repite el mismo procedimiento descrito anteriormente para el picnómetro numero 2 el cual estaba calibrado a una temperatura de 18.2°C y con un volumen de 49.088cm³, para la muestra X92.

ACTIVIDAD II: DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE INFLAMABILIDAD O DESTELLO: FLASH POINT. COPA ABIERTA

- Se tomaron 90 ml de la muestra de crudo X79 en envase metálicos.
- Usando el termómetro se tomó una temperatura inicial.
- Luego se llevó la muestra a una plancha de magnética para su calentamiento.
- Se agito la muestra usando pinzas para que calentara de manera uniforme.
- Se pasó la llama a la muestra a través de un chesquero cuello largo, hasta que esta hizo un destello, se apagó la plancha se retiró la muestra y se tomó la temperatura a la cual empieza su ignición.

- Se repite el mismo procedimiento descrito anteriormente para la muestras X92.

ACTIVIDAD III: DESGASIFICACION DE LA MUESTRA DE CRUDO A TRAVEZ DE AGITACION MECANICA.

- Se tomó 90ml de la muestras de crudo X79, se loco en envases de plástico y se comprimió un poco la botella para generar un vacío luego se tapó.
- Seguidamente se comenzó a agitar la muestra por un tiempo de 3 minutos.
- Luego se dejó reposar la muestra por un tiempo de 7 minutos para que se estabilizara y así al abrir el envase el gas atrapado en él sea expulsado.
- Se repite la agitación por un tiempo de 5 minutos, dejándolo reposar nuevamente por 8 minutos, al transcurrir este tiempo se destapa el envase para que expulse el gas restante.

NOTA: Este proceso solo se realizó dos veces ya que al realizar la segunda agitación se observó que el envase seguía comprimido indicando que ya no había expansión de gas dentro del envase.

ACTIVIDAD IV: DETERMINACION DEL FLASH POINT DESPUES DE DESGASIFICADA LA MUESTRA.

Se repite el mismo procedimiento de la fase II para cada una de las muestras (X79 y X92)

ACTIVIDAD V: MEDICION DE DENSIDAD DESPUES DE DESGASIFICADA LA MUESTRA.

Se repite el mismo procedimiento de la fase I para cada una de las muestras (X79 y X92)

ACTIVIDAD VI: DETERMINACION DE LA GRAVEDAD API.

Luego de obtener los valores de densidad de las dos muestras (X79 y X92), antes y después de desgasificarla se procede a calcular los grados API a través de la siguiente ecuación:

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{Gravedad\ específica} - 131.5$$

Ecuación 1: Calculo de °API

Siendo la gravedad específica igual a la densidad del crudo entre la densidad del agua a la misma temperatura

POBLACIÓN Y MUESTRA.

Se entiende por población que es "un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación" (Arias, 2012. p. 81). Por su parte Palella y Martins (2008) expresan que la población es un "conjunto de unidades de las que se desea obtener información sobre las que se va a generar conclusiones" (p.83). Es decir, se utilizara un conjunto de personas con características comunes que serán objeto de estudio. Esta se divide en:

Población accesible

Es la porción finita de la población objetivo a la que realmente se tiene acceso y de la cual se extrae una muestra representativa. El tamaño de la población accesible depende del tiempo y de los recursos del investigador.

En este trabajo la población hace referencia a un yacimiento del estado Barinas, donde se tomaron las muestras de crudo, que es tomado como población accesible de este trabajo.

Según Arias (2006, p.83) define muestra como "un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible". Por lo que se tomaron 2 muestra de crudo (X79 crudo pesado, y X92 crudo mediano) para la fecha de 27/07/2022, de un volumen de 2 litros cada una, para la realización de las pruebas y la obtención del crudo muerto.

TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES APLICADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos es el proceso de recopilación y medición de información sobre variables establecidas de una manera sistemática, que permite obtener respuestas relevantes, probar hipótesis y evaluar resultados. Las técnicas de recolección de datos pueden variar según la naturaleza de estudio, por lo cual esta investigación se fundamentó en la técnica de revisión documental.

También como técnica se utilizó la observación experimental que según Palella y Martins, (2017) "la observación es experimental cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar". La cual se realizó al momento de analizar las muestras y obtener los datos de las pruebas practicadas.

Según Arias (2006), los instrumentos son cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar la información entre las cuales se pueden mencionar los cuestionarios, entrevistas y otros.

Para este trabajo se utilizaron instrumentos como el termómetro para medir la temperatura a la cual la muestra empieza su ignición, picnómetro para calcular la densidad de la muestra, y la balanza analítica para pesar. Para el registro de los datos se utilizaron materiales como papel, lápiz, hojas, cámara fotográfica y el programa de Microsoft Word.

