



## **Estudio PVT y Composicional de Una Muestra de Aceite de Fondo**

**para**  
**Halliburton Ecuador**  
**Pozo: Tambococha 02**  
**Campo: Tambococha**  
**Bogotá, Colombia**

Proyecto SGS No. OGC-PVT-2018011  
19-Jul-2018

Un producto de:  
**SGS Oil, Gas & Chemicals Division**  
Condiciones Estándar  
14,73 psia  
60 °F

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio accesibles en <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Se destacan las estipulaciones que sobre limitación de responsabilidad, indemnización y jurisdicción se encuentran incluidas en las Condiciones Generales de Servicio.

Se advierte a cualquier tenedor de este documento que la información aquí contenida refleja las conclusiones de la Compañía para el momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, si las hubiere. La responsabilidad de la Compañía es exclusiva para con su Cliente y este documento no exonera a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones bajo los documentos de la misma. Cualquier alteración no autorizada, adulteración o falsificación del contenido o apariencia de este documento es ilegal y los infractores podrán ser procesados hasta los máximos que permita la ley. Por favor remitir quejas o sugerencias al correo [co.servicioalcliente@sgs.com](mailto:co.servicioalcliente@sgs.com) o llamar a 7422274 extensión 2557

Este reporte anula y sustituye al reporte OGC-PVT-2018011 de fecha 13 de  
Julio de 2018 emitido por SGS Colombia

*Evelyn Gutiérrez Díaz*  
**Supervisor de laboratorio**

SGS COLOMBIA S.A.S  
Cra 100 #25C-11 Bodega 1, Bogotá



SGS Colombia-ETSA  
Carrera 100 # 25C-11  
Bogotá, Colombia 110911  
Tel: +571 7422274

13-Jul-2018  
Halliburton Ecuador  
Avenida Amazonas Edificio Eurocenter  
Quito 170135, Ecuador  
Atención: Camilo Arbelaez

Asunto:       Análisis PVT de muestras de subsuperficie  
              Pozo Tambococha 02  
              Formación Arenisca M-1  
              Base Coca, Ecuador  
              Proyecto SGS No. OGC-PVT-2018011

Apreciado Sr. Arbelaez,

Tres muestras de fondo fueron recolectadas por personal de Halliburton del pozo y formación especificados. Estas muestras fueron trnasportadas a las facilidades de SGS Bogotá, Colombia para composición/flash y análisis PVT. Los resultados de estos análisis son presentados en este reporte.

Ha sido un placer realizar estos análisis para Halliburton Ecuador. En caso de cualquier duda o si podemos brindarles un mayor servicio, por favor no duden en contactarse con nosotros tan pronto como lo necesiten.

Cordialmente,

Ishan Kumar  
Staff Engineer  
SGS North America Inc.  
The Woodlands, TX USA

Evelyn Gutiérrez  
PVT Lab Supervisor  
SGS Colombia S.A.  
Bogotá, Colombia

## Resumen Ejecutivo

Se recibieron de Halliburton Ecuador, 5 muestras del Pozo Tambococha 02. Estas muestras fueron transportadas en cilindros de pistón a las instalaciones de SGS en Bogotá, Colombia para realizar análisis de viscosidad, composicionales y estudios PVT a 3 muestras. Éstos están descritos a continuación.

**Restauración de Muestras, Presión de Apertura y Verificación de Calidad.** Se realizó una prueba de presión de apertura de los cilindros, posteriormente fueron instalados en un unidad de restauración y fueron calentados a la temperatura de yacimiento reportada. Las muestras fueron presurizadas por encima de la presión de muestreo (presión de trabajo) y fueron mezcladas por seis días, para permitir que cualquier gas libre, líquidos condensados o sólidos cristalizados fueran "restaurados" en un fluido de una sola fase.

Después de la restauración se midió el contenido de agua libre en cada muestra.

**Separación de agua:** Todas las muestras tuvieron un alto contenido de agua por Karl Fischer (KF). Cada cilindro fue sujeto a múltiples ciclos de calentamiento en los cuales el cilindro era calentado a temperaturas por encima de la temperatura de yacimiento. Los cilindros fueron restaurados en cada ciclo por al menos 12 horas y posteriormente, se dejaron estáticos por 5 horas o más, para permitir que el agua separada se estableciera en el fondo del cilindro por gravedad. El agua separada fue drenada del cilindro. Un pequeño volumen de muestra también fue drenado, para poder medir el contenido de agua de la muestra por KF. Este proceso fue repetido hasta que el contenido de agua de la muestra por KF fue cercano 1 wt% para las muestras 3,02 y 3,03. Para la muestra 3,06 el contenido fue 2,3%.

**Composiciones de Fluidos de Yacimiento:** De cada muestra de fondo 3.02 y 3.03, fue realizado un "flash", directamente del cilindro para poder obtener suficiente volumen de gas a condiciones estándar. A cada una de las muestras se les realizó el flash individualmente, a través del sistema Mini-GOR™, propiedad de SGS, para determinar la relación gas disuelto/aceite, el peso molecular, la gravedad API y la densidad del crudo muerto. Se realizaron duplicados de cada flash para mejorar la calidad y confiabilidad de la información. Por cromatografía de gases fueron analizadas las composiciones de las fases gaseosa y líquida. Estas composiciones combinadas junto con las mediciones de la relación gas/aceite, permiten el cálculo de la composición del fluido vivo del yacimiento.

Halliburton Ecuador seleccionó la muestra 3.03 para el estudio completo PVT.

**Expansión de Composición Constante (CCE):** Una pequeña muestra del fluido de yacimiento fue cargado a la celda Mini-PVT™ propiedad de SGS, y fue sometido a una expansión de composición constante a 160°F (Temperatura de yacimiento). Durante el proceso completo de CCE, el fluido fue expandido desde 5000psia a menos de 150psia, mientras se registraba el volumen del fluido total por encima y por debajo del punto de saturación. El volumen relativo de la muestra, la densidad y compresibilidad en una fase, y la función-Y fueron determinados en función de la presión.

## Resumen Ejecutivo

**Viscosidad:** Durante la CCE's mencionada anteriormente, el crudo en una y dos fases se hizo pasar través de un capilar integrado a la celda Mini-PVT™, mientras se registraba el diferencial de presión y la velocidad de flujo. Conociendo las dimensiones físicas del capilar, además de la información de calibración de éste, la viscosidad del crudo fue determinada en cada presión y temperatura

**Test de Separador:** La muestra de fluido de yacimiento 3.03 fue sujeta a un test de separador de dos etapas de nuevo en la celda Mini-PVT, a las condiciones definidas por Halliburton, para determinar la relación gas/aceite, factor Volumétrico de Formación, factor de merma del crudo, y composiciones del gas producido. Las mediciones de la composición del crudo muerto permitieron el cálculo de un balance de materia del fluido de yacimiento, como una verificación de calidad de la información.

**Análisis de la información:** Todas las muestras tuvieron un contenido muy alto de agua. Éstas fueron deshidratadas para medir las propiedades representativas del fluido de yacimiento. El punto de burbuja de la muestra 3.03 fue inferior a la presión del yacimiento, lo cual indica que el yacimiento no se encuentra saturado. Basándose en la Composición/Flash y punto de burbuja a la temperatura de yacimiento, la muestra 3.03 es un crudo pesado.

**Pozo Tambococha 02**  
**Resumen de Datos PVT**

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <b>Formación Productora</b>                                 | Arenisca M-1                          |
| <b>Fecha de Muestreo</b>                                    | feb-18                                |
| <b>Tipo de Muestra</b>                                      | de Fondo                              |
| <b>Tipo de Fluido</b>                                       | Aceite Negro                          |
| <b>Presión de Yacimiento</b>                                | 1764,0 psia                           |
| <b>Temperatura de Yacimiento</b>                            | 160,0 °F                              |
| <b>Fecha de Inicio de Análisis</b>                          | 2-Mar-2018                            |
| <b>Laboratorio</b>  | SGS Colombia                          |
| <b>Tipo de Análisis</b>                                     | Estudio PVT                           |
| <b>Presión de Burbuja a Temperatura de Yacimiento</b>       | 171,0 psia                            |
| <b>Relación Gas-Aceite Disuelto a la Presión de Burbuja</b> | 39,0 scf/bbl                          |
| <b>Compresibilidad del Aceite a la Presión de Burbuja</b>   | 6,58 10 <sup>-6</sup> (vol/vol) / psi |
| <b>Densidad del Aceite a la Presión de Burbuja</b>          | 0,9326 g/cm <sup>3</sup>              |
| <b>Viscosidad del Aceite a la Presión de Burbuja</b>        | 257,10 cP                             |
| <b>Contenido de N<sub>2</sub> en el gas atmosférico</b>     | 4,592 % mol                           |
| <b>Contenido de CO<sub>2</sub> en el gas atmosférico</b>    | 12,116 % mol                          |
| <b>Contenido de H<sub>2</sub>S en el gas atmosférico</b>    | - % mol                               |

**Comparación de los Datos de las Pruebas PVT**

| <b>Procedimiento Experimental</b>                   | <b>GOR Total</b> | <b>Gravedad API del Líquido de Tanque</b> | <b>Densidad del Líquido de Tanque</b> | <b>PM del Líquido de Tanque</b> | <b>FVF a Pb, B<sub>o</sub></b> | <b>FVF a Pyac, B<sub>o</sub></b> | <b>Gravedad Promedio del Gas</b> |
|---|------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|   | <b>scf/stb</b>   | <b>°API</b>                               | <b>g/cm<sup>3</sup></b>               | <b>g/mol</b>                    | <b>vol/vol</b>                 | <b>vol/vol</b>                   | <b>Air = 1.000</b>               |
| Análisis flash del fluido monofásico del yacimiento | 39,0             | 13,6                                      | 0,9740                                | 438,3                           | 1,071                          | 1,061                            | + 1.546                          |
| Prueba de separación multi-etapas                   | 20,0             | 14,3                                      | 0,9693                                | 418,6                           | 1,044                          | 1,035                            | -                                |

## Tabla de Contenido

|   | <u>pág.</u> |
|---|-------------|
| Resumen Ejecutivo1.....                                       | i           |
| Resumen Ejecutivo2.....                                       | ii          |
| Resumen de Datos PVT.....                                     | iii         |
| Tabla de Contenido.....                                       | iv          |
| Lista de Figuras.....   | v           |
| Información General del Pozo.....                             | 1           |
| Lista de Muestras.....  | 2           |
| Volumen de Muestra y Control de Calidad.....                  | 3           |
| Deshidratación de la muestra por ciclos de calentamiento..... | 4           |
| <b>Flash y Análisis Composicional de Muestra</b>              |             |
| <b>Muestra 3.02</b>   |             |
| Flash Fluido de Yacimiento.....                               | 5           |
| Análisis Composicional del fluido de yacimiento.....          | 6,7         |
| <b>Muestra 3.03</b>   |             |
| Flash Fluido de Yacimiento.....                               | 8           |
| Análisis Composicional del fluido de yacimiento.....          | 9,10        |
| <b>Estudio PVT Muestra 3,03</b>                               |             |
| <b>Análisis a 160°F</b>                                       |             |
| Expansión a Composición Constante & Viscosidad.....           | 11          |
| <b>Prueba de Separador, Multi-Etapas</b>                      |             |
| Propiedades Físicas del Test de Separador.....                | 15          |
| Composiciones Gas de separador.....                           | 16          |
| Composición y balance de materia del Líquido de Tanque.....   | 17          |
| <b>Densidad y viscosidad del Líquido de Tanque</b>            |             |
| Muestra 3.03 Densidad y viscosidad del aceite .....           | 18          |
| Muestra 3.06 Densidad y viscosidad del aceite .....           | 19          |
| Muestra 3.06 Densidad y viscosidad del aceite .....           | 20          |
| <b>SARA HPLC, IPC-143</b>                                     |             |
| Muestra 3.02 SARA HPLC, IPC-143 .....                         | 21          |
| <b>Destilación ASTM D2892</b>                                 |             |
| Reporte Final de Rendimiento Destilación-TBP .....            | 22          |
| Curva TBP .....   | 23          |
| Curva °API .....  | 24          |
| Propiedades de los cortes .....                               | 25          |
| Base de Datos de Masa Molar y Densidad .....                  | 26          |
| <b>Listado de Servicios</b>                                   | 27          |

