



# DATA CIENCIA

REVISTA MULTIDISCIPLINARIA  
ELECTRÓNICA

SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2018  
VOL. 1 AÑO 1



UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA



# DATA CIENCIA



**IECS** LLC  
INTERNATIONAL EDUCATIONAL  
CONSULTING SERVICES LLC

REVISTA ELECTRÓNICA DE LA  
UNIVERSIDAD DEL ZULIA



Revista Electrónica Multidisciplinaria  
Vol.1 N°1. Septiembre-Diciembre 2018  
pp. 173-187

## Laboratorio para la determinación de las propiedades roca – fluido

**Jelvis Chirinos, Ronny Chirinos y Roger Chirinos**  
Universidad del Zulia. Núcleo Costa Oriental del Lago  
Cabimas, estado Zulia. Venezuela  
jelchirinos@gmail.com

### Resumen

El propósito del artículo es presentar el diseño de un laboratorio para la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido, sustentándose en los postulados teóricos de Rivera (2014), Paris (2009), Escobar (2008), entre otros. La investigación se clasificó como proyectiva, con diseño documental y de campo. La población estuvo constituida por material bibliográfico, proveniente de revistas científicas, páginas web. Las técnicas de recolección de datos fueron la revisión documental y entrevistas no estructurada. Entre los resultados alcanzados, se determinó que las propiedades iniciales a estudiar en el laboratorio son las propiedades de la roca, tales como: porosidad y permeabilidad, por ser representativas para la industria petrolera en la caracterización de los yacimientos. Asimismo, se establecieron las condiciones de estructura y espacio para el diseño del laboratorio, a través de una serie de pasos que se deben considerar en su creación (fases de entrada, equipos, mobiliarios y todo lo relacionado con el entorno y ambiente), con el propósito de realizar las prácticas, sin dejar de lado, el sistema de seguridad que se debe tener. Por último se elaboró el diseño del laboratorio para la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido, considerando las condiciones reales de infraestructura y ejecución de ensayos de roca fluido.

**Palabras clave:** Sistema roca-fluido, propiedades, ensayos, condiciones

## Laboratory for the determination of rock - fluid properties

### Abstract

The purpose of the article is to present the design of a laboratory for the determination of the properties of the rock-fluid system, based on the theoretical postulates of Rivera (2014), Paris (2009), Escobar (2008), among others. The research was classified as projective, with a documentary and field design. The population was constituted by bibliographic material, from scientific journals, web pages. The data collection techniques were documentary review and unstructured interviews. Among the results achieved, it was determined that the initial properties to be studied in the laboratory are the properties of the rock, such as: porosity and permeability, because they are representative for the oil industry in the characterization of the deposits. Likewise, the conditions of structure and space for the design of the laboratory were established, through a series of steps that must be considered in its creation (entry phases, equipment, furniture and everything related to the environment and environment), with the purpose of carrying out the practices, without neglecting the security system that must be maintained. Finally, the design of the laboratory for the determination of the properties of the rock-fluid system was developed, considering the real infrastructure conditions and the execution of fluid rock tests.

**Keywords:** Rock-fluid system, properties, tests, conditions

### Introducción

La caracterización de un yacimiento de hidrocarburos consiste en generar un modelo geológico-petrofísico del yacimiento (estructuras y propiedades físicas) basado en la integración de la información geofísica, petrofísica, geológica y de ingeniería. Por otro lado, la caracterización integrada de yacimientos se centra en definir cualitativa y cuantitativamente parámetros de la formación, los cuales se basan en información estática y dinámica que se obtiene a través de análisis geológicos-petrofísicos y la conjugación de resultados derivados del análisis de diversas pruebas de pozos.

En la actualidad, uno de los principales objetivos de la industria petrolera es lograr la caracterización detallada de los yacimientos para definir los modelos estático y dinámico representativos que describan las heterogeneidades del yacimiento, al igual que su influencia sobre el flujo de fluidos en el medio poroso, aspectos que tienen gran impacto en la determinación del volumen original de hidrocarburos. Información con la que se pueden indicar patrones de flujo y barreras impermeables, así como el sistema roca- fluido puede detectar presiones anormales, evaluar los esfuerzos a los que está sometida la roca, detectar y definir fracturas, con el fin de calcular reservas y crear un plan de desarrollo óptimo del campo.

