

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL**

**“ANALISIS P.V.T. PARA MUESTRAS DE GAS
Y CONDENSADO RETROGADO”**

TESIS DE GRADO
que para obtener el Título de
INGENIERO DE PETROLEOS

Presenta

Alejandro Silva López



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

GUAYAQUIL - ECUADOR

1974

*Declaro que: Hechos, ideas y doctrinas
expuestos en esta tesis de grado son
de mi exclusiva responsabilidad y que
el patrimonio intelectual de la misma
corresponde a la Escuela Superior Poli
técnica del Litoral.*

"Reglamento de Título y Tesis de la ES
POL".

ALEJANDRO SILVA LOPEZ



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior
Politécnica del Litoral

Al Ing. Galo Arévalo M.
"Por su valiosa colaboración
en la dirección de esta Tesis"

A todos mis profesores

A mis compañeros de
promoción



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

A MIS PADRES:

Sr. Severo Silva Donoso

Sra. Elvira López de Silva

*Por sus esfuerzos realizados para
el logro de mi formación profesional*

A MIS HERMANOS:

Enoe

Alfredo

Armando

Efrén

Aurelio

Mario

Magdalena

Germán

Ernesto

Francisco



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

RECONOCIMIENTO

El autor desea expresar sus sinceros agradecimientos a los Ingenieros: TIBURCIO MENDEZ, ELIAS CHAGOYA, CELESTINO PEREZ R., ASI COMO A todos los profesionales quienes integran el Departamento de Ingeniería de Yacimientos del Instituto Mexicano del Petróleo, por su valiosa y desinteresada enseñanza.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

"ANALISIS P.V.T. PARA MUESTRAS DE GAS
Y CONDENSADO RETROGRADO"

AUTOR

DIRECTOR DE TESIS

ALEJANDRO SILVA LOPEZ

ING. GALO AREVALO M.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CONTENIDO

Pág.

CAPITULO 1

YACIMIENTOS DE GAS Y CONDENSADO

1.1. Generalidades	3
1.2. Clasificación de los Yacimientos de Gas y Condensado	4
1.2.a. Yacimientos de Gas Húmedo	5
1.2.b. Yacimientos de Gas Retrógrado	7
1.2.c. Yacimientos de Gas Seco	8

CAPITULO 2

OBTENCION DE LA MUESTRA

2.1. Generalidades	9
2.2. Acondicionamiento del pozo	10
2.3. Muestreo de Fondo	11
2.4. Muestreo en Separadores superficiales	12
2.5. Método de corriente dividida	13

CAPITULO 3

CALIBRACION DEL EQUIPO

3.1. Descripción del Equipo	17
3.2. Corrección del volumen de Mercurio	20
3.3. Calibración de la Celda de Tres Ventanas	24
3.3.a. Determinación de la capacidad de la celda a la presión de calibración y temperatura ambiente	24



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

	Pág.
3.3.b. Determinación de los cambios de Volumen de la celda con los cambios de presión y temperatura.	26
3.3.c. Relación entre los volúmenes dentro de la celda y las lecturas efectuadas con el catetómetro.	29
3.3.d. Corrección por Menisco	31

CAPITULO 4

RECOMBINACION DE LA MUESTRA

4.1. Corrección de la Relación Gas-Aceite	33
4.2. Determinación del volumen del líquido por traspasor.	35
4.3. Traspaso del líquido del separador a la celda de recombinado.	37
4.4. Cálculo del volumen de gas por traspasor.	40
4.5. Traspaso del Gas a la celda de recombinado.	
4.6. Traspaso del Recombinado a la celda P.V.T.	



BIBLIOTECA
ESPOL

CAPITULO 5

ANALISIS P.V.T.