## List of Figures

|   | <u>page</u> |
|---|-------------|
| <b>Estudio PVT Muestra 3,03</b>                       |             |
| <b>Análisis a 160°F</b>                               |             |
| Expansión a Composición Constante                     |             |
| Volumen Relativo del Fluido Monofásico.....           | 12          |
| Función-Y.....  | 13          |
| Viscosidad del Aceite en Una y Dos Fase.....          | 14          |
| <b>Densidad y viscosidad del Líquido de Tanque</b>    |             |
| Muestra 3.03 Diagrama de Viscosidad- Temperatura..... | 18          |
| Muestra 3.03 Diagrama Densidad - Temperatura .....    | 18          |
| Muestra 3.06 Diagrama de Viscosidad- Temperatura..... | 19          |
| Muestra 3.06 Diagrama Densidad - Temperatura .....    | 19          |
| Muestra 3.06 Diagrama de Viscosidad- Temperatura..... | 20          |

| Información General del Pozo |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Compañía                     | Halliburton Ecuador |
| Pozo                         | Tambococha 02       |
| Campo/Bloque                 | Arenisca M-1        |
| Plataforma                   | Tambococha          |
| Ubicación Geográfica         | Base Coca, Ecuador  |
| Archivo                      | OGC-PVT-2018011     |

| Detailed Well Information |        |                               |
|---------------------------|--------|-------------------------------|
| Fecha de terminación      |        | <i>Información no enviada</i> |
| Elevación                 | (ft)   | 36,5                          |
| Profundidad Total         | (ft)   | 5844 TVD 5960 MD              |
| Profundidad de Muestreo   | (ft)   | 4856' OH; 4873' OH            |
| Diámetro de la Tubería    | (in)   | <i>Información no enviada</i> |
| Profundidad de la Tubería | (ft)   | <i>Información no enviada</i> |
| Diámetro Revestimiento    | (in)   | 13,4                          |
| Profundidad Revestimiento | (ft)   | 2810,0                        |
| Temperatura de Yacimiento | (°F)   | 160,0                         |
| Presión de Yacimiento     | (psia) | 1764,0                        |

| Información General de Muestras |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Número de Muestras Entregadas   | 3                |
| Presión de Muestreo             | 1763 a 1764 psia |
| Temperatura de Muestreo         | 160 °F           |
| Tipo de Muestra                 | Aceite de Fondo  |

NA = Not Available/Not Applicable



## Lista de Muestras

| Número de Muestra | Tipo de Muestra | Fecha y Hora de Muestreo | Nombre del Pozo | Recipiente de muestreo |                        |           |                         |                                |
|-------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------------|
|                   |                 |                          |                 | Número de Cilindro     | Tipo de Cilindro       | Una Fase? | Presión máx. de trabajo | Fecha de última certificación* |
| 3,02              | Aceite de Fondo | NA                       | Tambococha 02   | 819737                 | Cilindo Proserv Tipo 6 | sí        | 15000 psig              | NA                             |
| 3,03              | Aceite de Fondo | NA                       | Tambococha 02   | 818740                 | Cilindo Proserv Tipo 6 | sí        | 15000 psig              | NA                             |
| 3,06              | Aceite de Fondo | NA                       | Tambococha 02   | 819782                 | Cilindo Proserv Tipo 6 | sí        | 15000 psig              | NA                             |

NA = No disponible/No Aplica

\* Nota: Para cilindros de volúmenes mayores a 500 cc, la certificación normalmente es válida por 5 años, desde la última certificación.

Sí la fecha de muestra en naranja, queda menos de un año para la siguiente certificación, si está en rojo la certificación esta caducada.

## Volumen de Muestra y Control de Calidad

| Muestras de Líquido Presurizadas |                 |                       |                        |           |                         |                |                         |                |                      |   |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------|-----------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------|---|
| Número de Muestra                | Tipo de Muestra | Recipiente de Muestra |                        |           | Condiciones de Muestreo |                | Condiciones de Apertura |                | Volumen de Aceite cc | Contenido de Agua libre <sup>(</sup> cc |
|                                  |                 | Número de Cilindro    | Tipo de Cilindro       | Una Fase? | Presión psia            | Temperatura °F | Presión psia            | Temperatura °F |                      |   |
| 3,02                             | Aceite de Fondo | 819737                | Cilindo Proserv Tipo 6 | Sí        | 1764,0                  | 160,0          | 6023                    | 73,0           | 550                  | 50,0                                    |
| 3,03                             | Aceite de Fondo | 818740                | Cilindo Proserv Tipo 6 | Sí        | 1764,0                  | 160,0          | 5855                    | 73,0           | 540                  | 60,0                                    |
| 3,06                             | Aceite de Fondo | 819782                | Cilindo Proserv Tipo 6 | Sí        | 1763,0                  | 160,0          | 5515                    | 73,0           | 360                  | 240,0                                   |

NA = No disponible/No Aplica

### Separación de agua de la muestra presurizada

| Mediciones de contenido de agua por KF,%peso |                                   |      |      |                     |
|--|-----------------------------------|------|------|---------------------|
| Fecha<br>(Inicio,Fin)                        | Eventos                           | 3,02 | 3,03 | 3.06 <sup>(1)</sup> |
| 1-Mar-18,11-Mar-18                           | Restauración de la muestra 6 días | 9,0  | 11,1 | ---                 |
| 12-Mar-18,18-Mar-18                          | Ciclo de calentamiento a 250 °F   | 6,4  | 13,4 | ---                 |
| 12-Mar-18,18-Mar-18                          | Ciclo de calentamiento a 300 °F   | 3,1  | 6,8  | ---                 |
| 12-Mar-18,18-Mar-18                          | Ciclo de calentamiento a 160 °F   | 3,4  | 3,0  | ---                 |
| 19-Mar-18,25-Mar-18                          | Ciclo de calentamiento a 250 °F   | 2,7  | 2,7  | ---                 |
| 19-Mar-18,25-Mar-18                          | Ciclo de calentamiento a 300 °F   | 2,2  | 1,8  | ---                 |
| 26-Mar-18,1-Apr-18                           | Ciclo de calentamiento a 160 °F   | 1,5  | 1,7  | 11,0                |
| 26-Mar-18,1-Apr-18                           | Ciclo de calentamiento a 300 °F   | 1,3  | 1,5  | 5,0                 |
| *2-Apr-18,4-Apr-18                           | Ciclo de calentamiento a 300 °F   | 1,3  | 1,2  | ---                 |
| 7-May-18                                     |                                   | ---  | ---  | 2,3                 |
| 21-May-18                                    |                                   | ---  | ---  | 0,2                 |

\*Nota:Estas muestras fueron seleccionadas por el cliente para el Estudio PVT.

(1) Para la muestra 3.06, la primera parte del proceso de deshidratación se hizo en el cilindro por ciclos de calentamiento, en donde se logró deshidratar hasta un contenido de agua de 2,3%. Posteriormente 50 cc de la muestra se drenaron del cilindro. El aceite muerto fue centrifugado por dos semana a 185°F. Después del proceso de centrifugación, el contenido de agua por KF fue menor a 0,16 % .Finalmente se le realizaron análisis de viscosidad y °API a la muestra deshidratada por centrifugación y a la muestra del remanente en cilindro.

## Datos de Flash de Fluido Vivo y Relación Gas/Aceite Por la técnica de "SGS Mini-GOR Apparatus"

| Información General  |                     |
|----------------------|---------------------|
| Compañía             | Halliburton Ecuador |
| Pozo                 | Tambococha 02       |
| Well Test/Identifier | NA                  |
| Compañía             | Tambococha          |
| Pozo                 | Base Coca, Ecuador  |
| Proyecto SGS         | OGC-PVT-2018011     |

| Información de Muestra  |                |
|-------------------------|----------------|
| Número de Muestra/ID    | 3,02           |
| Número de Cilindro      | 819737         |
| Tipo de Muestra         | Subsurface Oil |
| Fecha de Muestreo       | NA             |
| Hora de Muestreo        | NA             |
| Presión de Muestreo     | 1764 psia      |
| Temperatura de Muestreo | 160°F          |
| Muestreado por          | Halliburton    |
| Analizada por           | CG             |

NA = No disponible/No Aplica

| Datos del Flash |             |                                    |  |                  |                           |                                    |
|-----------------|-------------|------------------------------------|--|------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Presión         | Temperatura | Relación Gas/Aceite <sup>(1)</sup> | Factor Volumetrico de Formación <sup>(2)</sup> | Gravedad del Gas | Peso Molecular del Aceite | Densidad del Aceite <sup>(3)</sup> |
| psia            | °F          | Rs                                 | Bo   | (air=1.000)      | g/mol                     | g/cm <sup>3</sup>                  |
| * 1,764         | 160         |                                    |  |                  | 391                       |                                    |
| ** 10.88        | 120         | 40                                 | 1,022  |                  | 438                       | 0,9534                             |
| *** 14.73       | 60          | 40                                 | 1,000  | + 1.568          | 438                       | 0,9743                             |

Gravedad del Aceite = 13.6°API a 60°F (con agua congenita pero sin agua libre)

Contenido de Agua = 0.8527 vol% 0.00 vol% Agua libre

| Datos- Corregidos por el Contenido de Agua |     |    |       |         |     |        |
|--|-----|----|-------|---------|-----|--------|
| * 1,764                                    | 160 |    |       |         | 389 |        |
| ** 10.88                                   | 120 | 40 | 1,022 |         | 436 | 0,9520 |
| *** 14.73                                  | 60  | 41 | 1,000 | + 1.568 | 436 | 0,9731 |

Gravedad del Aceite = 13.8°API a 60°F

\* Condiciones de Muestreo \*\* Condiciones de Flash \*\*\* Condiciones estándar(STP) : 14.73 psia & 60°F

(1) Relación Gas/Aceite: pies cúbicos de Gas a STP por barril de aceite a la presión y temperatura especificada.

(2) Factor volumétrico de formación del aceite : Volumen a temperatura y presión especificada por volumen de aceite residual

(3) Densidad de la fase total líquida (aceite & agua, si la hay) a temperatura y presión especificadas.