Por lo expuesto, se plantea el siguiente estudio que propone el diseño de un laboratorio donde se determinen las propiedades de un sistema roca fluido, para generar ideas que permitan resolver estudios prácticos en la industria petrolera. Significativamente, la investigación soporta el estudio del sistema roca-fluido como parte trascendental dentro de las actividades a desarrollar en un yacimiento, lo que genera una base teórica importante en el desarrollo y aprendizaje de dicho sistema

## **Objetivo general:**

Diseñar un laboratorio para la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido.

## **Objetivos específicos**

- Analizar las propiedades del sistema roca-fluido para su determinación en un laboratorio.
- Identificar los ensayos experimentales para un laboratorio donde se determinen las propiedades del sistema roca-fluido.
- Establecer las condiciones de estructura y espacio para el diseño de un laboratorio donde se determinen las propiedades del sistema roca-fluido.
- Elaborar el diseño de un laboratorio para la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido.

## **Sistema roca fluido**

Rivera (2014) sostiene que el sistema roca fluido, constituye el foco de estudio, análisis y desarrollo más exhaustivo que se requiere para desplegar la producción de hidrocarburos, en el que se enmarca todas las propiedades necesarias para la obtención de datos importantes dentro del desarrollo de un yacimiento.

## **Propiedades de los fluidos**

Halliburton (2009) expresa de manera general que los fluidos están clasificados como gases y líquidos, donde un fluido puede existir como gas, líquido, dependiendo de la presión y temperatura a la cual está sometido. Vapor es cualquier sustancia que existe en estado gaseoso durante condiciones normales o standard. En cuanto a hidrocarburo se refiere es conveniente pensar que gas y vapor son sinónimos.

Un sistema de hidrocarburos puede ser homogéneo o heterogéneo. Un sistema homogéneo es aquel que tiene las mismas propiedades químicas y físicas a lo largo de su extensión, y un sistema heterogéneo es todo lo contrario, es decir, no mantiene las mismas propiedades químicas y físicas, y además está compuesto por partes, o por fases, diferenciándose entre ellas por sus propiedades. Una fase es homogénea y está separada del resto de las fases por distintos bordes. La dispersión de una fase respecto al sistema heterogéneo es inmaterial, es decir, no necesariamente tiene que ser continua. Un sistema heterogéneo por ejemplo podría consistir de agua, hielo, y vapor de agua. Las siguientes definiciones son importantes para poder comprender las propiedades de los fluidos:

## **Presión**

Rivera (2014) destaca que es muy importante la presión del yacimiento, porque es ésta la que induce al movimiento del petróleo desde los confines del yacimiento hacia los pozos y desde el fondo de éstos a la superficie. De la magnitud de la presión depende, si el petróleo fluye naturalmente con fuerza hasta la superficie o si, por el contrario, la presión es solamente suficiente para que el petróleo llegue hasta cierto

nivel en el pozo. Cuando se da este caso, entonces se recurre a la extracción de petróleo del pozo por medios mecánicos.

## Temperatura

En la práctica se toma medidas de temperatura en los pozos para tener idea del gradiente de temperatura, que generalmente se expresa en 1 °C por cierto intervalo constante de profundidad. El conocimiento del gradiente de temperatura es importante y aplicable en tareas como diseño - selección de revestidores y sartas de producción, fluidos de perforación y fluidos para reacondicionamiento de pozos, cementaciones y estudios de producción y de yacimientos. La temperatura está en función de la profundidad, mientras más profundo esté el yacimiento, mayor es la temperatura.

## Viscosidad

Para Escobar (2008) es la medida de la resistencia del petróleo al flujo. La resistencia al flujo es causada por fricción interna generada cuando las moléculas del fluido tratan de desplazarse unas sobre otras. Los valores de viscosidad se requieren a diferentes presiones, tanto en Ingeniería de Yacimientos como en Ingeniería de Producción.

Rivera (2014) también expresa, la viscosidad de los crudos representa su característica de fluidez. Los crudos extrapesados son más viscosos que los pesados; los pesados más viscosos que los medianos; los medianos más viscosos que los livianos; los livianos y condensados son los más fluidos. Otro índice de apreciación de la fluidez de los crudos es la gravedad °API, que mientras más alta sea indica más fluidez

## Volumen específico

Paris (2009) lo define como el volumen ocupado por la unidad de masa del gas. Para un gas ideal, esta propiedad se calcula aplicando la ecuación:

$$v = \frac{V}{m} = \frac{RT}{pM_a} = \frac{1}{\rho_g}$$

Donde:

v: Volumen específico en pie<sup>3</sup>/lb

$\rho_g$ : Densidad del gas en lb/pie<sup>3</sup>.