5.1. Expansión térmica de la Muestra	47
--------------------------------------	----

	Pág.
5.2. Determinación de la Presión de Punto de Rocío.	48
5.3. Separación Instantánea	49
5.4. Separación Diferencial	50

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

6.1. Cálculo del volumen de la Muestra a Presión de traspaso y temperatura de Yacimiento.	53
6.2. Cálculo del Coeficiente de Expansión Térmica.	55
6.3. Cálculo de la variación del volumen de la muestra con los cambios de presión manteniendo la temperatura constante.	55
6.4. Cálculo del volumen relativo	58
6.5. Cálculo del Condensado Retrógrado	58
6.6. Cálculo del Factor de desviación del Gas	59
6.7. Cálculo del Factor del Volumen del Gas	
6.8. Cálculo de la Densidad relativa del Gas	

CAPITULO 7

PROGRAMA DE CALCULO

7.1. Datos	63
7.2. Programa	66
7.3. Resultados	74



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

	Pág.
<i>Lista de Tablas</i>	76
<i>Lista de Figuras</i>	82
<i>Conclusiones</i>	95
<i>Recomendaciones</i>	96



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

RESUMEN

En este trabajo se presenta las características generales de los yacimientos de gas y condensado, los métodos usuales en la obtención de muestras de fluidos, la recombinación de la muestra en el laboratorio. Se presenta además el procedimiento de la calibración de la celda de tres ventanas previo al análisis Presión-Volumen-Temperatura (P.V.T.) de una muestra de gas producida por un pozo.

El análisis se efectuó utilizando muestras de gas y líquido tomados en el separador y recombinada de acuerdo con la relación gas-líquido medido en el momento del muestreo.

Los datos obtenidos durante el análisis fueron procesados mediante un programa Fortran determinándose los siguientes parámetros: Volumen relativo de los fluidos con respecto al volumen a la presión de rocío, la condensación retrógrada durante el agotamiento, la producción acumulada de gas, los factores de desviación y de volumen de gas así como su densidad relativa durante el agotamiento.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

I N T R O D U C C I O N

El movimiento de los hidrocarburos desde los ya cimientos que los contienen hasta la superficie donde son producidos están sujetos a cambios significativos en la temperatura y presión, dando como resultado variaciones considerables en el volumen y en las propiedades de los mismos.

Predecir el comportamiento de tales yacimientos es una tarea frecuente en la ingeniería de petróleos y su estudio depende de datos medidos en el laboratorio sobre muestra representativa, tomados en los yacimientos.

El presente trabajo muestra la técnica de laboratorio empleada para efectuar un análisis Presión-Volumen-Temperatura sobre muestra tomada en yacimiento de gas y condensado con el objeto de obtener datos que más tarde puedan emplearse en la predicción de su comportamiento.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CAPITULO 1

YACIMIENTOS DE GAS Y CONDENSADO

1.1. GENERALIDADES

Algunos yacimientos de gas producen, junto con grandes volúmenes de gas, un líquido ligeramente coloreado al cual se lo conoce como destilado debido a su parecido con los productos obtenidos en las refinerías por destilación de los componentes volátiles del aceite crudo; también se lo conoce como condensado, por el hecho de que se condensa del gas producido por los pozos, en los separadores de campo. Por esta razón, todos los yacimientos de los cuales es posible obtener condensado se los denomina yacimiento de gas y condensado.

El condensado, es un líquido generalmente de color claro, se evapora fácilmente en comparación con el aceite crudo y su densidad relativa al agua varía entre 0.7 y 0.8 (45°API). La relación gas-líquido varía en el rango (de 5000 a 100.000 PCN/BN), por lo que a estos yacimientos es mejor clasificarlos de acuerdo a su posición en el diagrama de fases.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

1.2. CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE GAS Y CONDENSADO

Los yacimientos de gas y condensado pueden clasificarse según su posición en el diagrama de fases en⁽¹⁾:

- a) Húmedo.
- b) Retrógrado.
- c) Seco.

Cada uno de estos tipos de yacimientos de gas y condensado pueden explicarse con ayuda de un diagrama de fases el cual se puede obtener a partir de datos de laboratorio. En el diagrama de fases de la figura N° 1 puede observarse tres regiones: una en que las condiciones de presión y temperatura del yacimiento son tales, que solo fase gaseosa puede existir; otra en que se presenta fase gaseosa y fase líquida en equilibrio, limitada a la derecha por la línea de puntos de rocío y a la izquierda por la línea de puntos de burbujeo las cuales se unen en el punto crítico; por último una región donde solo puede existir fase líquida.