**Análisis Composicional**  
**Por Cromatografía de Gases, Métodos GPA 2186 y GPA 2286**

ID de Muestra: 3.02

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Componente         |                        | Gas de Flash | Líquido de Flash |         | Fluido Total |         |
|--------------------|------------------------|--------------|------------------|---------|--------------|---------|
|                    |                        | mol%         | %peso            | %mol    | wt%          | mol%    |
| N <sub>2</sub>     | Nitrógeno              | 3,836        |                  |         | 0,033        | 0,465   |
| *CO <sub>2</sub>   | Dióxido de Carbono     | 11,849       | 0,001            | 0,010   | 0,163        | 1,444   |
| **H <sub>2</sub> S | Sulfuro de Hidrógeno   | 0,000        |                  |         | 0,000        | 0,000   |
| C <sub>1</sub>     | Metano                 | 21,765       | 0,000            | 0,004   | 0,108        | 2,640   |
| C <sub>2</sub>     | Etano                  | 12,379       | 0,002            | 0,036   | 0,118        | 1,531   |
| C <sub>3</sub>     | Propano                | 14,072       | 0,022            | 0,221   | 0,214        | 1,899   |
| iC <sub>4</sub>    | iso-Butano             | 4,300        | 0,025            | 0,190   | 0,102        | 0,688   |
| nC <sub>4</sub>    | n-Butano               | 11,133       | 0,080            | 0,606   | 0,280        | 1,881   |
| iC <sub>5</sub>    | iso-Pentano            | 4,838        | 0,100            | 0,608   | 0,207        | 1,121   |
| nC <sub>5</sub>    | n-Pentano              | 5,038        | 0,122            | 0,739   | 0,233        | 1,260   |
| C <sub>6</sub>     | Hexanos                | 5,134        | 0,439            | 2,280   | 0,568        | 2,626   |
| C <sub>7</sub>     | Heptanos               | 4,048        | 0,657            | 3,100   | 0,763        | 3,212   |
| C <sub>8</sub>     | Octanos                | 1,419        | 0,855            | 3,545   | 0,888        | 3,286   |
| C <sub>9</sub>     | Nonanos                | 0,181        | 1,045            | 3,885   | 1,038        | 3,436   |
| C <sub>10</sub>    | Decanos                | 0,007        | 1,046            | 3,375   | 1,032        | 2,967   |
| C <sub>11</sub>    | Undecanos              | 0,000        | 1,054            | 3,117   | 1,040        | 2,740   |
| C <sub>12</sub>    | Dodecanos              | 0,000        | 1,111            | 2,992   | 1,095        | 2,629   |
| C <sub>13</sub>    | Tridecanos             | 0,000        | 1,365            | 3,393   | 1,346        | 2,983   |
| C <sub>14</sub>    | Tetradecanos           | 0,000        | 1,481            | 3,397   | 1,460        | 2,985   |
| C <sub>15</sub>    | Pentadecanos           | 0,000        | 1,556            | 3,298   | 1,534        | 2,898   |
| C <sub>16</sub>    | Hexadecanos            |              | 1,578            | 3,107   | 1,556        | 2,731   |
| C <sub>17</sub>    | Heptadecanos           |              | 1,913            | 3,524   | 1,887        | 3,097   |
| C <sub>18</sub>    | Octadecanos            |              | 1,890            | 3,283   | 1,863        | 2,886   |
| C <sub>19</sub>    | Nonadecanos            |              | 1,250            | 2,073   | 1,232        | 1,823   |
| C <sub>20</sub>    | Eicosanos              |              | 1,599            | 2,539   | 1,576        | 2,231   |
| C <sub>21</sub>    | Henicosanos            |              | 1,577            | 2,367   | 1,554        | 2,080   |
| C <sub>22</sub>    | Docosanos              |              | 1,565            | 2,243   | 1,544        | 1,971   |
| C <sub>23</sub>    | Tricosanos             |              | 1,525            | 2,093   | 1,503        | 1,840   |
| C <sub>24</sub>    | Tetracosanos           |              | 1,419            | 1,870   | 1,399        | 1,643   |
| C <sub>25</sub>    | Pentacosanos           |              | 1,414            | 1,790   | 1,394        | 1,573   |
| C <sub>26</sub>    | Hexacosanos            |              | 1,380            | 1,679   | 1,360        | 1,476   |
| C <sub>27</sub>    | Heptacosanos           |              | 1,365            | 1,595   | 1,346        | 1,402   |
| C <sub>28</sub>    | Octacosanos            |              | 1,406            | 1,583   | 1,386        | 1,391   |
| C <sub>29</sub>    | Nonacosanos            |              | 1,419            | 1,543   | 1,399        | 1,356   |
| C <sub>30</sub>    | Triacantanos           |              | 1,404            | 1,475   | 1,383        | 1,297   |
| C <sub>31</sub>    | Henitriacantanos       |              | 1,433            | 1,459   | 1,413        | 1,282   |
| C <sub>32</sub>    | Dotriacantanos         |              | 1,313            | 1,294   | 1,295        | 1,137   |
| C <sub>33</sub>    | Tritriacantanos        |              | 1,313            | 1,253   | 1,294        | 1,102   |
| C <sub>34</sub>    | Tetratriacantanos      |              | 1,172            | 1,086   | 1,156        | 0,955   |
| C <sub>35</sub>    | Pentatriacantanos      |              | 1,043            | 0,940   | 1,028        | 0,826   |
| C <sub>36+</sub>   | Hexatriacantanos y más |              | 60,059           | 26,408  | 59,210       | 23,210  |
|                    |                        | 100,000      | 100,000          | 100,000 | 100,000      | 100,000 |

\* El contenido de CO<sub>2</sub> en el líquido fue calculado usando relaciones de equilibrio (valores- K) entre las composiciones del gas y el aceite.

\*\* El límite de detección del Cromatografo para H<sub>2</sub>S es de 200 ppm.

**Análisis Composicional (Continuación)**  
**Por Cromatografía de Gases, Métodos GPA 2186 y GPA 2286**

ID de Muestra: 3.02

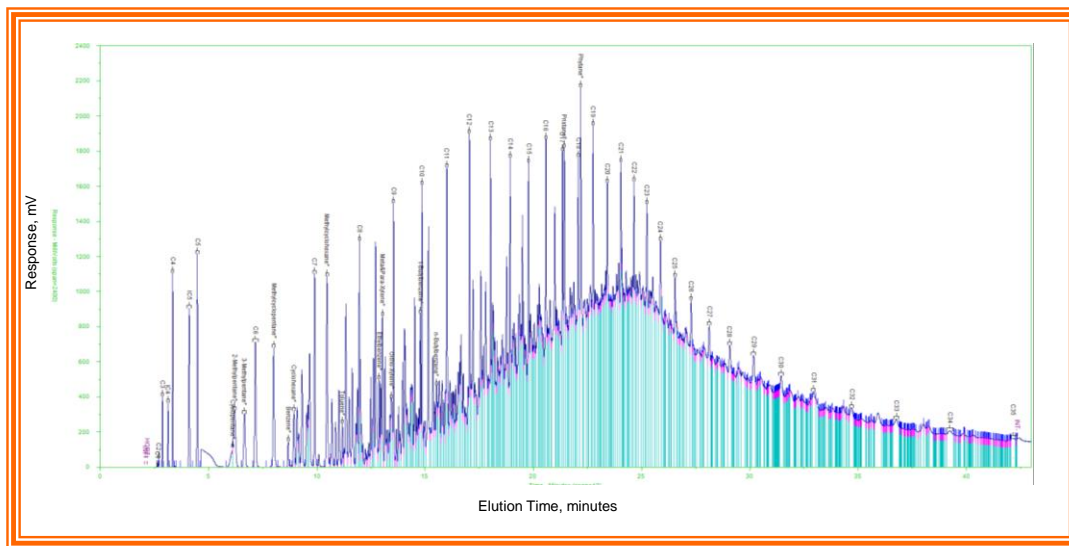
Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| fraction  | Componentes            | Fluido Total |        | Peso Molecular | Densidad |
|---|------------------------|--------------|--------|----------------|----------|
|   | Proper Name            | wt%          | mol%   | gm/mol         | gm/cc    |
| <b>Componentes Seleccionados, Isómeros, y Compuestos Cíclicos<sup>(1)</sup></b> |                        |              |        |                |          |
| C7  | metilciclo-Pentano     | 0,145        | 0,672  | 84,16          | 0,755    |
| C7  | Benceno                | 0,019        | 0,097  | 78,11          | 0,886    |
| C8  | metilciclo-Hexano      | 0,173        | 0,688  | 98,19          | 0,775    |
| C8  | Tolueno                | 0,026        | 0,110  | 92,14          | 0,871    |
| C9  | etil-Benceno           | 0,058        | 0,214  | 106,17         | 0,871    |
| C9  | meta & para-Xylene     | 0,115        | 0,423  | 106,17         | 0,865    |
| C9  | meta & para-Xileno     | 0,078        | 0,285  | 106,17         | 0,884    |
| C11   | orto-Xileno            | 0,072        | 0,197  | 142,29         | 0,734    |
| <b>Propiedades de Hidrocarburos Más (Cn+)<sup>(1)</sup></b>                     |                        |              |        |                |          |
| C <sub>6+</sub>   | Hexanos y más          | 98,542       | 87,071 | 442            | 0,974    |
| C <sub>7+</sub>   | Heptanos y más         | 97,974       | 84,445 | 453            | 0,977    |
| C <sub>10+</sub>  | Decanos y más          | 95,285       | 74,511 | 500            | 0,985    |
| C <sub>11+</sub>  | Undecanos y más        | 94,253       | 71,544 | 515            | 0,988    |
| C <sub>15+</sub>  | Pentadecanos y más     | 89,312       | 60,207 | 580            | 1,001    |
| C <sub>20+</sub>  | Eicosanos y más        | 81,240       | 46,772 | 679            | 1,023    |
| C <sub>25+</sub>  | Pentacosanos y más     | 73,664       | 37,007 | 778            | 1,043    |
| C <sub>30+</sub>  | Triacotanos y más      | 66,779       | 29,809 | 875            | 1,064    |
| C <sub>36+</sub>  | Hexatriacontanos y más | 59,210       | 23,210 | 997            | 1,090    |

(1) Isómeros y compuestos cíclicos incluidos en las fracciones de pseudo-componentes en la página anterior y en la parte inferior.

(2) Se calcula mediante la suma de todos los datos de composición.

**Huella Composicional de Líquido Residual**  
**Por Cromatografía de Gases**



## Datos de Flash de Fluido Vivo y Relación Gas/Aceite Por la técnica de "SGS Mini-GOR Apparatus"

| Información General  |                     |
|----------------------|---------------------|
| Compañía             | Halliburton Ecuador |
| Pozo                 | Tambococha 02       |
| Well Test/Identifier | NA                  |
| Compañía             | Tambococha          |
| Pozo                 | Base Coca, Ecuador  |
| Proyecto SGS         | OGC-PVT-2018011     |

| Información de Muestra  |                |
|-------------------------|----------------|
| Número de Muestra/ID    | 3,03           |
| Número de Cilindro      | 818740         |
| Tipo de Muestra         | Subsurface Oil |
| Fecha de Muestreo       | NA             |
| Hora de Muestreo        | NA             |
| Presión de Muestreo     | 1764 psia      |
| Temperatura de Muestreo | 160°F          |
| Muestreado por          | Halliburton    |
| Analizada por           | CG             |

NA = No disponible/No Aplica

| Datos del Flash |             |                                    |  |                  |                           |                                    |
|-----------------|-------------|------------------------------------|--|------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Presión         | Temperatura | Relación Gas/Aceite <sup>(1)</sup> | Factor Volumetrico de Formación <sup>(2)</sup> | Gravedad del Gas | Peso Molecular del Aceite | Densidad del Aceite <sup>(3)</sup> |
| psia            | °F          | Rs                                 | Bo   | (air=1.000)      | g/mol                     | g/cm <sup>3</sup>                  |
| * 1,764         | 160         |                                    |  |                  | 393                       |                                    |
| ** 10.90        | 120         | 38                                 | 1,022  |                  | 438                       | 0,9531                             |
| *** 14.73       | 60          | 39                                 | 1,000  | + 1.546          | 438                       | 0,9740                             |

Gravedad del Aceite = 13.6°API a 60°F (con agua congenita pero sin agua libre)

Contenido de Agua = 1.0703 vol% 0.00 vol% Agua libre

| Datos- Corregidos por el Contenido de Agua |     |    |       |         |     |        |
|--|-----|----|-------|---------|-----|--------|
| * 1,764                                    | 160 |    |       |         | 390 |        |
| ** 10.90                                   | 120 | 39 | 1,022 |         | 436 | 0,9517 |
| *** 14.73                                  | 60  | 39 | 1,000 | + 1.546 | 436 | 0,9728 |

Gravedad del Aceite= 13.8°API a 60°F

\* Condiciones de Muestreo \*\* Condiciones de Flash \*\*\* Condiciones estándar(STP) : 14.73 psia & 60°F

(1) Relación Gas/Aceite: pies cúbicos de Gas a STP por barril de aceite a la presión y temperatura especificada.

(2) Factor volumétrico de formación del aceite : Volumen a temperatura y presión especificada por volumen de aceite residual

(3) Densidad de la fase total líquida (aceite & agua, si la hay) a temperatura y presión especificadas.