GLOSARIO DE TERMINOS

- **Asfáltenos:** Es un material orgánico el cual se forma por los compuestos de anillos aromáticos y nafténicos que contienen moléculas de nitrógeno, azufre y oxígeno.
- **Análisis P.V.T:** Representa un conjunto de pruebas que se hacen en el laboratorio a diferentes presiones, volúmenes y temperaturas para determinar las propiedades de los fluidos de un yacimiento petrolífero.
- **Crudo Muerto:** Es un petróleo en condiciones de presión suficientemente baja para contener gas disuelto.
- **Cretácico:** Tercer y último periodo geológico de la era secundaria, en el cual se extinguieron los dinosaurios.
- **Centipoise:** Se refiere a una unidad de medida de la viscosidad equivalente a la centésima parte de un poise y se expresa de la siguiente manera cp.
- **COVENIN:** Comisión Venezolana de Normas Industriales, creada en 1958, es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de normalización y calidad en el país.
- **Densidad:** Es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en un determinado volumen de sustancia.
- **Exploración:** Es un término que se designa para la búsqueda del petróleo o gas en la industria petrolera.
- **Fluido:** Es una sustancia que se deforma continuamente, es decir fluye bajo la aplicación de una tensión tangencial por muy pequeña que sea.
- **Gravedad Específica:** Es la relación entre la masa de un volumen determinado de dicho fluido.
- **Grados API:** Constituye a una escala industrial la cual expresa la gravedad o densidad de los derivados líquidos del petróleo.
- **Gas en solución:** Es un gas natural el cual esta disuelto en el petróleo a condiciones del yacimiento.
- **Líquido inflamable:** Es un líquido que tiene un punto de inflamación bajo los 37°C (100°F) tales como la gasolina, alcohol etílico y tolueno.
- **Muestra:** parte o cantidad pequeña que se considera representativa del total y que se toma o se separa con ciertos métodos para someterla a estudios, análisis o experimentación.

- **Peso molecular:** Se refiere como el peso de un mol de moléculas.
- **Producción:** Actividad encargada de la operaciones empleadas para la extracción de los hidrocarburos naturales como el petróleo y gas.
- **Presión:** Es el cociente entre la componente normal de la fuerza sobre una superficie y el área de la misma.
- **Temperatura:** Es una magnitud escalar dada por una función creciente del grado de agitación de las partículas de los materiales.
- **Viscosidad:** Es una propiedad de los líquidos, y describe la resistencia del líquido al flujo y está relacionada con la fricción interna en el líquido.
- **Viscosidad de crudo muerto:** Viscosidad a presión atmosférica, no hay gas en solución y a condiciones de temperatura de sistema o yacimientos.
- **Viscosidad cinemática:** Es una medida de la resistencia interna de un fluido a fluir bajo fuerzas gravitacionales.
- **Viscosímetro:** Es un equipo que se utiliza para medir la viscosidad de un fluido.
- **Yacimiento:** Es una zona donde se encuentra de forma natural grandes cantidades de minerales, petróleo o gas natural

CAPITULO IV

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez finalizada las actividades planificadas para lograr el desarrollo de la investigación, se presentan los resultados obtenidos los cuales fueron planteados en los objetivos del capítulo I.

Indagar los diferentes protocolos de preparación de muestras de crudos existentes.

Una cantidad de 15 documentos consultados cuya información fue empleada en los antecedentes, el marco teórico de la investigación y la elaboración del protocolo de tratamiento de muestra, de los cuales los más relevantes para el desarrollo de la investigación se muestran a continuación:

Tabla 3: Documentos Consultados.

Autor	Titulo	Aspecto Relevante
Ecopetrol; (2013)	Manual de medición de hidrocarburos y biocombustible.	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de muestra y sus aplicaciones. • Equipos de muestreo
Diana C y Jorge Hoyos; (2008)	Procedimientos metodológicos para la caracterización de fluidos de campo maduro. Aplicación a los fluidos del campo Colorado (TEG)	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades del crudo • Muestreo de hidrocarburo
Normas COVENIN 421-93	Líquidos inflamables. Determinación del punto de inflamación. Método de TAG de copa abierta.	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimientos y equipos para la prueba de laboratorio.
Norma COVENIN	Productos derivados del	

2052-93	petróleo. Determinación de la densidad relativa por medio del picnómetro bingham.	<ul style="list-style-type: none"> Técnica y procedimiento para realizar la prueba del picnómetro.
---------	---	---

Fuente: Carrero y Nelo (2022.)

Elaborar un protocolo de tratamiento de muestras de crudos aplicable en los laboratorios de petróleo de la UNELLEZ.