Punto Crítico.- Es el estado de un sistema en el cual las propiedades intensivas de las fases líquida y vapor son las mismas.

Propiedades Intensivas.- Son aquellas que no dependen de la cantidad de materia. Ejemplo la densidad, la viscosidad, etc.

Punto de Burbujeo.- Es el estado en el cual el sistema se encuentra en fase líquida con excepción de una cantidad infinitesimal de fase gaseosa en equilibrio.

Punto de rocío.- Es el estado en el cual el sistema se encuentra en fase gaseosa, con excepción de una cantidad infinitesimal de fase líquida en equilibrio.

Las curvas dentro de la región de dos fases (líquido + gas), indican el porcentaje del líquido en el volumen total a cualquier temperatura y presión dada.

1.2.a. Yacimientos de Gas Húmedo

En los Yacimientos de gas y condensado del tipo húmedo, los hidrocarburos dentro del yacimiento permanecen en fase gaseosa durante toda la vida productiva del mismo (línea H-H1 figura N° 1); la formación de condensado se produce al reducir la presión y temperatura desde las condiciones iniciales hasta las condiciones de los separadores (línea H-B2), durante el proceso de producción.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Puede ocurrir que la cantidad de líquido recuperable sea tan pequeña que no justifique una estación de separación, instalándose en su lugar trampas de goteo en las líneas de flujo las cuales se purgan periódicamente; en otros casos, los hidrocarburos licuables son tan abundantes que justifican incluso la construcción de plantas de extracción.

Conforme estos yacimientos son explotados la presión dentro de ellos disminuye a un ritmo que depende del ritmo de producción y de la capacidad productiva del yacimiento, sin embargo, es de hacer notar que la cantidad de condensado recuperable en superficie por unidad de volumen de gas producido permanece constante durante la vida del yacimiento.

El comportamiento de estos yacimientos durante el proceso de producción, puede simularse en el laboratorio en una celda PVT mediante una separación diferencial durante la cual se observará que los fluidos a las condiciones de yacimiento permanecen en estado gaseoso por el tiempo que dura la separación, sin que exista condensación dentro de la celda; además, la cantidad de condensado recuperado al enfriar el gas sacado de la celda a la temperatu-



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ra atmosférica, permanece constante por unidad de volumen de gas extraído de la celda.

1.2.b. Yacimientos de Gas Retrógrado

En los Yacimientos de este tipo de hidrocarburos permanecen en fase gaseosa dentro del yacimiento durante el principio de su vida productiva (línea C-C1) hasta que la presión disminuye dentro del mismo a un valor igual a la presión de rocío de la mezcla de hidrocarburos punto C1, en el cual empieza a formarse líquido en el yacimiento por condensación de gas por lo que se tiene dos fases dentro de él.

En estos yacimientos, como en el caso anterior, una fase líquida es recuperada al pasar el gas producido por los pozos a los separadores de campo. También en estos yacimientos la presión declina a medida que son explotados; sin embargo, la diferencia con el tipo húmedo es que la cantidad de condensado, recuperado en superficie por u nidad de volumen de gas producido, declina a medida que declina la presión del yacimiento. Esto se debe a que al disminuir la presión se produce una condensación retrógra da en el yacimiento lo cual da origen a la formación de



una fase líquida inmóvil, que no puede ser producida en superficie. Estas pérdidas del licuable llegan a ser de gran magnitud y por consiguiente de importancia económica.

Como en el tipo anterior, es posible simular en el laboratorio el comportamiento del yacimiento durante el proceso de producción, en donde se observará que a las condiciones iniciales de presión y temperatura en el yacimiento, los hidrocarburos se encuentran totalmente en estado gaseoso dentro de la celda de análisis P.V.T.; sin embargo, al extraer gas de ella, para simular el proceso de producción una fase líquida se condensa dentro de la celda. Además la cantidad de condensado obtenido al enfriar el gas de la celda disminuye por unidad de gas extraído.