## Análisis Composicional

### Por Cromatografía de Gases, Métodos GPA 2186 y GPA 2286

ID de Muestra: 3.03

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Componente         |                        | Gas de Flash | Líquido de Flash |         | Fluido Total |         |
|--------------------|------------------------|--------------|------------------|---------|--------------|---------|
|                    |                        | mol%         | %peso            | %mol    | wt%          | mol%    |
| N <sub>2</sub>     | Nitrógeno              | 4,592        |                  |         | 0,039        | 0,540   |
| *CO <sub>2</sub>   | Dióxido de Carbono     | 12,116       | 0,001            | 0,010   | 0,161        | 1,433   |
| **H <sub>2</sub> S | Sulfuro de Hidrógeno   | 0,000        |                  |         | 0,000        | 0,000   |
| C <sub>1</sub>     | Metano                 | 22,282       | 0,000            | 0,004   | 0,107        | 2,623   |
| C <sub>2</sub>     | Etano                  | 12,524       | 0,002            | 0,024   | 0,115        | 1,494   |
| C <sub>3</sub>     | Propano                | 13,875       | 0,021            | 0,207   | 0,204        | 1,814   |
| iC <sub>4</sub>    | iso-Butano             | 4,153        | 0,026            | 0,193   | 0,098        | 0,659   |
| nC <sub>4</sub>    | n-Butano               | 10,578       | 0,078            | 0,589   | 0,261        | 1,763   |
| iC <sub>5</sub>    | iso-Pentano            | 4,602        | 0,101            | 0,612   | 0,199        | 1,081   |
| nC <sub>5</sub>    | n-Pentano              | 4,803        | 0,119            | 0,725   | 0,222        | 1,204   |
| C <sub>6</sub>     | Hexanos                | 4,937        | 0,425            | 2,207   | 0,544        | 2,528   |
| C <sub>7</sub>     | Heptanos               | 3,941        | 0,659            | 3,110   | 0,759        | 3,207   |
| C <sub>8</sub>     | Octanos                | 1,412        | 0,863            | 3,577   | 0,895        | 3,323   |
| C <sub>9</sub>     | Nonanos                | 0,167        | 1,060            | 3,938   | 1,051        | 3,494   |
| C <sub>10</sub>    | Decanos                | 0,014        | 1,055            | 3,405   | 1,042        | 3,007   |
| C <sub>11</sub>    | Undecanos              | 0,000        | 1,053            | 3,113   | 1,039        | 2,748   |
| C <sub>12</sub>    | Dodecanos              | 0,001        | 1,109            | 2,986   | 1,094        | 2,635   |
| C <sub>13</sub>    | Tridecanos             | 0,000        | 1,354            | 3,366   | 1,336        | 2,971   |
| C <sub>14</sub>    | Tetradecanos           | 0,000        | 1,458            | 3,342   | 1,438        | 2,950   |
| C <sub>15</sub>    | Pentadecanos           | 0,000        | 1,547            | 3,279   | 1,527        | 2,894   |
| C <sub>16</sub>    | Hexadecanos            |              | 1,564            | 3,079   | 1,543        | 2,717   |
| C <sub>17</sub>    | Heptadecanos           |              | 1,902            | 3,503   | 1,876        | 3,091   |
| C <sub>18</sub>    | Octadecanos            |              | 1,867            | 3,243   | 1,842        | 2,861   |
| C <sub>19</sub>    | Nonadecanos            |              | 1,253            | 2,078   | 1,236        | 1,833   |
| C <sub>20</sub>    | Eicosanos              |              | 1,583            | 2,512   | 1,562        | 2,217   |
| C <sub>21</sub>    | Henicosanos            |              | 1,572            | 2,360   | 1,551        | 2,082   |
| C <sub>22</sub>    | Docosanos              |              | 1,547            | 2,217   | 1,527        | 1,956   |
| C <sub>23</sub>    | Tricosanos             |              | 1,514            | 2,079   | 1,494        | 1,835   |
| C <sub>24</sub>    | Tetracosanos           |              | 1,418            | 1,871   | 1,400        | 1,651   |
| C <sub>25</sub>    | Pentacosanos           |              | 1,426            | 1,804   | 1,406        | 1,593   |
| C <sub>26</sub>    | Hexacosanos            |              | 1,381            | 1,679   | 1,362        | 1,482   |
| C <sub>27</sub>    | Heptacosanos           |              | 1,368            | 1,599   | 1,350        | 1,410   |
| C <sub>28</sub>    | Octacosanos            |              | 1,418            | 1,597   | 1,398        | 1,408   |
| C <sub>29</sub>    | Nonacosanos            |              | 1,415            | 1,538   | 1,396        | 1,358   |
| C <sub>30</sub>    | Triacantanos           |              | 1,457            | 1,530   | 1,437        | 1,351   |
| C <sub>31</sub>    | Henitriacantanos       |              | 1,381            | 1,404   | 1,362        | 1,240   |
| C <sub>32</sub>    | Dotriacantanos         |              | 1,351            | 1,331   | 1,332        | 1,174   |
| C <sub>33</sub>    | Tritriacantanos        |              | 1,326            | 1,267   | 1,309        | 1,118   |
| C <sub>34</sub>    | Tetratriacantanos      |              | 1,214            | 1,125   | 1,197        | 0,993   |
| C <sub>35</sub>    | Pentatriacantanos      |              | 1,115            | 1,005   | 1,100        | 0,886   |
| C <sub>36+</sub>   | Hexatriacantanos y más |              | 59,996           | 26,492  | 59,189       | 23,376  |
|                    |                        | 100,000      | 100,000          | 100,000 | 100,000      | 100,000 |

\* El contenido de CO<sub>2</sub> en el líquido fue calculado usando relaciones de equilibrio (valores- K) entre las composiciones del gas y el aceite.

\*\* El límite de detección del Cromatografo para H<sub>2</sub>S es de 200 ppm.



### Análisis Composicional (Continuación) Por Cromatografía de Gases, Métodos GPA 2186 y GPA 2286

ID de Muestra: 3.03

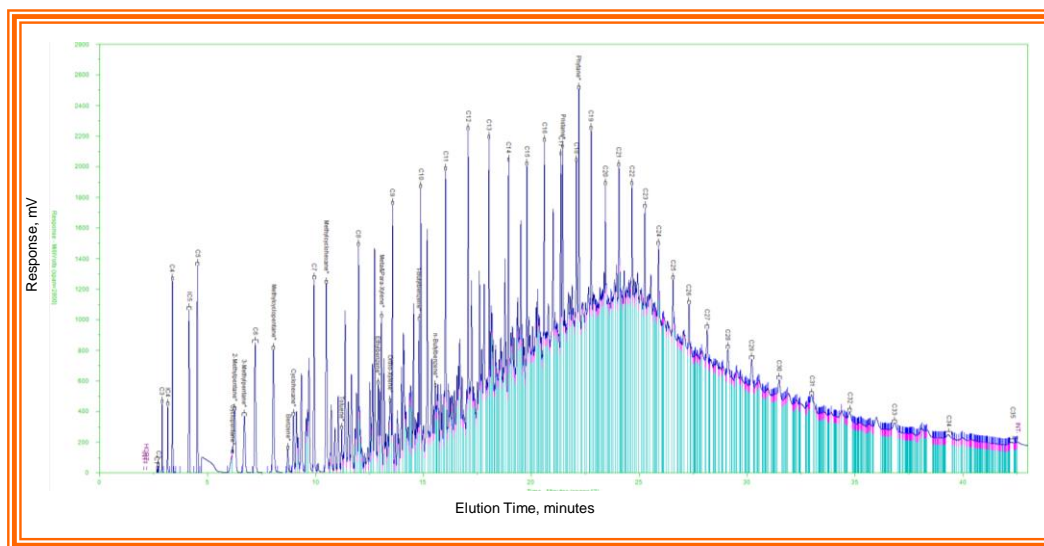
Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Componentes   |                        | Fluido Total |        | Peso Molecular | Densidad |
|---|------------------------|--------------|--------|----------------|----------|
| fraction  | Proper Name            | wt%          | mol%   | gm/mol         | gm/cc    |
| <b>Componentes Seleccionados, Isómeros, y Compuestos Cíclicos<sup>(1)</sup></b> |                        |              |        |                |          |
| C7  | metilciclo-Pentano     | 0,144        | 0,670  | 84,16          | 0,755    |
| C7  | Benceno                | 0,017        | 0,088  | 78,11          | 0,886    |
| C8  | metilciclo-Hexano      | 0,173        | 0,690  | 98,19          | 0,775    |
| C8  | Tolueno                | 0,026        | 0,112  | 92,14          | 0,871    |
| C9  | etil-Benceno           | 0,058        | 0,215  | 106,17         | 0,871    |
| C9  | meta & para-Xylene     | 0,114        | 0,422  | 106,17         | 0,865    |
| C9  | meta & para-Xileno     | 0,080        | 0,295  | 106,17         | 0,884    |
| C11   | orto-Xileno            | 0,071        | 0,197  | 142,29         | 0,734    |
| <b>Propiedades de Hidrocarburos Más (Cn+)<sup>(1)</sup></b>                     |                        |              |        |                |          |
| C <sub>6+</sub>   | Hexanos y más          | 98,594       | 87,389 | 442            | 0,974    |
| C <sub>7+</sub>   | Heptanos y más         | 98,050       | 84,861 | 453            | 0,976    |
| C <sub>10+</sub>  | Decanos y más          | 95,345       | 74,837 | 500            | 0,985    |
| C <sub>11+</sub>  | Undecanos y más        | 94,303       | 71,830 | 515            | 0,988    |
| C <sub>15+</sub>  | Pentadecanos y más     | 89,396       | 60,526 | 579            | 1,001    |
| C <sub>20+</sub>  | Eicosanos y más        | 81,372       | 47,130 | 677            | 1,022    |
| C <sub>25+</sub>  | Pentacosanos y más     | 73,838       | 37,389 | 774            | 1,042    |
| C <sub>30+</sub>  | Triacotanos y más      | 66,926       | 30,138 | 871            | 1,063    |
| C <sub>36+</sub>  | Hexatriacontanos y más | 59,189       | 23,376 | 993            | 1,090    |

(1) Isómeros y compuestos cíclicos incluidos en las fracciones de pseudo-componentes en la página anterior y en la parte inferior.

(2) Se calcula mediante la suma de todos los datos de composición.

### Huella Composicional de Líquido Residual Por Cromatografía de Gases



### Expansión a Composición Constante a 160°C (Relaciones de Presión-Volumen)

Muestra número : 3.03

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

|    | Presión<br>psia | Volumen<br>Relativo<br>(V <sub>Pb</sub> =1.000) | Coeficiente de<br>Compresibilidad<br>10 <sup>-6</sup> (vol/vol) psi <sup>-1</sup> | Función<br>"Y" <sup>(1)</sup> | Densidad<br>del Fluido<br>g/cm <sup>3</sup> | Viscosidad<br>del Aceite,<br>cP |
|----|-----------------|---|---|-------------------------------|---|---------------------------------|
| Pr | 5073,0          | 0,9786  | 3,04  |                               | 0,9530                                      | 560,5                           |
|    | 4033,0          | 0,9820  | 3,51  |                               | 0,9498                                      | 473,2                           |
|    | 3013,0          | 0,9858  | 4,04  |                               | 0,9461                                      | 396,8                           |
|    | 1997,0          | 0,9901  | 4,66  |                               | 0,9420                                      | 331,6                           |
|    | 1764,0          | 0,9912  | 4,83  |                               | 0,9409                                      | 318,4                           |
|    | 1012,0          | 0,9950  | 5,44  |                               | 0,9373                                      | 281,8                           |
|    | 503,0           | 0,9979  | 6,01  |                               | 0,9346                                      | 263,7                           |
|    | 399,0           | 0,9986  | 6,16  |                               | 0,9340                                      | 261,0                           |
|    | 390,0           | 0,9986  | 6,17  |                               | 0,9339                                      | 260,8                           |
|    | 368,0           | 0,9987  | 6,20  |                               | 0,9338                                      | 260,3                           |
|    | 336,0           | 0,9989  | 6,26  |                               | 0,9336                                      | 259,6                           |
|    | 264,0           | 0,9994  | 6,38  |                               | 0,9332                                      | 258,2                           |
|    | 234,0           | 0,9996  | 6,44  |                               | 0,9330                                      | 257,8                           |
|    | 189,0           | 0,9999  | 6,53  |                               | 0,9327                                      | 257,2                           |
| Pb | 171,0           | 1,0000  | 6,58  |                               | 0,9326                                      | 257,1                           |
|    | 165,0           | 1,0049  |   | 7,378                         |   | 259,9                           |
|    | 140,0           | 1,0323  |   | 6,864                         |   | 265,5                           |
|    | 120,0           | 1,0662  |   | 6,419                         |   | 270,8                           |
|    | 105,0           | 1,1037  |   | 6,060                         |   | 275,3                           |