## Gravedad específica del petróleo

Paris (2009) define como la relación entre la densidad del petróleo y la densidad del agua ambas medidas a 60°F y presión atmosférica. Así se tiene que:

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

Donde:

$\gamma_o$ : Gravedad específica del petróleo

$\rho_o$ : Densidad del petróleo crudo en lb/pie<sup>3</sup>

$\rho_w$ : Densidad del agua en lb/pie<sup>3</sup>

Es importante destacar que la gravedad específica de un líquido es adimensional, pero tradicionalmente se reporta en unidades 60°/60°, para señalar que ambas densidades se miden en condiciones normales.

## Densidad

Según Paris (2009), la densidad del gas ideal se calcula reemplazando el peso molecular del componente puro en la ecuación siguiente:

$$\rho_g = \frac{pMa}{RT}$$

Donde:

$\rho_g$ : Densidad de la mezcla de gas en lb/pie<sub>3</sub>

$Ma$ : Peso molecular aparente.

Donde:

$\rho_g$ : Densidad de la mezcla de gas en lb/pie<sub>3</sub>

$Ma$ : Peso molecular aparente.

Para el caso del petróleo crudo, Paris (2009) define la densidad como la masa de unidad de volumen del crudo a determinada temperatura y presión y, generalmente, se expresa en lb/pie<sub>3</sub>.

Con respecto a la densidad del agua, está íntimamente ligada a la expansión térmica y la compresibilidad. Al considerar una misma masa de agua, a mayor temperatura, la densidad disminuye como efecto de la expansión térmica y al aumentar la presión, la densidad aumenta por reducción del volumen de agua para una misma masa. En el caso que no sea agua pura y en ella se encuentre disuelto el gas por efecto de la presión, este gas compensa el aumento de la densidad por efecto de la presión; otro factor que afecta a la densidad es la cantidad de sales disueltas en agua.

## Metodología

La investigación se tipificó como proyectiva, pues plantea el diseño de un laboratorio para la determinación de las propiedades roca-fluido, mediante el análisis de las propiedades de la roca, procedimientos para la ejecución de ensayos experimentales y establecimiento de condiciones de estructura-espacio para la creación del laboratorio, con el propósito de estudiar lo relacionado a la variable y dar un punto de vista global. Por otra parte, el estudio se rigió por un diseño documental y de campo, apoyándose en técnicas de recolección de datos de revisión documental (textos, manuales, páginas web, entre otros) y entrevistas no estructuradas a expertos del área.

## Resultados de la investigación

Para conocer detalladamente el sistema roca–fluido fue necesario desglosar las propiedades de las rocas, conocer las propiedades de los fluidos y determinar dichas propiedades, mediante métodos y ensayos de laboratorio desde los más sencillos hasta los más avanzados. En este sentido se tiene:

## Propiedades del sistema roca-fluido para su determinación en un laboratorio

Dentro de las propiedades estudiadas, se logró determinar las más importantes para el sistema roca- fluido a través del juicio de expertos y la revisión documental, para ello se tomó en consideración, la información de técnicos e ingeniería en el área, así como la revisión documental la cual, se presenta a continuación:

### Porosidad

Paris (2009) considera a la porosidad como la capacidad que posee una roca para almacenar fluidos. Se define por la razón:  $\emptyset = V_p / V_t$

Donde:

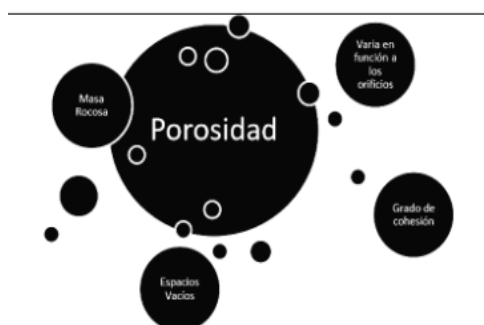
$\emptyset$ : Porosidad,

$V_p$ : Volumen que ocupan los poros o espacios vacíos, y

$V_t$ : Volumen total de la roca.