1.2.c. Yacimientos de gas Seco⁽²⁾

Se caracterizan porque tanto a condiciones de yacimiento como a condiciones de superficie la mezcla de hidrocarburo se encuentra en estado gaseoso. En algunos casos, los yacimientos de gas seco pueden producir una mínima cantidad de líquido, pero en muy bajas cantidades, menos de 10 BN/MMPCN, o sea razones gas petróleo mayores de 100.000 PCN/BN.



yaci-
BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CAPITULO 2

OBTENCION DE LA MUESTRA

2.1. GENERALIDADES

El objetivo del muestreo es obtener una muestra del fluido original del yacimiento para el estudio de las propiedades físicas y químicas del mismo. Al obtener muestra es necesario tener en cuenta que tan representativo del fluido del yacimiento es el fluido de la tubería de producción; esto es importante ya que todos los métodos de muestreo hacen uso directa o indirectamente del fluido de la tubería de producción. Tres razones para que los Hidrocarburos fluyendo en la tubería de producción no sean representativos del fluido del yacimiento son⁽³⁾:

a) Porque la completación del pozo puede resultar en la producción simultánea desde dos o más zonas diferentes.

b) Cuando existe aceite y gas en el yacimiento la relación gas-aceite producido es diferente a la relación gas-aceite existente en el yacimiento por lo que la composición del fluido es diferente de la composición del fluido en el yacimiento.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

c) El tercer factor está relacionado con la toma de muestra en si. En este punto tiene papel importante el ingeniero encargado de la obtención de la muestra.

2.2. ACONDICIONAMIENTO DEL POZO⁽⁴⁾

El pozo debe ser seleccionado y acondicionado antes de que algún método determinado sea aplicado. El ingeniero debe seleccionar un pozo que tenga alta productividad, presión lo más cercana posible a la presión original, debe ser lo más nuevo posible con el objeto de minimizar la saturación de gas libre, y no debe producir agua. Si solamente está disponible un pozo y este produce agua debe tenerse cuidado en escoger adecuadamente el nivel a muestrear.

Es necesario correr una serie de pruebas para determinar la presión de fondo fluyente a varias tasas de producción lo cual sirve para seleccionar el pozo que tenga mayor presión a una tasa de flujo estabilizada. La tasa de producción debe estar disponible.



BIBLIOTECA
ESPOL

El pozo seleccionado debe tener producción con una relación gas-aceite estabilizada. Si un pozo presenta un

rápido crecimiento en la relación gas-aceite, la saturación de gas probablemente no sea la adecuada para permitir la toma de una muestra representativa.

Una vez que el pozo ha sido seleccionado y todas las pruebas necesarias llevadas a cabo, debe ser apropiadamente preparado. El tiempo necesario para preparación depende de la historia de producción y del índice de productividad. Se debe hacer fluir el pozo de tal manera que se tenga una relación gas-aceite estabilizada, el tiempo necesario para ello depende de la saturación de gas libre al momento de la preparación, el pozo entonces se cierra para permitir que la presión alrededor de la boca del pozo alcance la presión estática del yacimiento. De esta manera se asegura que el fluido que entra en el pozo sea representativo del fluido del yacimiento.

2.3. MUESTREO DE FONDO⁽⁵⁾

Consiste en bajar un dispositivo comúnmente llamado muestrero hasta la profundidad preseleccionada y tomar una muestra de fluido a presión de fondo. El muestrero es sacado luego a superficie y la muestra traspasada a la botella portamuestra; es necesario antes del traspaso deter



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

minar si el mecanismo que acciona el muestrero a profundi
dad funcionó adecuadamente y si no existen fugas.

Es necesario identificar parcialmente el material ob
tenido en el campo para lo cual es conveniente:

1. Determinar la presión existente cuando la muestra es -
recibida en superficie.
2. Determinar la compresibilidad del material dentro del
muestrero.

Es preciso obtener más de una muestra para de esta ma
nera poder chequear si la primera muestra fue bien toma-
da.