El protocolo diseñado se basa en:

Actividad 1: Mediciones de densidad

Para la muestra X79 se utilizó un picnómetro calibrado a una temperatura de 19.5°C y con un volumen de 50.267cm³ las mediciones obtenidas con el picnómetro vacío y lleno con crudo fueron las siguientes:

Tabla 4: Medición de densidad picnómetro N° 1

Picnómetro vacío	Picnómetro lleno
39.1372gr	85.7970gr
39.1372gr	85.7879gr
39.1372gr	85.7747gr

Fuente: Carrero y Nelo (2022).

Para el picnómetro lleno con crudo se tomó la temperatura la cual indico 27°C. Luego de esto se hizo un promedio de las medidas obtenidas tanto del picnómetro vacío como del picnómetro lleno el cual se muestra a continuación:

$$Pic. vacío = \frac{m1 + m2 + m3}{3}$$

Ecuación 2: Promedio de medidas con el picnómetro.

$$Pic. \text{ vacio} = \frac{39.1372\text{gr} + 39.1372\text{gr} + 39.137\text{gr}}{3}$$

$$Pic. \text{ vacio} = 39.1372\text{gr}$$

Promedio Del Picnómetro Lleno

$$Pic. \text{ lleno} = 85.7865\text{gr}$$

Formula De La Densidad

$$\rho = \frac{W_{op} - W_p}{V_p}$$

Ecuación 3: Formula de densidad.

Donde

ρ : Densidad del crudo (gr/cc)

Wop: Peso del picnómetro con el crudo (gr)

Vp: Volumen del picnómetro (cc)

Wp: peso del picnómetro vacío

$$\rho = \frac{85.7865\text{gr} - 39.1372\text{gr}}{50.267\text{cc}}$$

$$\rho = 0.9280 \frac{\text{gr}}{\text{cc}}$$

Figura 4: Medición de Picnómetro Vacío y Lleno para Muestra X79



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Picnómetro número 2

Para la muestra X92 se utilizó un picnómetro calibrado a una temperatura de 18.2°C y con un volumen de 49.088cm³ las mediciones obtenidas con el picnómetro vacío y lleno con crudo fueron las siguientes:

Tabla 5: Medición de densidad picnómetro N° 2

Picnómetro vacío	Picnómetro lleno
40.2664gr	84.3206gr
40.2664gr	84.3209gr
40.2665gr	84.3174gr
$\Sigma = 40.2664$	$\Sigma = 84.3196$

Fuente: Carrero, Nelo (2022).

Para el picnómetro lleno con crudo se tomó la temperatura la cual indico 28°C. La densidad obtenida fue:

$$\rho = 0.8974 \frac{gr}{cc}$$

Figura 5: Medición Picnómetro Vacío para la muestra X92



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Análisis de la densidad.

Las mediciones de densidad comprueban la concentración de una muestra y ofrece información sobre su composición. De acuerdo a la tabla número 6 se puede observar que los resultados obtenidos de densidad para el picnómetro número 1 con la muestra de crudo X79 corresponden a un crudo pesado ya que su resultado fue de 0.9280gr/cc. Y para el picnómetro número dos con la muestra X92 se obtuvo un crudo mediano ya que el valor de la densidad fue de 0.8974gr/cc. Las ventajas de usar el picnómetro como prueba para medir densidad es que es asequible, y

directamente proporcional a la definición de la densidad (masa dividida entre volumen).

Actividad 2: Prueba de Flash Point: Copa abierta

Para determinar el flash point se emplea una llama que actúe como foco de ignición el líquido inflamable se calienta poco a poco y se va aplicando una llama de prueba, cuando se observa un destello se considera que el líquido ha alcanzado el punto de inflamabilidad.

Para la muestra de crudo X79 se tomó una temperatura inicial de 28°C. Se calentó hasta llegar a la temperatura de su punto de inflamación la cual fue de 60°C. Y en el caso de la muestra X92 su temperatura inicial fue de 28°C, calentándose hasta llegar a la temperatura a la cual empieza la ignición y esta fue de 51°C.

El tiempo estimado para que las muestras llegaran a su punto de ignición es entre 8 y 10 minutos. Cabe destacar que las muestras no desprendieron olores ni vapores y no llegaron a su punto de ebullición.

Figura 6: Flash Point para Muestra X79



Figura 7: Medición de Temperatura para Muestra X79



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Figura 8: Flash Point para Muestra X92



Figura 9: Medición de Temperatura para Muestra X92



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Actividad 3: Análisis del proceso de desgasificación.

La desgasificación se hizo por agitación mecánica ya que fue el método más práctico y sencillo en aplicar dentro del laboratorio, y consistió en vaciar la muestra en un envase, el cual al ser agitado genera un movimiento en las moléculas, por lo cual se pudo observar que al comprimir el envase se genera un vacío, y al empezar a agitarlo este volvía a su estado original lo cual es indicativo de hubo una expansión de gas dentro del envase, este se deja reposar por un tiempo establecido para que la muestra repose y se estabilice de manera que al abrir el envase los gases atrapados sean expulsados.