La porosidad es una fracción que varía entre 0 y 1, aunque también se representa en porcentaje; sin embargo, cuando se utiliza en las ecuaciones se expresa como una fracción. La porosidad es la característica física más conocida en un yacimiento petrolero, pues determina los volúmenes de gas o petróleo que pueden estar presentes, y todas las operaciones de recuperación se basan en la determinación de su valor. Esta particular capacidad que tienen las rocas del yacimiento de almacenar fluidos.

Desde la perspectiva práctica, la porosidad es una de las propiedades más importantes de las rocas del yacimiento, dado que la porosidad es una medida de la capacidad de almacenamiento de fluidos de un sistema y es uno de los parámetros más utilizados para determinar la calidad de la roca yacimiento. A continuación se presenta el siguiente esquema cualitativo representativo a la porosidad (ver figura 1).



**Figura 1.** Esquemización de la porosidad  
**Fuente:** Los autores (2018)

La porosidad alude a la cantidad de espacios vacíos dentro de la masa rocosa; la arcilla y la arena son porosas, igualmente una arenisca mal cementada o una roca fracturada o con planos de disolución, porque hay volumen de espacios vacíos en el seno de la roca. La porosidad varía con la dimensión de los orificios y el grado de cohesión de los minerales que lo limitan. Por tanto, una masa de arena cuyos lados son esféricos verá variar su porosidad según la colocación de esos granos.



**Figura 2.** Esquemización de los factores que afectan la porosidad

**Fuente:** Los autores (2018)

Internamente los factores determinantes de la porosidad, se encuentran el encogimiento que depende del empaquetamiento y la matriz de la roca, por otro lado el arreglo de los granos que dependen de los granos esféricos o cúbicos, asimismo la compactación es de suma importancia para saber cuan poroso es la roca. Un aspecto importante es la cementación, donde se adhiere a la matriz de la roca y determina la porosidad efectiva y la consecuencia esta propiedades determina el almacenamiento de hidrocarburos en los yacimientos.

## Permeabilidad

Paris (2009) define la permeabilidad como la capacidad que posee una roca de dejar pasar fluidos a través de sus poros conectados y que se expresa matemáticamente mediante la ley de Darcy. Según las fases almacenadas en el medio poroso, por lo tanto, la permeabilidad depende de la porosidad efectiva y más específicamente de la geometría de los poros, incluyendo la tortuosidad, el grado de compactación, el grado de cementación, la presencia de minerales de arcilla en una roca, y la medida de las gargantas entre los poros.



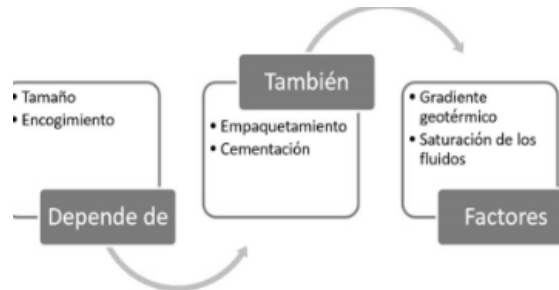
**Figura 3.** Esquemización de la permeabilidad

**Fuente:** Los autores (2018)

Por otro lado, la permeabilidad es un influyente en la conexión de las condiciones de yacimiento con las condiciones de los pozos. El flujo de los fluidos que muestra Darcy se describen en dos variables fundamentales que son la velocidad de fluido y transmisibilidad de mismo hidrocarburo. En resumen, es la capacidad que tiene



la roca de dejar entrar fluidos y dejar que ese fluido se mueva dentro de la roca cuando dicho fluido la satura en un 100%, la permeabilidad puede ser efectiva o relativa.



**Figura 4.** Factores que afectan la permeabilidad  
**Fuente:** Los autores (2018)

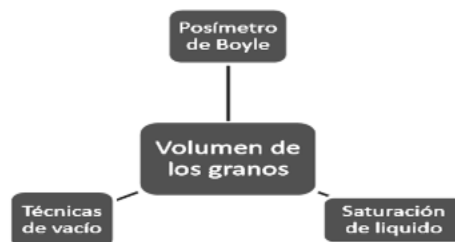
Por medio del tamaño y encogimiento, se miden las capas cercanas en donde fluye la permeabilidad, así como también el empaquetamiento y cementación, propiedades importantes de la porosidad, lo cual indica cierta relación. Asimismo el gradiente geotérmico y la saturación de los fluidos son factores importantes que determinan la composición de la permeabilidad.