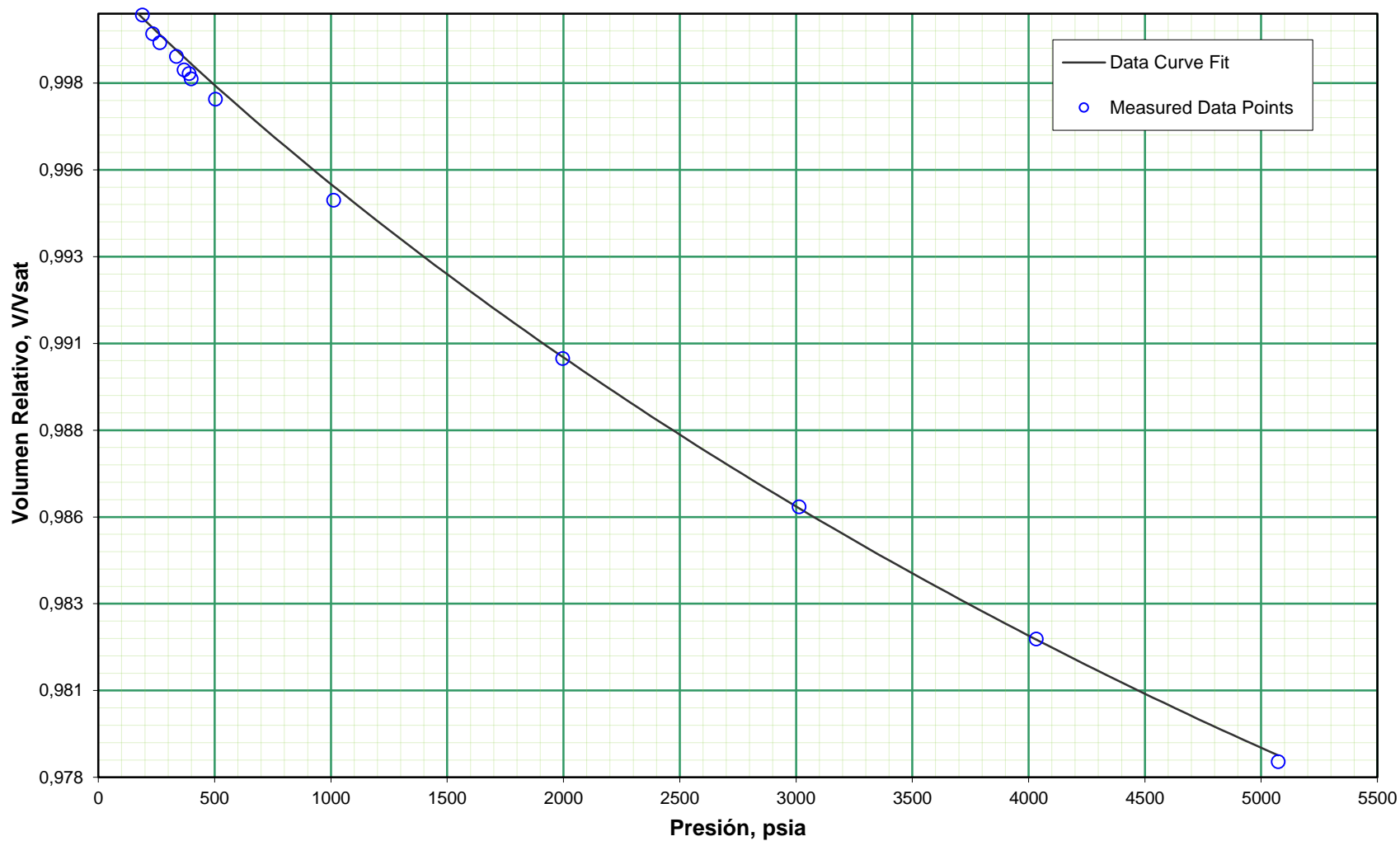
(1)  $Y = (P_{sat}/P - 1) / (V/V_{sat} - 1)$

Pr : Presión de Yacimiento.

Pb : Presión de Burbuja.

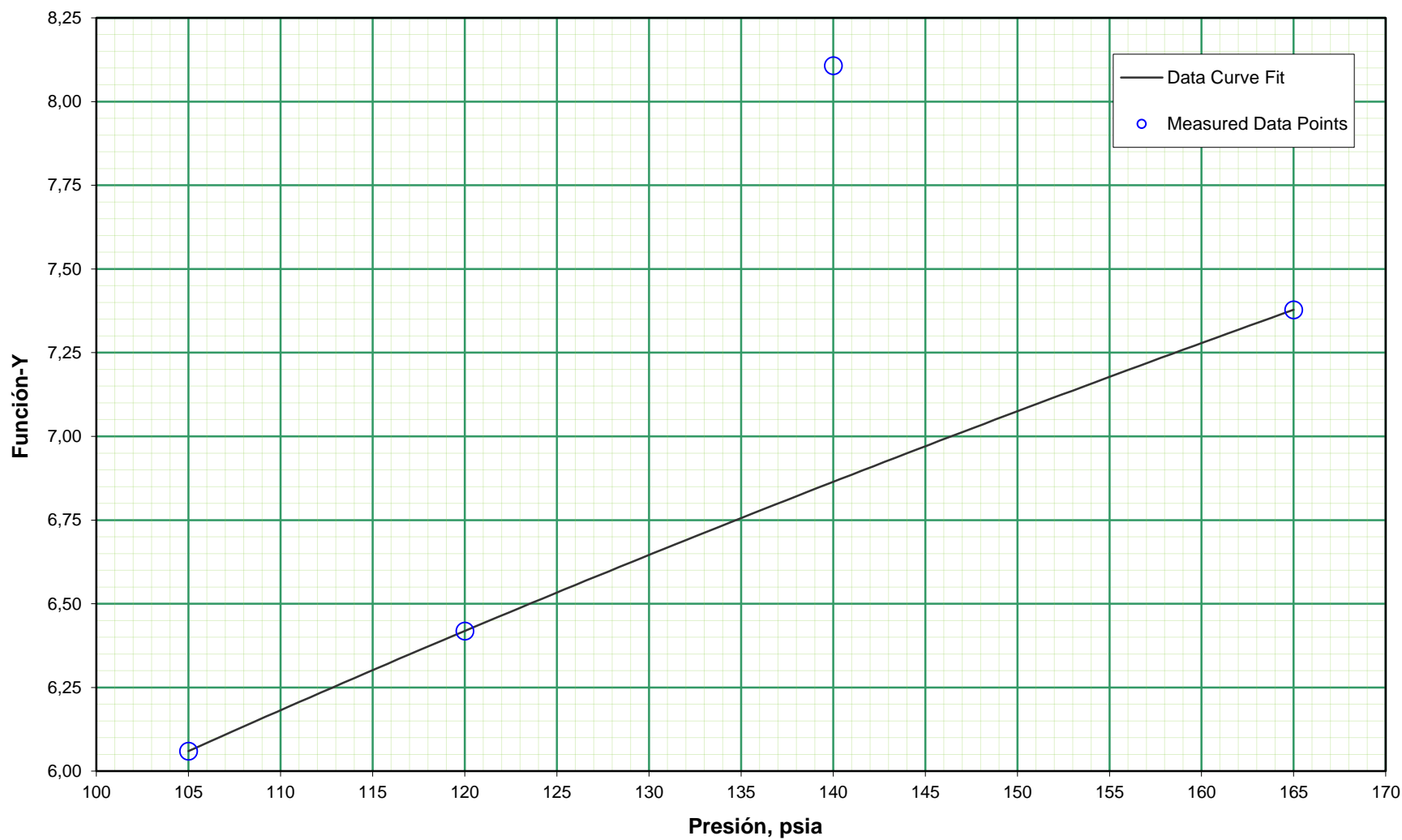
## Expansión a Composición Constante a 160°C

### Volumen Relativo del Fluido Monofásico



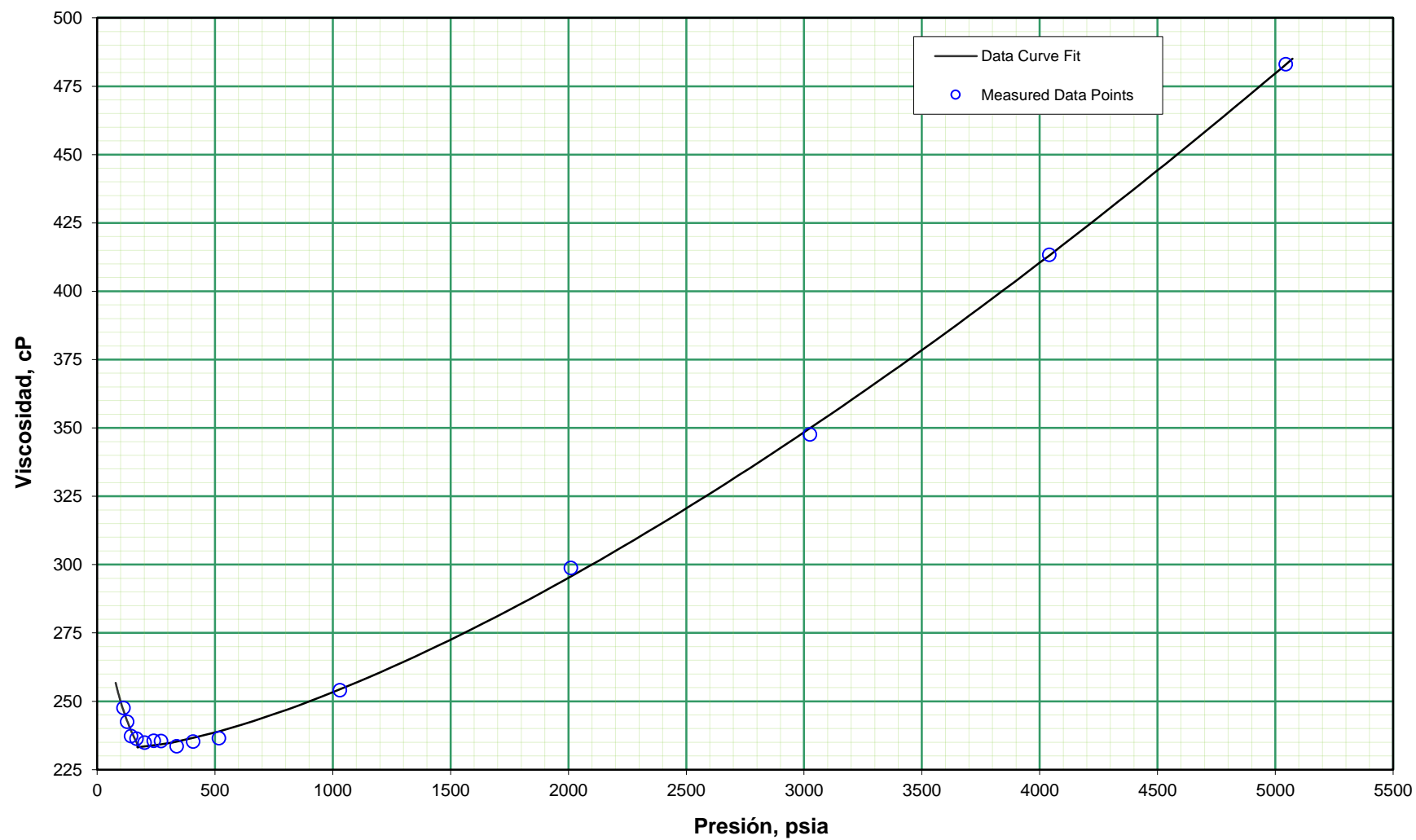
## Expansión a Composición Constante a 160°C

Función-Y



## Expansión a Composición Constante a 160°C

### Viscosidad del Aceite en Una y Dos Fases



## Prueba de Separador - Multi-Etapas

### Propiedades Físicas

Muestra Número : 3.03

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Etapa      | Presión<br>psia | Temperatura<br>°F | Relación<br>Gas/Aceite <sup>(1)</sup><br><small>Separador/Tanque.</small> | Relación<br>Gas/Aceite <sup>(2)</sup><br><small>Separador/Tanque.</small> | Factor<br>Volumétrico<br>de<br>Formación <sup>(3)</sup> | Gravedad<br>de Gas<br>Producido<br><br>(aire=1.000) | Densidad<br>del Líquido <sup>(4)</sup><br><br>g/cm <sup>3</sup> |
|------------|-----------------|-------------------|---|---|---|---|---|
|            |                 |                   | R <sub>s</sub>  | R <sub>s</sub>  | B <sub>o</sub>  |   |   |
| Pr         | 5000            | 160               |   |   | 1,022   |   | 0,9528  |
|            | 4200            | 160               |   |   | 1,025   |   | 0,9503  |
|            | 3400            | 160               |   |   | 1,028   |   | 0,9476  |
|            | 2600            | 160               |   |   | 1,031   |   | 0,9445  |
|            | 1800            | 160               |   |   | 1,035   |   | 0,9411  |
|            | 1764            | 160               |   |   | 1,035   |   | 0,9409  |
|            | 1000            | 160               |   |   | 1,039   |   | 0,9372  |
|            | 200             | 160               |   |   | 1,044   |   | 0,9328  |
| Pb         | 171             | 160               | 20 (5)  |   | 1,044   |   | 0,9326  |
| 1          | 107             | 175               | 8,5   | 8,1   | 1,043   | 0,9937  | 0,9315  |
| Stock Tank | 15              | 60                | 11,2  | 11,2  | 1,000   | 1,0733  | 0,9693  |

Densidad aceite de tanque a STP : 0,9693 g/cm<sup>3</sup> [14.3°API]

Pr : Presión de Yacimiento

Pb : Presión de Burbuja

Temperatura y Presión Estándar (STP) : 14.73 psia & 60°F

(1) Relación de Gas producido: Gas a STP por barril de aceite a STP.