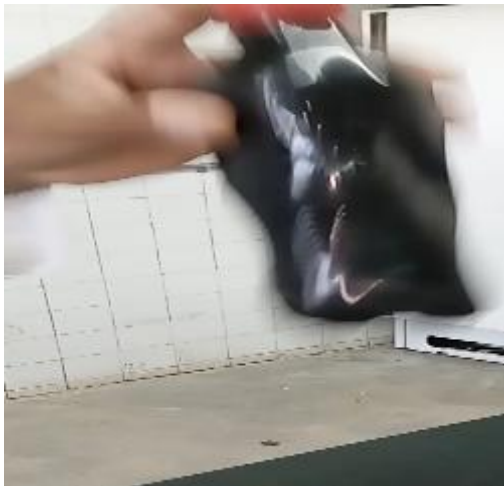
Figura 10: Proceso de Desgasificación



Paso 1: Llenar el envase con crudo



Paso 2: Comprimir el envase



Paso 3: Agitar



Paso 4: El envase vuelve a su estado normal

Actividad 4: Prueba de Flash Point: Copa abierta. Después de desgasificar las muestra.

Para la muestra de crudo X79 se tomó una temperatura inicial de 27°C. Se calentó hasta llegar a la temperatura de su punto de ebullición la cual fue de 63°C.

Es decir que a la misma temperatura antes de desgasificar no hubo inflamación, lo cual indica que no había presencia de gas. Y en el caso de la muestra X92 su temperatura inicial fue de 26°C, calentándose hasta llegar a la temperatura a la cual empieza la inflamación y esta fue de 51°C.

El tiempo estimado para que las muestras llegaran a su punto de ignición es entre 10 y 12 minutos. Cabe destacar que no vario la temperatura antes y después de desgasificar las muestras es decir que el proceso de desgasificación no altera la muestra lo cual quiere indicar que la técnica exploratoria si sirvió para comparar resultados. También se puede decir que el flash point puede ser un indicador de presencia de gas en el crudo ya que para la muestra X79 no hubo punto de inflamación, es decir, que el proceso de desgasificación si sirvió porque no tenía gas.

Figura 11: Flash Point Muestra después de desgasificar



Figura 12: Medición de Temperatura muestra X92



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Figura13: Flash Point Muestra X79 después de desgasificar, No hubo Inflamación



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Figura 14: Medición de Temperatura Muestra X79



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Actividad 5: Medición de la densidad después de la desgasificación

Para la muestra X92 se utilizó un picnómetro calibrado a una temperatura de 18.2°C y con un volumen de 49.088cm³ las mediciones obtenidas con el picnómetro vacío y lleno con crudo fueron las siguientes:

Tabla 6: Medición de densidad después de desgasificar la muestra N°1

Picnómetro vacío	Picnómetro lleno
40.1513gr	84.3821gr
40.1511gr	84.3706gr
40.1515gr	84.3693gr
$\Sigma= 40.1513gr$	$\Sigma=84.374gr$

Fuente: Carrero, Nelo (2022)

Para el picnómetro lleno con crudo se tomó la temperatura la cual indico 28.5°C. La densidad obtenida fue:

$$\rho = 0.9008 \frac{gr}{cc}$$

Figura 15: Medición de Picnómetro Vacío y Lleno Después de Desgasificar Muestra X92



Fuente: Carrero y Nelo (2022)



Para la muestra X79 se utilizó un picnómetro calibrado a una temperatura de 18.2°C y con un volumen de 49.088cm³ las mediciones obtenidas con el picnómetro vacío y lleno con crudo fueron las siguientes:

Tabla 7: Medición de picnómetro después de desgasificar la muestra N°2

Picnómetro vacío	Picnómetro lleno
38.9883gr	86.6021gr
38.9882gr	86.5980gr
38.9879gr	86.5962gr
Σ= 38.9881gr	Σ= 86.5987gr

Fuente: Carrero, Nelo (2022).

Para el picnómetro lleno con crudo se tomó la temperatura la cual indico 28.5°C. La densidad obtenida fue:

$$\rho = 0.9471 \frac{gr}{cc}$$

Figura 16: Medición de Picnómetro Vacío y Lleno Después de Desgasificar Muestra X79



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Análisis de densidad después de desgasificar la muestra

Se pudo observar que después de desgasificar la muestra la composición del

crudo no sufrió ningún cambio ya que los resultados obtenidos durante las mediciones ya sean antes o después de desgasificar el crudo son iguales para cada una de las muestras X79 y X92 dando el mismo tipo de crudo de acuerdo a las densidades.

Actividad 6: Cálculos realizados para determinar la gravedad API.