## Ensayos experimentales para la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido

Dentro de los estudios realizados se determinaron dos (2) métodos principales a nivel de laboratorio, que son de gran trascendencia a la hora de poder determinar la propiedad de porosidad. El cual tiene múltiples ensayos en el laboratorio que expresan principios básicos de la ciencia y cálculos volumétricos, que son los que permiten de una forma más determinada el cálculo de la porosidad. Estos indicadores, a su vez, son importantes, debido al principio de desplazamiento de Arquímedes o la Ley de Boyle.

## Determinación del volumen de granos

Este ensayo aplica teorías de desplazamiento, tomando en consideración el volumen del espacio que lo contiene, en el mismo de debe utilizar grana, arena o arcilla para poder determinar las distintas representaciones del espacio poral para determinar por desplazamiento de volúmenes y pesos de rocas. Entre los métodos estudiados en laboratorio, se tienen:



**Figura 5.** Métodos de determinación del volumen de los granos  
**Fuente:** París (2009), adaptación los autores (2018)

A continuación se muestran una serie de procesos bajo los cuales se rige cada método, siendo necesaria la utilización de los diagramas con el propósito de un mayor entendimiento de los pasos a seguir, tanto para el cálculo, como la utilización de los equipos y materiales de laboratorio.



**Figura 6.** Esquema procedimental del porosímetro de Boyle  
**Fuente:** París (2009), adaptación los autores (2018)

Por otro lado, se tiene la saturación de fluidos bajo los cuales se inserta una muestra se mide el volumen, se pesa y se seca con el propósito de poder medir y la diferencia representa el espacio de los granos. Para un mayor entendimiento se presenta a continuación en la figura 12 el proceso.



**Figura 7.** Esquema procedimental de la saturación de fluidos  
**Fuente:** París (2009), adaptación los autores (2018)

Por último se muestra el método de vacío el cual tiene como representación el método de Stevens es un medidor del volumen efectivo de los granos. El porosímetro consta de una cámara de muestra que puede ser aislada de la presión atmosférica y cuyo volumen se conoce con precisión.

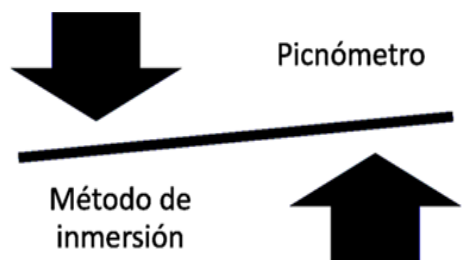


**Figura 8.** Esquema procedimental del método de vacío  
**Fuente:** París (2009), adaptación los autores (2018)

Como se muestra en el esquema 8, el núcleo se coloca en la cámara, se hace un vacío parcial por la manipulación del recipiente de mercurio, así se logra que el aire salga de la muestra y expandido en el sistema y medido a la presión atmosférica. La diferencia entre el volumen de la cámara y el aire extraído es el volumen efectivo de los granos.

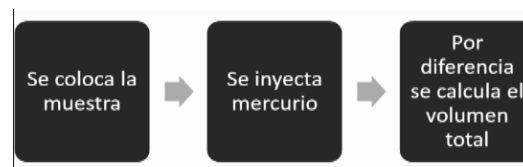
## Determinación del volumen total

Los estudios mostraron que el volumen total puede ser calculado por medición directa de las dimensiones de la muestra utilizando un vernier. Este procedimiento es útil cuando las muestras presentan formas regulares debido a su rapidez. Para muestras de volúmenes irregulares el procedimiento usualmente consiste en la determinación del volumen de fluido desplazado por la muestra. Existen dos métodos. (Ver Figura 9)



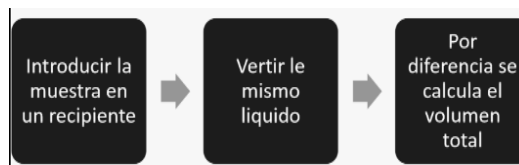
**Figura 9.** Clasificación de los métodos de volumen total  
**Fuente:** París (2009)

El método del picnómetro de mercurio consiste en determinar el volumen de un picnómetro lleno con mercurio hasta una señal. Luego se coloca la muestra y se inyecta mercurio hasta la señal. La diferencia entre los dos volúmenes de mercurio representa el volumen total de la muestra. Para un mayor entendimiento del proceso, se presenta la figura 10, donde se visualiza a detalle el procedimiento.