(2) Relación de Gas producido: Gas a STP por barril de aceite a condiciones de presión y temperatura especificadas.

(3) Factor volumétrico de formación del aceite : Volumen a temperatura y presión especificada por volumen de aceite a condicion

(4) Densidad del líquido a presión y temperatura

(5) Relación de Gas producido: Gas a STP por barril de aceite a STP.

### Análisis Composicional de Gas Liberado de la Prueba de Separador

Muestra Número : 3.03

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Componente       |                      | Presión de Separador, psia |         |
|------------------|----------------------|----------------------------|---------|
|                  |                      | 107                        | 15      |
|                  |                      | 175°F                      | 60°F    |
|                  |                      | Mol.%                      | Mol.%   |
| N <sub>2</sub>   | Nitrógeno            | 14,004                     | 5,064   |
| CO <sub>2</sub>  | Dióxido de carbono   | 17,035                     | 21,059  |
| H <sub>2</sub> S | Sulfuro de Hidrógeno | 0,000                      | 0,000   |
| C <sub>1</sub>   | Metano               | 46,426                     | 39,515  |
| C <sub>2</sub>   | Etano                | 10,635                     | 17,621  |
| C <sub>3</sub>   | Propano              | 5,880                      | 9,854   |
| iC <sub>4</sub>  | iso-Butano           | 1,108                      | 1,620   |
| nC <sub>4</sub>  | n-Butano             | 2,395                      | 3,222   |
| iC <sub>5</sub>  | iso-Pentano          | 0,686                      | 0,739   |
| nC <sub>5</sub>  | n-Pentano            | 0,630                      | 0,621   |
| C <sub>6</sub>   | Hexanos              | 0,588                      | 0,418   |
| C <sub>7</sub>   | Heptanos             | 0,364                      | 0,190   |
| C <sub>8</sub>   | Octanos              | 0,153                      | 0,056   |
| C <sub>9</sub>   | Nonanos              | 0,076                      | 0,020   |
| C <sub>10+</sub> | Decanos y más        | 0,021                      | 0,001   |
|                  |                      | 100,000                    | 100,000 |
| C <sub>6+</sub>  | Hexanos y más        | 1,201                      | 0,685   |
| C <sub>7+</sub>  | Heptanos y más       | 0,613                      | 0,267   |

|                               |        |        |
|-------------------------------|--------|--------|
| Gravedad de Gas (air = 1.000) | 0,9937 | 1,0733 |
| Peso Molecular                | 28,78  | 31,08  |
| Hexanos y más                 | 94,5   | 90,4   |
| Heptanos y más                | 104,6  | 100,5  |
| Decanos y más                 | 179,0  | 179,0  |
| BTU/Ft <sup>3</sup> (gross)   | 1036   | 1208   |
| BTU/Ft <sup>3</sup> (net)     | 934    | 1094   |
| Critical Temperature, R       | 430,3  | 478,6  |
| Critical Pressure, psia       | 702,7  | 735,0  |

### Análisis Composicional del Aceite Residual de la Prueba de Separador

Muestra Número: 3.03

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Componente       |                      | Aceite Residual |         | Fluido Total               |         |
|------------------|----------------------|-----------------|---------|----------------------------|---------|
|                  |                      | peso.%          | mol.%   | Material Balance<br>peso.% | mol.%   |
| N <sub>2</sub>   | Nitrógeno            | 0,000           | 0,000   | 0,039                      | 0,543   |
| *CO <sub>2</sub> | Dióxido de carbono   | 0,029           | 0,280   | 0,161                      | 1,442   |
| H <sub>2</sub> S | Sulfuro de Hidrógeno | 0,000           | 0,000   | 0,000                      | 0,000   |
| C <sub>1</sub>   | Metano               | 0,001           | 0,030   | 0,106                      | 2,619   |
| C <sub>2</sub>   | Etano                | 0,046           | 0,646   | 0,114                      | 1,498   |
| C <sub>3</sub>   | Propano              | 0,147           | 1,398   | 0,202                      | 1,809   |
| iC <sub>4</sub>  | iso-Butano           | 0,084           | 0,604   | 0,096                      | 0,653   |
| nC <sub>4</sub>  | n-Butano             | 0,233           | 1,675   | 0,257                      | 1,748   |
| iC <sub>5</sub>  | iso-Pentano          | 0,189           | 1,094   | 0,196                      | 1,071   |
| nC <sub>5</sub>  | n-Pentano            | 0,212           | 1,230   | 0,218                      | 1,193   |
| C <sub>6</sub>   | Hexanos              | 0,529           | 2,636   | 0,533                      | 2,505   |
| C <sub>7</sub>   | Heptanos             | 0,774           | 3,376   | 0,775                      | 3,186   |
| C <sub>8</sub>   | Octanos              | 0,901           | 3,525   | 0,899                      | 3,316   |
| C <sub>9</sub>   | Nonanos              | 1,079           | 3,731   | 1,074                      | 3,506   |
| C <sub>10+</sub> | Decanos y más        | 95,776          | 79,775  | 95,330                     | 74,911  |
|                  |                      | 100,000         | 100,000 | 100,000                    | 100,000 |
| C <sub>6+</sub>  | Hexanos y más        | 99,059          | 93,043  | 98,611                     | 87,424  |
| C <sub>7+</sub>  | Heptanos y más       | 98,530          | 90,407  | 98,078                     | 84,919  |

|                |       |       |
|----------------|-------|-------|
| Peso Molecular | 418,6 | 394,9 |
| Hexanos y más  | 445,6 | 445,4 |
| Heptanos y más | 456,2 | 456,1 |
| Decanos y más  | 502,5 | 502,5 |

\* El contenido de CO<sub>2</sub> en el líquido fue calculado usando relaciones de equilibrio (valores- K) entre las composiciones del gas y el aceite de separador.

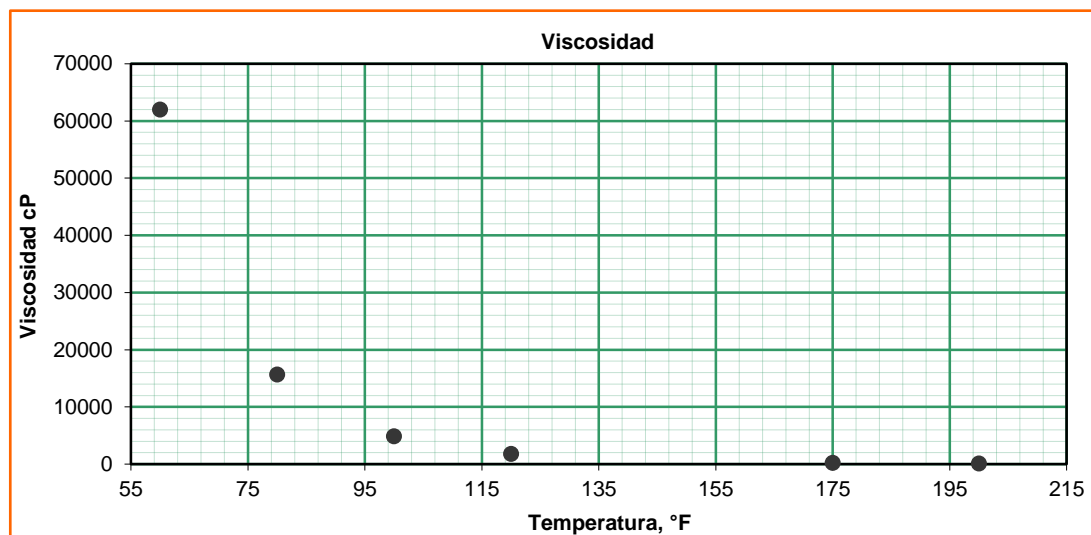


## Densidad y Viscosidad del Aceite Residual en función de la temperatura

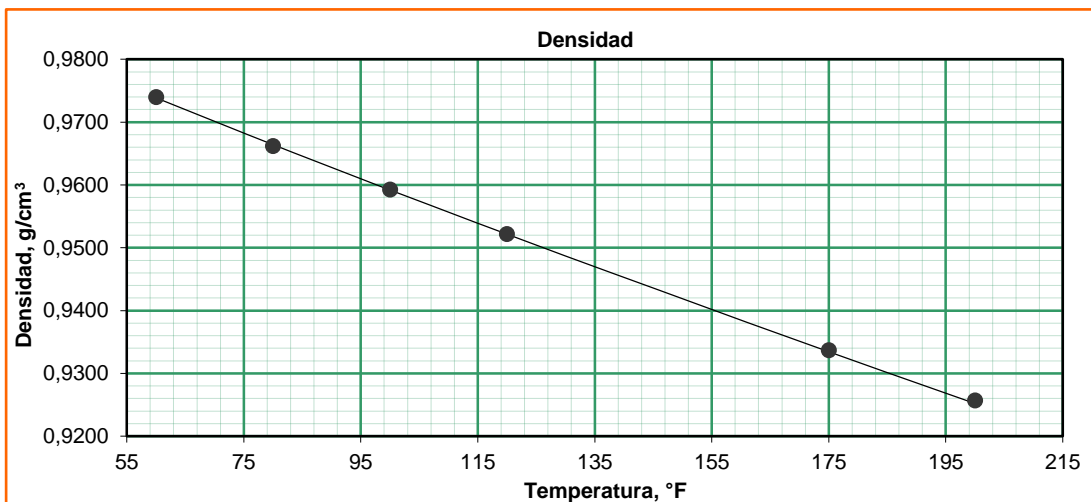
ID de la Muestra: 3.03

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Temperatura<br>°F | Viscosidad<br>Dinámica(1)<br>mPa.s (cP) | Viscosidad<br>cinematica(1)<br>mm <sup>2</sup> /s (cSt) | Densidad<br>g/cm <sup>3</sup> |
|-------------------|---|---|-------------------------------|
| 60,0              | 62003                                   | 63658   | 0,9740                        |
| 80,0              | 15671                                   | 16219   | 0,9662                        |
| 100,0             | 4890                                    | 5097  | 0,9593                        |
| 120,0             | 1791                                    | 1881  | 0,9522                        |
| 175,0             | 222                                     | 237   | 0,9337                        |
| 200,0             | 109                                     | 118   | 0,9257                        |



Gravedad °API = 13.63 °API



(1) Viscosidad por el método - ASTM D7042.

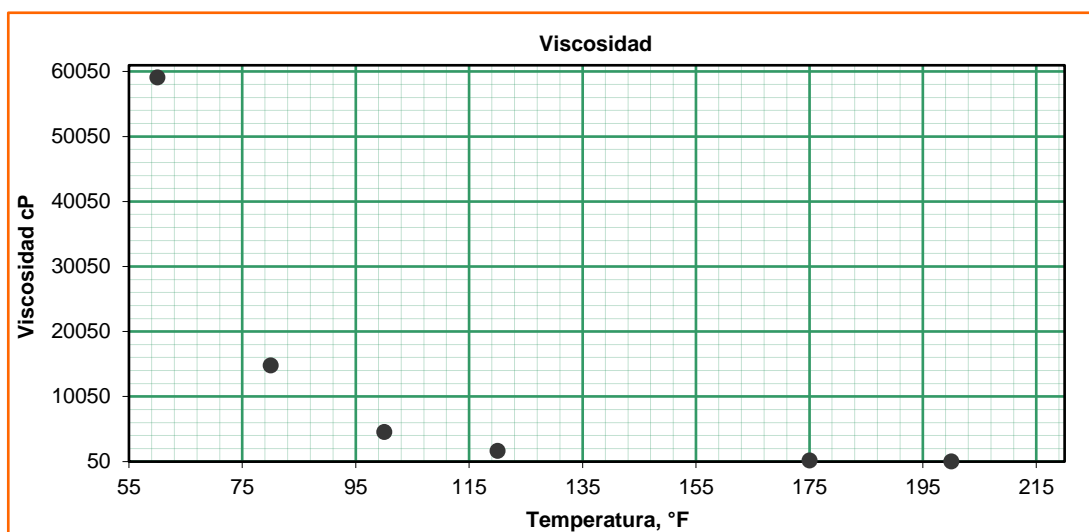
## Densidad y Viscosidad del Aceite Residual

en función de la temperatura (Deshidratación por ciclos térmicos)