2.4. MUESTREO EN SEPARADORES SUPERFICIALES

Por este método se obtienen muestras de gas y líquido
que están siendo producidos en los separadores de campo.
Para obtener muestra confiables, primero debe calibrarse
perfectamente el separador que se usará, así como el equi-
po de medición de gas.

Una vez seleccionado el pozo se le pone a fluir a un
ritmo bajo para la mejor medición de los productos super



ficiales por un tiempo suficiente para estabilizar la relación gas-líquido producido. Es conveniente tener la relación gas-líquido comprobada por lo menos a tres tiempos diferentes, de tal manera de estar seguro de obtener la relación gas-líquido con la estabilidad deseada. Cuando se ha estabilizado, el pozo está listo para el muestreo.

Aunque los separadores de campo rara vez permiten seleccionar los puntos de muestreo, generalmente existe una válvula para muestreo de gas cerca del medidor de gas y una válvula para muestreo de líquido cerca de la válvula de descarga del líquido al tanque de almacenamiento.

El gas y el líquido son obtenidos del mismo separador a las mismas condiciones del flujo. Una gran cantidad de gas del separador debe ser obtenida debido a su alta compresibilidad comparada con la del líquido.

La manera de obtener la muestra varía de una compañía a otra; pero siempre se debe tener un estricto control sobre la presión para mantener las condiciones del separador estabilizado.

Los siguientes datos deben ser obtenidos durante el



BIBLIOTECA FICTICIA
CON
ESPOL

muestreo:

1. Temperatura y presión del separador.
2. Temperatura y presión del tanque.
3. Gravedad específica del aceite.
4. Relación gas-aceite.
5. Gravedad del gas del separador.
6. Presión y temperatura de fondo fluyente.
7. Presión estática.

Con estos datos es posible tener un análisis del flujo que entra en el separador recombinao adecuadamente el líquido y el gas.

2.5. METODO DE CORRIENTE DIVIDIDO⁽⁶⁾

El tercer método de muestreo es el de corriente divi-
dida. Este método es principalmente usado en pozos de
densado de gas. Las mismas precauciones y procedimientos
 que se usan para la selección y preparación del pozo en los
 métodos anteriores son usados.

En resumen a los datos medidos para muestra recombina



BIBLIOTECA
 ESPOL

da es necesario añadir la temperatura y presión de la corriente de flujo en el punto en el cual se toma la muestra.

En el muestreo de corriente dividida, un tubo de diámetro pequeño es introducido en la mitad de la corriente de flujo. Parte de flujo es desviada a través de este tubo a un separador auxiliar o a una botella de muestreo. - En muchos casos esta muestra se obtiene por la introducción del tubo en la tubería de producción a ocho o diez pies bajo las conexiones superficiales del pozo. Este método es rápido y si se usa con un separador pequeño y de temperatura controlada permitirá un análisis de los fluidos del yacimiento en el campo.

El tubo de muestreo puede ser conectado directamente a la botella portamuestra. La muestra así tomada es comparable a una muestra de fondo de pozo tomado bajo condiciones fluyentes.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

Cualquier variación en la relación gas-líquido son generalmente promediados durante el período de muestreo.

Este método pierde exactitud con fluidos que contie-

nen gran cantidad de líquido, ya que muchos de los líquidos se concentran a lo largo de la pared del tubo originando la fricción y el tubo de muestra colocado en la mi tad de la tubería colecta mayor cantidad de gas que la que, en realidad existe.

Una vez que la muestra ha sido tomada se envía al la boratorio para un análisis completo.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CAPITULO 3

CALIBRACION DEL EQUIPO

3.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo usado para el análisis P.V.T. de muestras de gas y condensado consiste de los siguientes elementos: (Figura N°2).

- 1) Celda de tres ventanas,
- 2) Bomba de desplazamiento de mercurio,
- 3) Volumen de mercurio necesario para llenar la celda,
- 4) Bomba de vacío,
- 5) Sistema de muestreo de gas,
- 6) Equipo de calentamiento; y
- 7) Botellas de alta presión.