**Figura 10.** Esquematización del método del picnómetro  
**Fuente:** París (2009), adaptación los autores (2018)

El método de inmersión de una muestra saturada es determinar el desplazamiento volumétrico que ocurre al sumergir la muestra en un recipiente que contiene el mismo líquido empleado en la saturación.



**Figura 11.** Esquematización del método de inmersión  
**Fuente:** París (2009), adaptación los autores (2018)

## **Condiciones de estructura y espacio para el diseño de un laboratorio donde se determinen las propiedades del sistema roca-fluido**

Para el establecimiento de las condiciones de estructura y espacio, se tomó en cuenta las estrategias del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química y de Petróleo, Instituto de Investigaciones Petroleras de la Universidad del Zulia (INPELUZ), así como de información de ingenieros de INTEVEP Tía Juana, las cuales se basaron en los estudios de las propiedades de la roca-fluido, categorizando los análisis y equipos que se deben tener en cuenta en el diseño.

Es importante resaltar que las instalaciones permitan el desarrollo de las actividades del laboratorio de modo eficaz y seguro. El Núcleo Costa Oriental del Lago, Universidad del Zulia, cuenta con un edificio en el Programa de Ingeniería, denominado Dr. Rafael Camacaro, el cual cumple con requisitos mínimos para el funcionamiento del laboratorio al poseer las características generales del programa de trabajo previsto durante un largo período de tiempo (de 10 a 20 años) y no a las modalidades específicas del trabajo actual, a objeto de proyectarlo y mejorarlo en el tiempo establecido.

Dentro de las especificaciones importantes, se tiene las actividades genéricas, definidas como operaciones químicas por vía húmeda, para las que es necesario disponer de un gran número de bancos fijos, dotados de agua, electricidad, sumideros, campanas de humos, estanterías para los reactivos y espacio para la limpieza y almacenamiento del instrumental de vidrio; a diferencia de las salas de instrumentos, donde son necesarios menos servicios (aunque deberán contar con un suministro adicional de gas por tuberías y tal vez una instalación eléctrica fija) y puede ser suficiente una combinación flexible de mesas/bancos móviles.

Vale destacar que para el diseño, se requieren dos espacios, uno dado para la atención personalizada del profesor y otro espacio para el dictado de las actividades, por lo cual debe estudiarse la posibilidad de una habitación independiente para el personal, por pequeña que sea, ya que ello no sólo proporciona un mayor grado de seguridad al personal del laboratorio, sino que además contribuye a asegurar la integridad de las muestras. Por otro lado, unas puertas de salida, que faciliten una rápida evacuación en caso de incendio o cualquier otra emergencia; por lo que debe preverse por lo menos dos entradas/salidas en cada habitación, siempre que sea posible.

Desde el punto de vista de la garantía de la calidad, se debe evitar la contaminación de los materiales de ensayo (por ejemplo a causa del polvo) o a la contaminación cruzada con otra muestra o con un patrón, además del aislamiento de las muestras de roca o núcleo de yacimientos, así como grava y arcilla, por lo que se recomienda contar con un lavadero, donde se lave y limpie el equipo, se lave y almacene el instrumental de vidrio y se utilice ropa protectora para evitar la contaminación de las muestras.

Para tratar de evitar el polvo, en el diseño se deben utilizar estanterías con puertas de cristal para los reactivos, la encimera del banco de trabajo se mantendrá libre de aparatos fijos innecesarios, las superficies de trabajo se limpiarán periódicamente con paños absorbentes; el suelo y los muebles se diseñarán de modo que puedan limpiarse con aspiradoras provistas de filtros apropiados o friegasuelos absorbentes. Finalmente, se debe contar con un control adecuado de la temperatura, la humedad y el polvo, por el bienestar del personal, el funcionamiento de los instrumentos y la seguridad en el trabajo (por ejemplo, con disolventes inflamables).