La gravedad API es una escala empírica, calibrada en grados que relaciona la gravedad específica; los grados API denotan la fluidez de los crudos. Se determina a través de la siguiente ecuación:

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{\text{Gravedad específica}} - 131.5$$

Como resultado de esta relación, es lógico que mientras mayor sea la gravedad específica de un producto menor será la gravedad API.

La gravedad específica esta denotada por la siguiente ecuación:

$$\gamma_o = \frac{\rho_o}{\rho_w}$$

Ecuación 4: Formula de Gravedad Específica.

Donde:

γ_o : Gravedad específica

ρ_o : Densidad del petróleo a 60°F (gr/cc)

ρ_w : Densidad del agua a 60°F (gr/cc)

Antes de la desgasificación.

Para la muestra X79 la densidad dio como resultado 0.9280gr/cc y estaba a una temperatura de 27°C, por lo tanto se buscó la densidad del agua a la misma temperatura de la sustancia, esto se realizó utilizando una tabla de densidades del agua y así calcular la gravedad específica.

Tabla 8: Densidades del agua a diferentes temperaturas

Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Densidad kg / m ³
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

Fuente: Artículo Fullquímica, (2012).

Cálculo de la gravedad específica.

$$0.9280 \text{ gr/cc} * 1000 = 928 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_o = \frac{928 \text{ kg/m}^3}{996,59 \text{ kg/m}^3}$$

$$\gamma_o = 0.9311$$

Cálculo de °API

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{0.9311} - 131.5$$

$$^{\circ}API = 20$$

Para la muestra X92 la densidad dio como resultado 0.8974gr/cc y estaba a una temperatura de 28°C por lo cual la densidad del agua a esta temperatura es de 996.31 kg/m³ la cual se puede verificar en la tabla numero 8 dándonos como resultado los siguiente valores para gravedad específica y grados API

$$\gamma_o = 0.9007$$

$$^{\circ}API = 26$$

Después de la desgasificación.

Para la muestras X92 la densidad dio un valor de 0.9008gr/cc y una temperatura de 28.5°C, por lo cual la densidad del agua a esta temperatura es igual a 996.02kg/m³.Este dato se puede verificar en la tabla número 8. Los resultados obtenidos para la gravedad específica y los grados API fueron los siguientes:

$$\gamma_o = 0.9043$$

$$^{\circ}API = 25$$

Para la muestra X79 dio una densidad de 0.9471gr/cc, y estaba a una temperatura de 28.5°C, por lo cual la densidad del agua a esta temperatura es igual a 996.02kg/m³.Este dato se puede verificar en la tabla número 8. . Los resultados obtenidos para la gravedad específica y los grados API fueron los siguientes:

$$\gamma_o = 0.9508$$

$$^{\circ}API = 17$$

Establecer las normas de seguridad que deben cumplirse durante la preparación de muestras de crudo.

Normas Generales:

- Utilizar bata y tenerla en abrochada
- Recogerse el cabello.
- Utilizar mascarilla o lentes de seguridad.
- Tener las manos limpias y secas
- No ingerir ningún tipo de alimento dentro de laboratorio
- Mantener el área de trabajo limpia
- No utilizar ninguna herramienta o maquina sin ante conocer su uso
- Manejar con cuidado el material frágil
- Al acabar la práctica, limpiar y ordenar el material utilizado.

Normar para realizar las pruebas en el laboratorio

Prueba del Flash Point

- Tener limpio y seco los envases donde se va a añadir la muestra
- Utilizar pinzas o guantes resistentes al calor a la hora de calentar una muestra.
- Iniciar el calentamiento de la muestra con temperaturas bajas.
- Aplicar llamas de pruebas a la cámara de vapor.
- No se debe superar la temperatura del punto de inflamación.

Prueba del Picnómetro

- El picnómetro debe estar calibrado.
- Limpiar y secar perfectamente el picnómetro y su tapón.
- Verificar que la balanza de calibración este en cero.
- Tener las manos limpias y secas.
- Manejar con cuidado el material ya que es de vidrio.

Prueba de desgasificación por agitación mecánica o manual.

- Cerciorar que el envase donde se va a agregar la muestra este limpio y seco.
- Asegurar que el envase se encuentre bien tapado.
- El envase debe ser flexible para poder ser comprimido.

Evaluar el procedimiento propuesto para la preparación de muestras de crudo en los laboratorios de la UNELLEZ VPDS.

Análisis de los resultados del cálculo del ° API antes y después de la desgasificación.

Los resultados obtenidos durante estas pruebas nos indican que las muestras X92 y X79 no modificaron sus propiedades ya que para después de la desgasificación siguen siendo crudos medianos y pesados respectivamente.