Celda de tres ventanas.- La celda consiste básicamente de un cilindro hueco de acero inoxidable, de aproximadamente 360 c.c. de capacidad provista de tres ventanas de vidrio para observar lo que ocurre dentro de ella, y está diseñada para soportar cambios fuertes en la presión y temperatura; además tiene dos válvulas en sus extremos, el control de la temperatura se logra forrando



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

la celda con una camisa de calentamiento (5) la cual es una resistencia acondicionada en forma de manto capaz de alcanzar 200°C . La temperatura se controla electrónicamente y se la selecciona desde un panel central. La camisa de calentamiento es capaz de mantener la temperatura de la celda en un rango de variación de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de la temperatura deseada.

La determinación de la presión de rocío se hace mediante la observación con el catetómetro de la primera gota de líquido que se condensa; y la medición de los volúmenes de líquido bajo la presión de rocío se la efectúa mediante la determinación de los niveles de interfase con el catetómetro.

Bomba de desplazamiento de mercurio.- Esta bomba tiene dos funciones principales: Medir los cambios de presión dentro de la celda de análisis, debido a la inyección o extracción de mercurio y la medición de los volúmenes inyectados o extraídos de la celda.



BIBLIOTECA
ESPOL

La bomba consiste de un cilindro hueco de acero inoxidable dentro del cual se desliza un émbolo para desplazar el mercurio; consta además de un depósito para llenar

la, de un manómetro, de una regla y de un vernier para tomar lectura de los volúmenes inyectados o extraídos de la celda y de dos válvulas, la una de entrada que se denomina válvula de depósito de mercurio y otra de salida que se denomina válvula de la bomba.

Bomba de Vacío.- Aparato usado para evacuar el aire que existe en el sistema. Con esto se logra una mayor exactitud en el análisis.

Sistema de muestreo de Gas.- Este sistema está conectado a la válvula superior de la celda y se compone de líneas de acero y cuatro válvulas; tres simples y una de tres pasos, balones de vidrio para muestrear gas, manómetro diferencial de mercurio y un gasómetro.

Botellas de alta presión.- Son recipientes de forma cilíndrica de acero inoxidable, capaces de soportar grandes presiones, alrededor de 700 kg/cm^2 y temperaturas mayores de 100°C . Una botella tiene dos válvulas en sus extremos. Hay de diversos tipos, de acuerdo a la presión que soportan. En la práctica es preferible el uso de botellas desarmables, ya que pueden ser lavadas perfectamente evitando que residuos queden dentro del recipiente.



Mercurio.- Es el líquido que se utiliza tanto en la bomba de desplazamiento como en la celda. Se lo prefiere ya que no se combina con la muestra de aceite, y su comportamiento con los cambios de presión y temperatura ha sido bien estudiado.

3.2. CORRECCION DEL VOLUMEN DE MERCURIO⁽⁷⁾

Como todos los volúmenes son calculados en función de los volúmenes de mercurio medidos en la bomba, es necesario hacer una corrección de la masa de mercurio y así llevarla a las condiciones de presión y temperatura deseados existentes en la celda de prueba.

Supóngase que la masa de mercurio dada, ocupa el volumen (V_1) medido en la bomba a la presión de calibración (P_c) y temperatura ambiente (T_a), y se desea conocer el volumen (V_2) que ocupa la misma masa de mercurio en las condiciones de presión (P) y temperatura (T) dentro de la celda de análisis P.V.T.



BIBLIOTECA NAC.
ESPOL

Las correcciones del volumen de mercurio se harán por pasos: primero se calculará el aumento de volumen que sufre el mercurio al pasar, de la presión de calibración -

(P_c) a la presión atmosférica (P_a), después se determinará el aumento de volumen al cambiar la temperatura de (T_a) a (T) y finalmente se cuantificará la disminución del volumen de mercurio al comprimirse de (P_a) a (P).

Esto se hace debido a que la compresibilidad del mercurio se conoce para cualquier temperatura dada, y que la expansión térmica del mismo está perfectamente estudiada a la presión atmosférica.