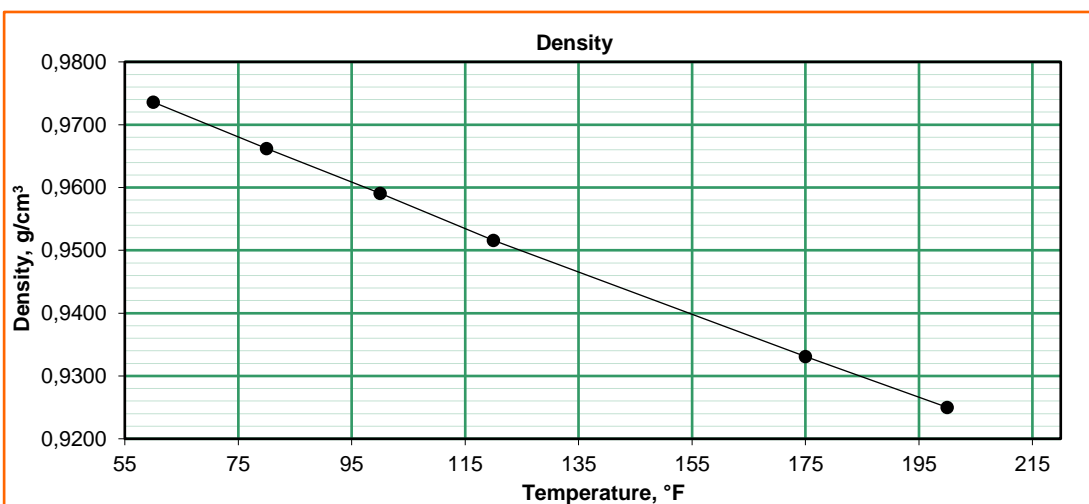
ID de la Muestra: 3.06

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Temperatura<br>°F | Viscosidad<br>Dinámica(1)<br>mPa.s (cP) | Viscosidad<br>cinemática(1)<br>mm <sup>2</sup> /s (cSt) | Densidad<br>g/cm <sup>3</sup> |
|-------------------|---|---|-------------------------------|
| 60,0              | 59132                                   | 60735   | 0,9736                        |
| 80,0              | 14826                                   | 15345   | 0,9662                        |
| 100,0             | 4600                                    | 4796  | 0,9591                        |
| 120,0             | 1698                                    | 1784  | 0,9516                        |
| 175,0             | 213                                     | 229   | 0,9331                        |
| 200,0             | 105                                     | 114   | 0,9250                        |



Gravedad °API = 13,81 °API



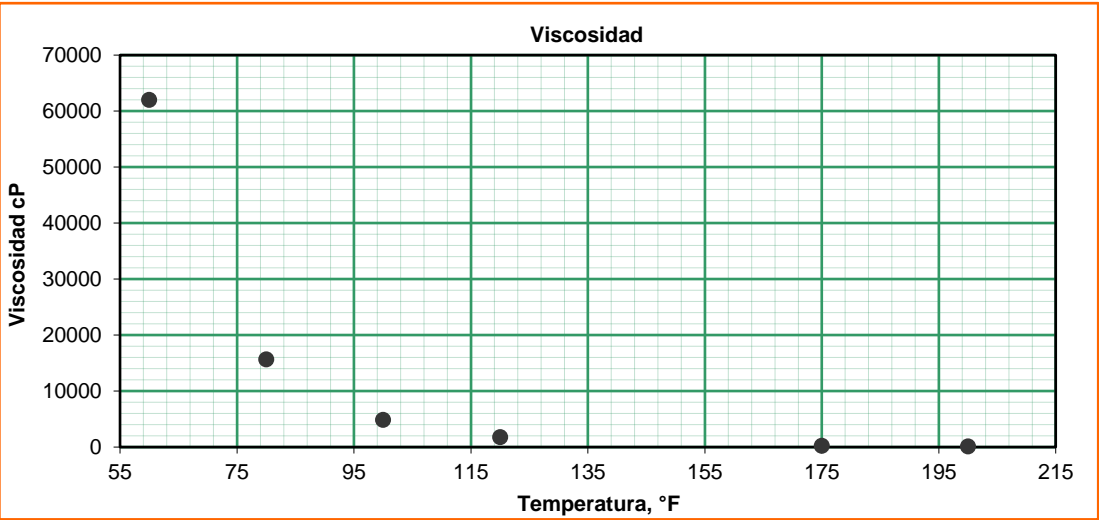
(1) Viscosidad por el método - ASTM D7042.

# **Densidad y Viscosidad del Aceite Residual** en función de la temperatura (Deshidratación por centrifuga)

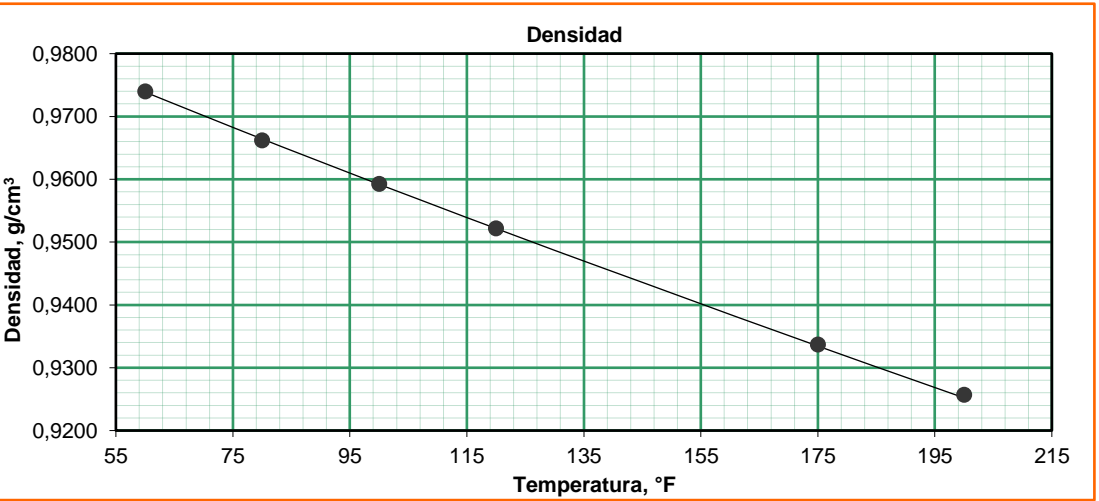
ID de la Muestra: 3.06

Tipo de Muestra: Aceite de Fondo

| Temperatura<br>°F | Viscosidad<br>Dinámica(1)<br>mPa.s (cP) | Viscosidad<br>cinematica(1)<br>mm²/s (cSt) | Densidad<br>g/cm³ |
|-------------------|---|--|-------------------|
| 60,0              | 62003                                   | 63658                                      | 0,9740            |
| 80,0              | 15671                                   | 16219                                      | 0,9662            |
| 100,0             | 4890                                    | 5097                                       | 0,9593            |
| 120,0             | 1791                                    | 1881                                       | 0,9522            |
| 175,0             | 222                                     | 237  | 0,9337            |
| 200,0             | 109                                     | 118  | 0,9257            |



Gravedad °API = 11,53°API



(1) Viscosidad por el método - ASTM D7042.



**Tabla Reporte SARA HPLC, IPC-143**

| Número de Muestra | Saturados (%peso) | Monoaromáticos (%peso) | Dioaromáticos (%peso) | Triaromáticos (%peso) | Resinas (%peso) | Resinas (%peso) |
|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 3,02              | 18,0              | 13,1                   | 2,3                   | 1,5                   | 51,1            | 13,96           |

NA = No disponible/No Aplica

\* Nota 1: El contenido de resinas es calculado por diferencia del contenido de Saturados, Aromáticos y Asfaltenos.

\* Nota 2: Se transcriben los resultados del reporte generado por SGS North America, The Woodlands. SGS ID 374. Fecha : 7 de Junio de 2018.

### Destilación ASTM D2892/D5236

ID de la Muestra: 3.02

|                                     |        |                                     |   |                                 |     |
|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|---|---------------------------------|-----|
| Cantidad cargada D2892 (g)          | 326,2  | Cantidad Cargada D5236 (g)          | - | Cantidad de agua removida (g)   | 6,3 |
| Gravedad específica D2892 (60/60°F) | 0,9793 | Gravedad específica D5236 (60/60°F) | - | Temperatura inicial de Vapor °F | 298 |

### Reporte Final de Rendimiento Destilación-TBP\*

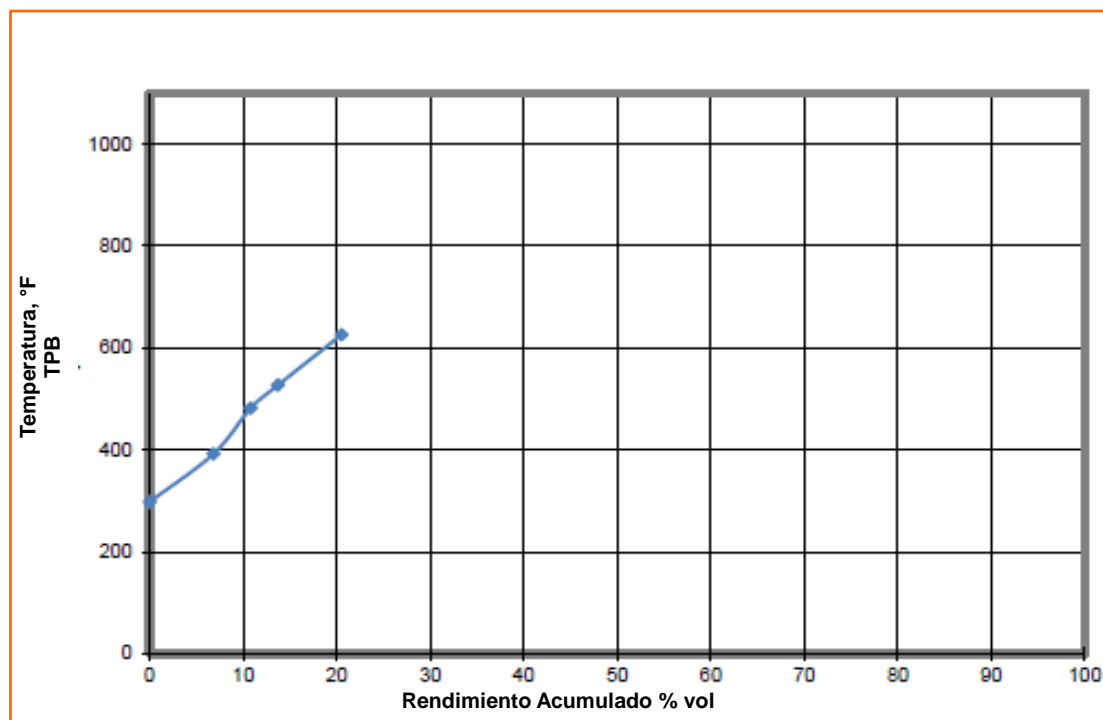
*Rendimientos de la destilación ASTM D2892*

| Temp de Corte | °F  | Peso del corte (g) | Gravedad específica | Volumen del corte (ml) | Liq %vol | Liq %vol Acumulado | %Peso | %Peso Acumulado | Gravedad °API | Promedio %vol Acumulado |
|---------------|-----|--------------------|---------------------|------------------------|----------|--------------------|-------|-----------------|---------------|-------------------------|
| A             |     |                    |                     |                        |          |                    |       |                 |               |                         |
| IBP           | 392 | 17,4               | 0,7806              | 22,3                   | 6,8      | 6,8                | 5,4   | 5,4             | 49,8          | 3,4                     |
| 392           | 482 | 11,1               | 0,8420              | 13,2                   | 4,0      | 10,8               | 3,5   | 8,9             | 36,6          | 8,8                     |
| 482           | 527 | 8,2                | 0,8655              | 9,5                    | 2,9      | 13,7               | 2,6   | 11,5            | 32,0          | 12,2                    |
| 527           | 626 | 19,7               | 0,8843              | 22,3                   | 6,8      | 20,5               | 6,1   | 17,6            | 28,5          | 17,00                   |
| 626+          |     | 263,5              | 1,0168              | 259,4                  | 79,3     | 99,8               | 82,4  | 100,0           | 7,7           |                         |