Esta prueba se realizó como método confirmatoria para verificar que los resultados obtenidos durante la medición de densidad dieron el mismo rango para los grados API

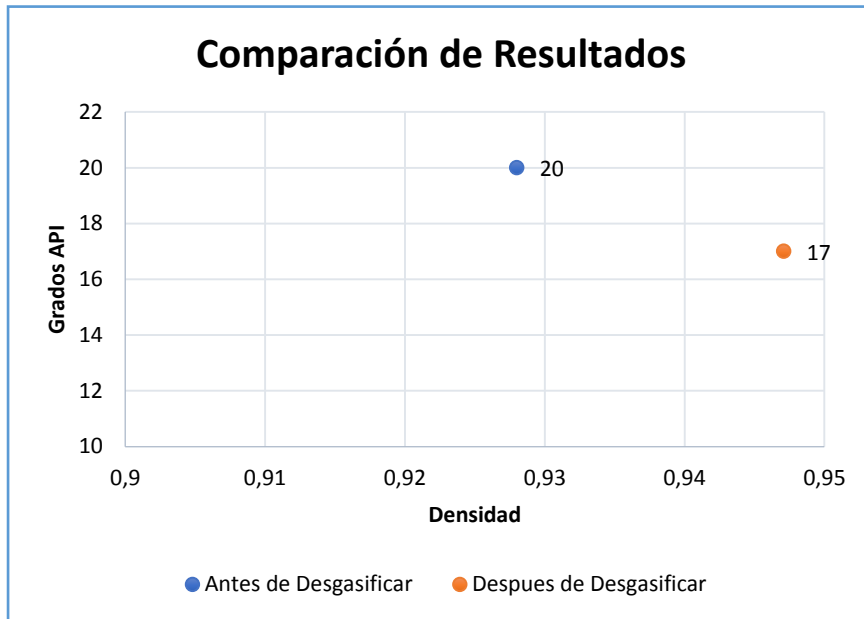
Comparación de Resultados de las muestras antes y después de desgasificar

Tabla 9: Comparación de los resultados de la muestra X79 antes y después de desgasificar

Muestra X79			
Muestra	Crudo	Grados API	Densidad
Antes de desgasificar	Pesado	20	0.9280 gr/ml
Después de desgasificar	Pesado	17	0.9471 gr/ml

Fuente: Carrero y Nelo (2022).

Grafica 1: Comparación de resultados muestras X79



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Tabla 10: Comparación de resultados de la muestra X92 antes y después de desgasificar

Muestra X92			
Muestra	Crudo	Grados API	Densidad
Antes de desgasificar	Mediano	26	0.8974 gr/ml
Después de desgasificar	Mediano	25	0.9008 gr/ml

Grafica 2: Comparación de resultados muestras X92



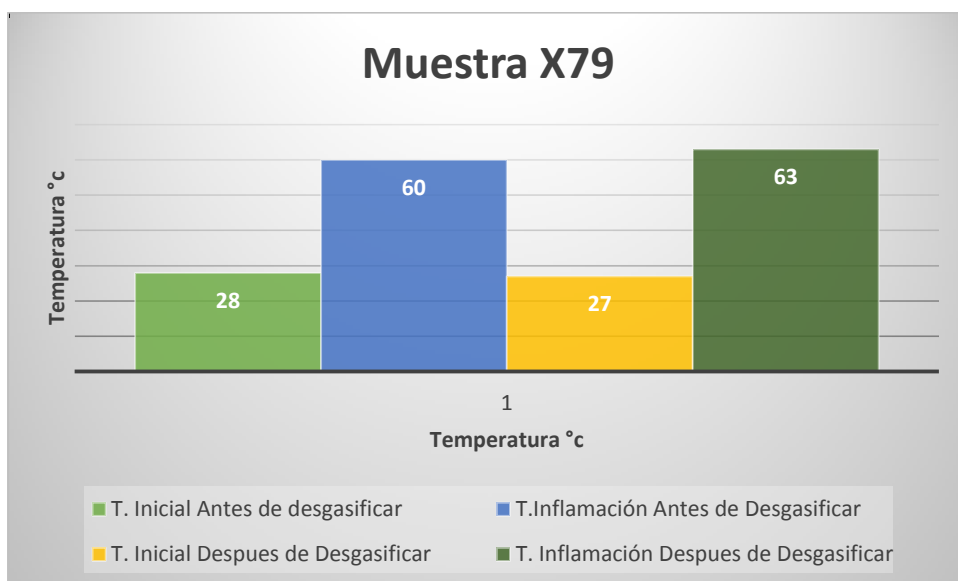
Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Tabla11: Comparación de resultados prueba flash point muestra X79

	Temperatura Inicial	Temperatura de Inflación
Muestra antes de desgasificar	28 °C	60°C
Muestra después de desgasificar	27°C	63°C