En el caso de los instrumentos ópticos suelen requerir unas condiciones de temperatura estables para funcionar debidamente, al igual que los equipos electrónicos, de unos niveles determinados de temperatura y humedad ambiental. Los ordenadores han de protegerse de campos magnéticos intensos provenientes de otros aparatos; empleados o visitantes con marcapasos deberán evitar tales campos, por lo que es necesario de un sistema de agua fría de la red de abastecimiento o de refrigeración localizada, para que ciertos aparatos funcionen debidamente. Asimismo, los materiales de ensayo, reactivos y patrones habrán de almacenarse en

condiciones reguladas. Algunas sustancias deben protegerse de la luz del sol o de las lámparas fluorescentes que las afectan.

Las balanzas e instrumentos ópticos delicados necesitan protección contra las vibraciones (por ejemplo de los mezcladores, tambores y centrífugas) o incluso un soporte estabilizador. Todas estas necesidades han de identificarse y documentarse de manera que en el sistema de garantía de la calidad puedan incluirse procedimientos adecuados para regularlas y tomar las medidas oportunas.

## **Laboratorio para la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido**

Para el diseño del laboratorio, fue necesario realizar un análisis con expertos y de una revisión documental, con el objeto de mostrar un procedimiento acorde para el diseño y creación de prácticas del laboratorio de roca-fluido con procedimientos estandarizados para la creación del mismo.

### **Ubicación**

El laboratorio será ubicado en las instalaciones del Programa de Ingeniería del Núcleo Costa Oriental del Lago, de la Universidad del Zulia, específicamente en el edificio Rafael Camacaro. El edificio cuenta con conexiones eléctricas adecuadas, con salidas de agua que pueden servir para los desagües de las aguas de entrada y salida, iluminación, aires acondicionados. En resumen es la zona ideal, debido a que funcionan tres laboratorios, los circuitos eléctricos y simulación de yacimientos.

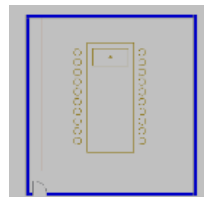


**Figura 12.** Vista del Núcleo Costa Oriental del Lago  
**Fuente:** Google Maps (2018)

El espacio destinado para funcionar el laboratorio es actualmente un aula, ubicada entre la Unidad de Investigación Estudiantil (REDIELUZ) y Sala de Simulación Schlumberger en el primer piso del edificio y cuenta con aire e iluminación, a su vez, tiene unas dimensiones de dos metros de ancho por cuatro de largo, perfecto espacio para realizar la mueblería y estantería respectiva. En la figura 13 se muestra las condiciones de espacio y en la figura 14, se visualiza las condiciones de espacio a escala.



**Figura 13.** Espacio interno donde se realiza el laboratorio  
**Fuente:** Núcleo LUZ – Costa Oriental del Lago (2018)



**Figura 14.** Modelo a escala del laboratorio.  
**Fuente:** Los autores (2018)

## Ensayos experimentales

El punto de partida del laboratorio son los análisis de porosidad y permeabilidad, estos a su vez se dividen en ensayos de volumen de los granos y volumen total. En los siguientes cuadros se visualizan los materiales y equipos por práctica:

### Cuadro 1. Materiales y equipos para el volumen de granos

ENSAYO	MÉTODO	EQUIPOS	MATERIALES
Volumen de los granos	Porosímetro de Boyle Saturación de los fluidos Técnicas de vacío	Torsiómetro de Boyle Balanza Horno Manómetro	Vasos de precipitado Termómetro Grava Pipetas Vasos de lavado Espátulas Cilindro graduado

**Fuente:** Los autores (2018)

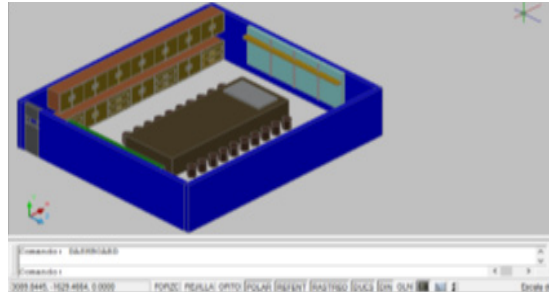
### Cuadro 2. Materiales y equipos para el método de volumen total

ENSAYO	MÉTODO	EQUIPOS	MATERIALES
Volumen total	Picnómetro Técnica de vacío	Picnómetro de Russell Balanza Horno Manómetro	Vasos de precipitado Termómetro Grava Pipetas Vasos de lavado Espátulas Cilindro graduado