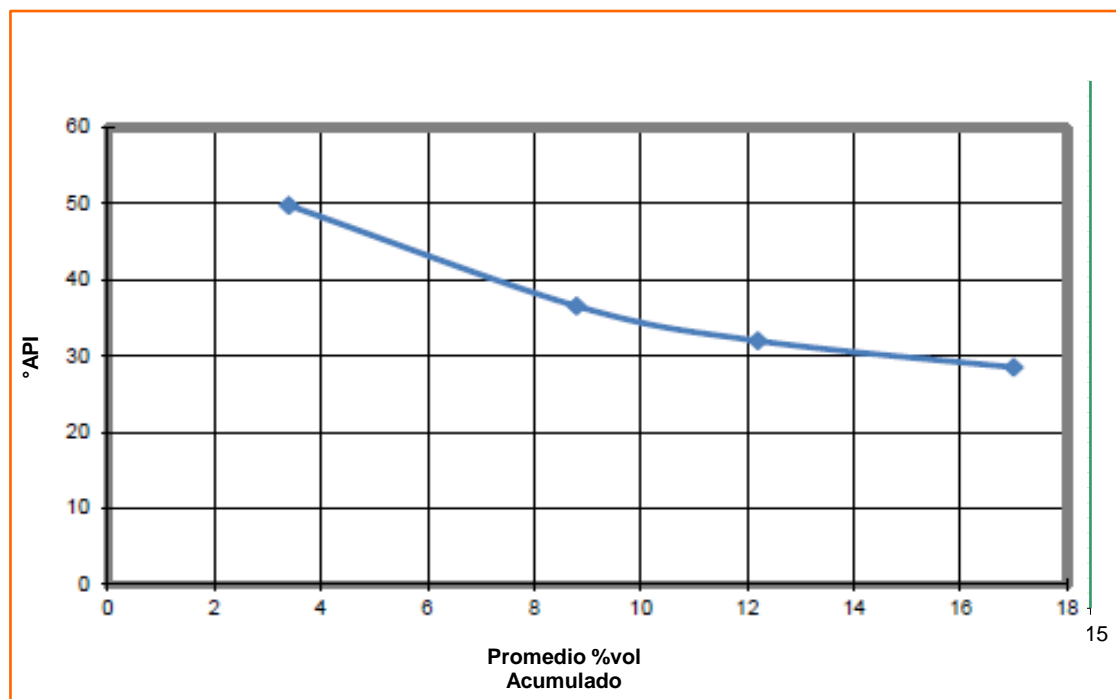
NA = No disponible/No Aplica

\* Nota 1: Se transcriben los resultados del reporte generado por SGS North America, Deer Park Laboratory ID:DP18-06819. Fecha : 8 de Junio de 2018.

### Curva TBP



### Curva °API



## Destilación ASTM D2892

Propiedades de los cortes

Tipo de Muestra: Aceite Crudo

ID de la Muestra: 3.02

| Propiedad                   | Método     | Resultado               | Min | Máx. |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-----|------|
| Fracción de Gas             | ASTM D2892 | Ver adjunto % (m/m)     | -   | -    |
| Fracción de Gas             | ASTM D2892 | Ver adjunto % (v/v)     | -   | -    |
| °API a 60°F                 | ASTM D5002 | 13,0 °API               | -   | -    |
| Densidad Relativa (60/60°F) | ASTM D5002 | 0,9793*                 | -   | -    |
| Densidad a 15°C             | ASTM D5002 | 978,7 kg/m <sup>3</sup> | -   | -    |

\*El resultado está fuera de los límites del método de y/o el rango analítico utilizado en el estudio de precisión del método.

Tipo de Muestra: Fracción de Destilado del Aceite Crudo.

Corte: IBP-392°F

| Propiedad                   | Método     | Resultado               | Min | Máx. |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-----|------|
| °API a 60°F                 | ASTM D4052 | 49,8 °API               | -   | -    |
| Densidad Relativa (60/60°F) | ASTM D4052 | 0,7806                  | -   | -    |
| Densidad a 15°C             | ASTM D4052 | 780,3 kg/m <sup>3</sup> | -   | -    |

Tipo de Muestra: Fracción de Destilado del Aceite Crudo.

Corte: 392-482°F

| Propiedad                   | Método     | Resultado               | Min | Máx. |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-----|------|
| °API a 60°F                 | ASTM D4052 | 36,6 °API               | -   | -    |
| Densidad Relativa (60/60°F) | ASTM D4052 | 0,8420                  | -   | -    |
| Densidad a 15°C             | ASTM D4052 | 841,6 kg/m <sup>3</sup> | -   | -    |

Tipo de Muestra: Fracción de Destilado del Aceite Crudo.

Corte: 482-527°F

| Propiedad                   | Método     | Resultado               | Min | Máx. |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-----|------|
| °API a 60°F                 | ASTM D4052 | 32,0 °API               | -   | -    |
| Densidad Relativa (60/60°F) | ASTM D4052 | 0,8655                  | -   | -    |
| Densidad a 15°C             | ASTM D4052 | 865,0 kg/m <sup>3</sup> | -   | -    |

Tipo de Muestra: Fracción de Destilado del Aceite Crudo.

Corte: 527-626°F

| Propiedad                   | Método     | Resultado               | Min | Máx. |
|-----------------------------|------------|-------------------------|-----|------|
| °API a 60°F                 | ASTM D4052 | 28,5 °API               | -   | -    |
| Densidad Relativa (60/60°F) | ASTM D4052 | 0,8843                  | -   | -    |
| Densidad a 15°C             | ASTM D4052 | 883,8 kg/m <sup>3</sup> | -   | -    |

Tipo de Muestra: Fracción de Destilado del Aceite Crudo.

Corte: 626+°F

| Propiedad                   | Método   | Resultado              | Min | Máx. |
|-----------------------------|----------|------------------------|-----|------|
| °API a 60°F                 | ASTM D70 | 7,7 °API               | -   | -    |
| Densidad Relativa (60/60°F) | ASTM D70 | 1,017                  | -   | -    |
| Densidad a 15°C             | ASTM D70 | 1016 kg/m <sup>3</sup> | -   | -    |

\* Nota 1: Se transcriben los resultados del reporte generado por SGS North America, Deer Park Laboratory ID:DP18-06819. Fecha : 8 de Junio de 2018.



### Base de Datos de Masa Molecular y Densidad

Utilizada para cálculos composicionales

| Component        |                        | Molecular Weight<br>g/mol | Density<br>g/cm <sup>3</sup> |
|------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|
| N <sub>2</sub>   | Nitrógeno              | 28                        | 0,8086                       |
| H <sub>2</sub> S | Dióxido de Carbono     | 34                        | 0,8006                       |
| CO <sub>2</sub>  | Sulfuro de Hidrógeno   | 44                        | 0,8172                       |
| C <sub>1</sub>   | Metano                 | 16                        | 0,2997                       |
| C <sub>2</sub>   | Etano                  | 30                        | 0,3562                       |
| C <sub>3</sub>   | Propano                | 44                        | 0,5070                       |
| iC <sub>4</sub>  | iso-Butano             | 58                        | 0,5629                       |
| nC <sub>4</sub>  | n-Butano               | 58                        | 0,5840                       |
| iC <sub>5</sub>  | iso-Pentano            | 72                        | 0,6244                       |
| nC <sub>5</sub>  | n-Pentano              | 72                        | 0,6311                       |
| C <sub>6</sub>   | Hexanos                | 84                        | 0,6850                       |
| C <sub>7</sub>   | Heptanos               | 96                        | 0,7220                       |
| C <sub>8</sub>   | Octanos                | 107                       | 0,7450                       |
| C <sub>9</sub>   | Nonanos                | 121                       | 0,7640                       |
| C <sub>10</sub>  | Decanos                | 134                       | 0,7780                       |
| C <sub>11</sub>  | Undecanos              | 147                       | 0,7890                       |
| C <sub>12</sub>  | Dodecanos              | 161                       | 0,8000                       |
| C <sub>13</sub>  | Tridecanos             | 175                       | 0,8110                       |
| C <sub>14</sub>  | Tetradecanos           | 190                       | 0,8220                       |
| C <sub>15</sub>  | Pentadecanos           | 206                       | 0,8320                       |
| C <sub>16</sub>  | Hexadecanos            | 222                       | 0,8390                       |
| C <sub>17</sub>  | Heptadecanos           | 237                       | 0,8470                       |
| C <sub>18</sub>  | Octadecanos            | 251                       | 0,8520                       |
| C <sub>19</sub>  | Nonadecanos            | 263                       | 0,8570                       |
| C <sub>20</sub>  | Eicosanos              | 275                       | 0,8620                       |
| C <sub>21</sub>  | Henicosanos            | 291                       | 0,8670                       |
| C <sub>22</sub>  | Docosanos              | 305                       | 0,8720                       |
| C <sub>23</sub>  | Tricosanos             | 318                       | 0,8770                       |
| C <sub>24</sub>  | Tetracosanos           | 331                       | 0,8810                       |
| C <sub>25</sub>  | Pentacosanos           | 345                       | 0,8850                       |
| C <sub>26</sub>  | Hexacosanos            | 359                       | 0,8890                       |
| C <sub>27</sub>  | Heptacosanos           | 374                       | 0,8930                       |
| C <sub>28</sub>  | Octacosanos            | 388                       | 0,8960                       |
| C <sub>29</sub>  | Nonacosanos            | 402                       | 0,8990                       |
| C <sub>30</sub>  | Triacantanos           | 416                       | 0,9020                       |
| C <sub>31</sub>  | Henitriacantanos       | 430                       | 0,9060                       |
| C <sub>32</sub>  | Dotriacantanos         | 444                       | 0,9090                       |
| C <sub>33</sub>  | Tritriacantanos        | 458                       | 0,9120                       |
| C <sub>34</sub>  | Tetratriacantanos      | 472                       | 0,9140                       |
| C <sub>35</sub>  | Pentatriacantanos      | 486                       | 0,9170                       |
| C <sub>36+</sub> | Hexatriacantanos y más | ---                       | ---                          |

### Listado de servicios realizados

| Item | Servicios PVT  | Cantidad | Pág.   |
|------|--|----------|--------|
| 1    | Standard de-watering of separator,wellhead, subsurface reservoir fluid samples by heat   | 4        | 4      |
| 2    | Quality control of liquid samples (separator liquid) by measuring the bubble point pressure at reservoir or separator temperature.   | 2        | 3      |
| 3    | Heat treatment of sample cylinders to working temperature prior to sample removal or transfer to avoid paraffin deposition and ensure representativity of sample.  | 2        | 4      |
| 4    | Whole reservoir fluid composition by flash separation to atmospheric conditions and chromatographic analysis of gas to C11+ and liquid phase to C36+ also includes molecular weight and density measurements of liquid fraction. Applicable to bottom-hole, separator and wellhead samples, or as an additional quality check on recombined samples. | 2        | 5 a 10 |
| 5    | Pressure-volume relations ( constant-composition-expansion) of reservoir fluid at reservoir temperature, including saturation pressure determination, compressibility of oil above saturation pressure and two-phase volumes below saturation pressure.  | 1        | 11     |
| 6    | Viscosity of reservoir fluid at reservoir temperature and pressure stages from above reservoir pressure to atmospheric pressure.   | 2        | 11     |
| 7    | Single stage separator test at (one pressure and temperature stage to ST conditions) to determine gas/oil ratios (separator, stock tank and solution), formation volume factor, separator volume factor and stock tank oil gravity. Maximum pressure 1200 psig.  | 1        | 15     |
| 8    | Composition through C11+ of evolved gas from separator test to determine the effect of separator pressure and temperature on separator gas composition GPM, heating value and specific gravity.  | 2        | 16     |
| 9    | Composition through C36+ of residual stock tank liquid from separator test 9210-29   | 1        | 17     |

| Item | Servicios Viscosidad Aceite Residual, SARA HPLC y TBP   | Cantidad | Pág.    |
|------|---|----------|---------|
| 1    | Heat treatment of sample cylinders to working temperature prior to sample removal or transfer to avoid paraffin deposition and ensure representativity of sample. | 1        | 4       |
| 2    | Standard de-watering of separator,wellhead, subsurface reservoir fluid samples by heat.   | 1        | 4       |
| 3    | BS&W and Karl Fischer .   | 1        | 4       |
| 4    | Oil API Gravity / Density by Anton-Paar Stabinger ASTM D4072.   | 1        | 18 a 21 |
| 5    | STO Dynamic Viscosity at specified temperature by Anton-Paar Stabinger ASTM D7042*  | 1        | 18 a 20 |
| 6    | SARA-HPLC   | 1        | 21      |
| 7    | Destilación ASTM D2892 (TBP)  | 1        | 23 a 25 |