Fuente: Carrero y Nelo 2022

Grafico 3: Comparación de resultados Flash Point muestra X79



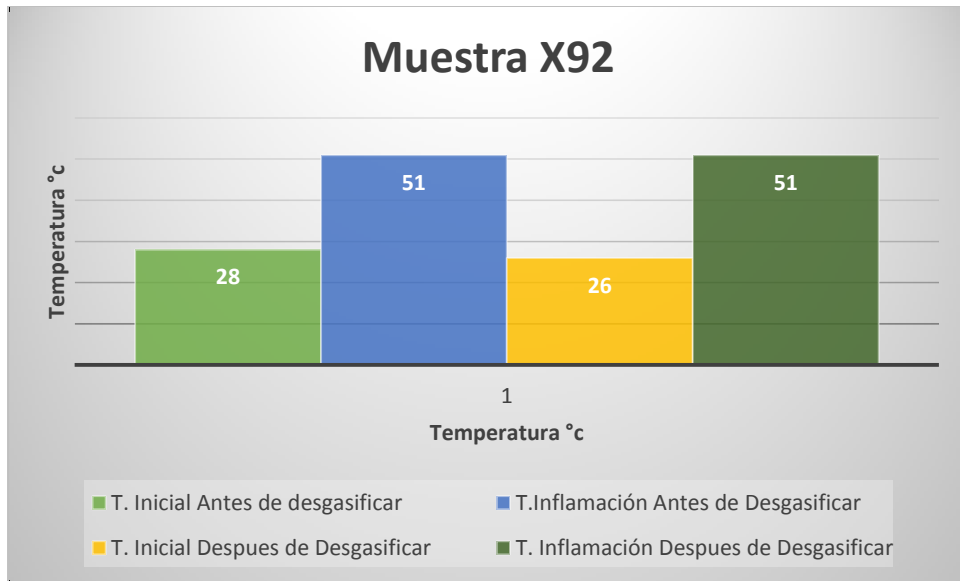
Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Tabla 12: Comparación de resultados Flash Point muestra X92

	Temperatura Inicial	Temperatura de Inflación
Muestra antes de desgasificar	28 °C	51°C
Muestra después de desgasificar	26°C	51°C

Fuente: Carrero y Nelo 2022

Grafico 4: Comparación de resultados Flash Point muestra X92



Fuente: Carrero y Nelo (2022)

Corrección de los Grados API por Tabla

Al realizar una corrección se deben registrar los resultados obtenidos en el laboratorio y así ingresar a la tabla con el valor de la temperatura y °API, para poder encontrar el dato °API corregido a 60°F. Si los valores que se necesitan buscar en la tabla no se encuentran en su número exacto entonces se deberá interpolar para poder tener el valor de la corrección.

Tabla 13: Corrección general de API para petróleo crudo a 60°F

TEMP. F	API GRAVITY AT OBSERVED TEMPERATURE										TEMP. F	
	25.0	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	30.0		
	CORRESPONDING API GRAVITY AT 60 F											
75.0	24.1	24.5	25.0	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	75.0
75.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	27.9	28.4	28.9	75.5
76.0	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	26.4	26.9	27.4	27.9	28.4	28.9	76.0
76.5	24.0	24.5	24.9	25.4	25.9	26.4	26.9	27.4	27.9	28.4	28.9	76.5
77.0	23.9	24.4	24.9	25.4	25.9	26.4	26.9	27.4	27.8	28.3	28.8	77.0
77.5	23.9	24.4	24.9	25.4	25.9	26.3	26.8	27.3	27.8	28.3	28.8	77.5
78.0	23.9	24.4	24.8	25.3	25.8	26.3	26.8	27.3	27.8	28.3	28.8	78.0
78.5	23.8	24.3	24.8	25.3	25.8	26.3	26.8	27.3	27.7	28.2	28.7	78.5
79.0	23.8	24.3	24.8	25.3	25.8	26.3	26.7	27.2	27.7	28.2	28.7	79.0
79.5	23.8	24.3	24.8	25.2	25.7	26.2	26.7	27.2	27.7	28.2	28.7	79.5
80.0	23.7	24.2	24.7	25.2	25.7	26.2	26.7	27.2	27.6	28.1	28.6	80.0
80.5	23.7	24.2	24.7	25.2	25.7	26.2	26.6	27.1	27.6	28.1	28.6	80.5

Fuente: hcalameo.com

Tabla14: Tabla de Corrección de grados API

Muestra antes de Desgasificar	Temperatura °F	API Observado en Laboratorio	API Corregido por Tabla
X97	80.6	20	18.84
X92	82.4	26	24.6
Muestra después de Desgasificar			
X79	83.3	17	15.7
X92	83.3	25	23.57