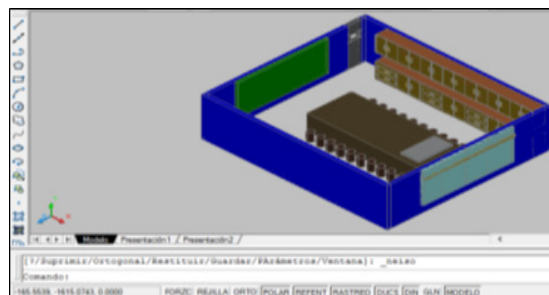
**Fuente:** Los autores (2018)

## Accesos y mobiliario

El acceso tiene una puerta de entrada y salida, ubicada en la parte izquierda del laboratorio, con los respectivos mobiliarios aéreos para guardar materiales y equipos, además con una mesa de trabajo con sus respectivos asientos los cuales se muestran a continuación en las figuras 15 y 16.



**Figura 15.** Vista de mueblería aérea  
**Fuente:** Los autores (2018)



**Figura 16.** Vista de mesas y sillas del laboratorio de roca-fluido  
**Fuente:** Los autores (2018)

## Condiciones ambientales

El laboratorio de roca-fluidos cuenta con las siguientes especificaciones, a saber:

- El color de las paredes, al igual que el del mobiliario, será agradable para invitar al trabajo intelectual. Es recomendable el color blanco, aunque también son aconsejables otros colores suaves; se sugiere que una parte de la pared sea de azulejos blanca.
- La iluminación interior, preferentemente ha de disponerse de iluminación natural, por ello deben mantener espacios con amplias entradas de luz natural. De igual manera, se recurrirá a la iluminación artificial que habrá de mantenerse entre 500 y 2000 lux, dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar en esa zona.

## Condiciones de seguridad

El laboratorio debe de considerarse como un sector de incendio, independiente del resto. Por lo que su estructura ha de contemplar la posibilidad de que lo que ocurra dentro del laboratorio no se extienda a

otras áreas, el laboratorio ha de disponer de equipos de lucha contra incendios: extintores, BIE de 25 mm., se colocará, al menos uno, en el laboratorio, lejos de las puertas de acceso.

## Conclusiones

Para el análisis de las propiedades del sistema roca-fluido y su determinación en un laboratorio, fue necesario medir los indicadores porosidad, permeabilidad, saturación, tensión superficial e interfacial, humectabilidad, presión capilar, compresibilidad.; así como también, densidad, viscosidad, volumen específico, presión, temperatura.

Del estudio se determinó que las propiedades iniciales a estudiar en el laboratorio son las propiedades de la roca, en este caso, la porosidad y permeabilidad; propiedades representativas para la industria petrolera, en lo que respecta a la caracterización de yacimientos y que pueden ser estudiadas en detalle mediante ensayos experimentales.

En lo que respecta a los ensayos de laboratorio para la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido, se seleccionaron los métodos de volumen de los granos y volumen total, definiéndose tres análisis para el primero y dos para el segundo. Ambos métodos se rigen bajo el principio de desplazamiento y requieren de equipos como porosímetros y picnómetros que hacen más factible la realización de las prácticas en el laboratorio.

Para el establecimiento de las condiciones de estructura y espacio, fue necesario definir una serie de pasos para la creación del Laboratorio roca-fluido, como: fases de entrada, equipos, mobiliarios y lo relacionado con el entorno y ambiente; todo ello con el propósito de realizar las prácticas, sin dejar de lado, el sistema de seguridad que se debe tener. Finalmente, para el diseño del laboratorio en la determinación de las propiedades del sistema roca-fluido, fue necesario considerar las condiciones reales de infraestructura y establecer un diseño acorde a la ejecución de ensayos de roca fluido.

## Referencias bibliográficas

- Escobar, F. (2008). **Fundamentos de ingeniería de yacimientos**. Editorial Universidad Surcolombiana. Bogotá, Colombia.
- Halliburton. (2009) **Recopilación técnica de ingeniería de yacimientos** (documento en línea). Disponible en: <http://av.monagas.udo.edu.ve/login/index.php>.
- Paris, M. (2009). **Fundamentos de ingeniería de yacimientos**. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela.
- Rivera, Y. (2014). Propiedades físicas del sistema roca/ fluido necesarias para la caracterización de un yacimiento de hidrocarburo. Trabajo especial de grado (no publicado). Universidad del Zulia. Cabimas, Venezuela.