Fuente: Carrero y Nelo (2022)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la metodología y pruebas de laboratorio empleadas, se puede decir que la densidad es un parámetro físico que proporciona información sobre la masa de una muestra dividida por su volumen y que la medición de densidad es un factor importante ya que a través de ella se permite obtener la fluidez del crudo y su clasificación en base a densidades , las muestras utilizadas dieron como resultado crudo mediano y pesado antes y después de desgasificar la muestra es decir, la desgasificación no altera las propiedades o por decirlo así los componentes del crudo.
- La desgasificación aplicada fue por método mecánico de agitación, siendo este la manera más práctica de hacerlo a nivel de laboratorio ya que este no estaba equipado para desgasificar una muestra, los resultados se pudieron apreciar con la prueba de flash point ya que para una de las muestras no hubo destello a la misma temperatura que se midió antes de desgasificar, por lo tanto quiere decir que no tenía gas en solución por lo tanto la prueba dio positiva a nivel exploratorio ya que los resultados de una u otra manera fueron confirmados.
- La temperatura de inflamabilidad es el conjunto de condiciones en que una sustancia inflamable puede iniciar una combustión en caso de que se le aplicará una fuente de calor a suficiente temperatura. Para la prueba de flash point está puede ser un indicativo para verificar que el crudo o la muestra en este caso no tenga gas, es decir, se puede confirmar a través de este método. Ya que para una de las muestras antes de desgasificar había reacción y después de desgasificarlo no reaccionó es decir no había gas.

RECOMENDACIONES

- Equipar al laboratorio con equipos con los que se pueda realizar pruebas de desgasificación ya que hay distintos métodos para hacerlo pero no hay

equipo, proveer de un agitador mecánico, y bomba de vacío.

- Tomar como base esta investigación de desgasificación, para que a través de esta pueden realizar mediciones de viscosidades a altas temperaturas, ya que luego de desgasificar la muestra esta no presenta un riesgo al laboratorio y a las personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aramendiz, J y Velasquez M (2008). “Consideraciones y procedimientos para el análisis PVT del crudo de campos maduros. Aplicación campo Colorado”. Trabajo Especial de Grado para optar por el Título de Ingeniero de Petróleo. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Diana, V y Jorge H (2008) “ Procedimientos metodologicos para la caracterización de fluidos de campos maduros”. Trabajo Especial de Grado para Optar por el Título de Ingeniero de Petróleo. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Rincón, E y Hernández, G. (2020, Octubre). “ Estudio de la densidad y viscosidad líquida de mezclas de crudos pesados en diferentes disolventes”. Congreso. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

COVENIN, Norma Venezolana (2052-93). Productos Derivados del petróleo. Determinación de la densidad relativa por medio del Picnometro Bingham. (1era Revisión)

COVENIN, Norma Venezolana (421-93). Líquidos inflamables. Determinación del punto de inflamación. Método de TAG de copa abierta.(1era Revisión)

Manual de medición de Hidrocarburos y Biocombustibles, 2013. Ecopetrol.

Section 1, Standard práctica for manual sampling of petroleum and petroleum products, in Manual of petroleum measurement standard, Instituto, A.P. October 1995, reaffirmed March 2006.

Torres, D y Rojas H. Metodologías de muestreo estándar y su importancia en la industria del petróleo. Consultado en línea: 04 de agosto de 2022. [Muestreo+y+suscondiciones.pdf](#)

Ingeniería Energética General, (2013). Grados API y gravedad específica de los hidrocarburos- combustibles líquidos. Consultado en Línea: 05 de agosto del 2022. [Www.energianow.com](http://www.energianow.com)

Blogs de IMF Smart Educación, (2013). Concepto de Norma de seguridad. Consultado en línea: 13 de agosto de 2022. <https://blogs.imf.formacion.com>

Servicio Geológico Mexicano, (2017). Características del Petróleo. Consultado en línea: 10 de julio de 2022. <https://www.sgm.gob.mx>>Web

VNLP, (2018). Prevención de riesgos en los laboratorios. Consultado en línea: 03 de septiembre de 2022. <https://unlp.edu.ar/gestión/obras>

Dirección del sistema de Creación Intelectual/ UNELLEZ, (2019). Áreas, sub- áreas y Líneas de Creación Intelectual del Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social. Consultado en Línea: 16 de septiembre de 2022. <https://unellez.edu.ve/portalweb/public/departamentos/383/contenido/786>

Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. (5ta Edición). Caracas: Editorial Epitesme

Blog de Quercuslab, 2015 Metodo del Picnometro para determinar densidad. Consultado en línea: 06 de septiembre 2022. <https://quercuslab.es/blog/metodo-del-picnometro-para-determinar-densidades>.

Cromtek (2020), Como Determinar Flash Point En Un Líquido. Consultado en línea: 06 de septiembre 2022. <https://www.cromtek.cl/2020/11/30/como-determinar-flash-point-en-un-liquido>