En la figura N° 3 se muestran en forma esquemática los tres pasos que se siguen para la corrección del volumen de mercurio.

1. Calcular la expansión que sufre el mercurio al llevarlo de la presión de calibración (P_c), a la presión atmosférica (P_a), a la temperatura ambiente (T_a) constante. Punto A a Punto A'. Figura N° 3. Esto se Logaa con la expresión:

$$V_1' = V_1 (1 + P_c C_{Hg} T_a)$$

2. Determinar la expansión del mercurio al ser llevado de la temperatura ambiente (T_a), a la temperatura de la celda (T), manteniendo la presión atmosférica (P_a) cons



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

tante. Punto A' a Punto B'. Esto se logra por medio de la expresión:

$$V'_2 = V'_1 \frac{\epsilon_T}{\epsilon_{Ta}} \quad (2)$$

donde ϵ_T/ϵ_{Ta} es el cociente de los volúmenes relativos del mercurio a las temperaturas (T) y (Ta) respectivamente. Se define como volumen relativo al cociente del volumen que ocupa cierta masa de mercurio a presión atmosférica (Pa) y una temperatura (T) cualquiera, entre el volumen que ocupa la misma masa de mercurio a la presión atmosférica y temperatura base (Tb).

La relación se obtiene de la siguiente manera:

$$\epsilon = \frac{V_T}{V_{Tb}} = 1 + \beta \Delta T$$

Por lo que:

$$\epsilon_T = 1 + \beta(T - T_b)$$

$$\epsilon_{Ta} = 1 + \beta(T_a - T_b)$$

Luego, dividiendo miembro a miembro las expresiones anteriores:



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

$$\frac{\epsilon T}{\epsilon T_a} = \frac{1 + \beta(T - T_b)}{1 + \beta(T_a - T_b)}$$

De la expresión anterior vemos que si $T > T_a$, el mercurio se expande, y que, si $T < T_a$ el mercurio se comprime.

Sustituyendo la expresión (1) en la (2):

Obtenemos:

$$V'_2 = V_1 (1 + P_c C_{Hg} T_a) \frac{\epsilon T}{\epsilon T_a} \quad (3)$$

3. Calcular la disminución del volumen que sufre el mercurio al pasar de la presión atmosférica (P_a) a la presión de la celda (P) a la temperatura de la celda (T) constante. Punto B' a Punto B. Para esto se usa la expresión:

$$V_2 = V'_2 (1 - P C_{Hg} T)$$

Sustituyendo (3) en (4):

Obtenemos:

$$V_2 = V_1 (1 + P_c C_{Hg} T_a) \frac{\epsilon T}{\epsilon T_a} (1 - P C_{Hg} T) \quad (5)$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

La expresión (5) nos indica la corrección a la que hay que someter el volumen de mercurio medido en la bomba, para conocer su nuevo volumen a las condiciones de la celda.

3.3. CALIBRACION DE LA CELDA DE TRES VENTANAS.

Se presenta a continuación el procedimiento de calibración de la celda de tres ventanas previo al análisis - de muestras de gas y condensado.

3.3.a. Determinación de la capacidad de la celda a la presión de calibración y temperatura ambiente.

Para determinar la capacidad de la celda a la presión de calibración y temperatura ambiente se procede de la siguiente manera:

1. Se llena con mercurio la línea entre la ~~BIBLIOTECA~~ y la celda a la presión de calibración.
2. Tomar lectura inicial en la bomba (Li).
3. Abrir la válvula inferior de la celda y empezar a inyectar mercurio. Cuando la bomba está próxima a vacear se, cerrar la válvula de la bomba.



BIBLIOTECA
ESPOL

4. Tomar lectura final de la primera etapa.
5. Cargar nuevamente la bomba con mercurio.
6. Seguir inyectando mercurio a la celda hasta llenarla - siguiendo los mismos pasos de la etapa anterior.
7. Cuando la celda esté llena elevar la presión a la presión de calibración.
8. Tomar lectura final en la bomba.

La capacidad de la celda a P_c y T_a será:

$$V_{c P_c T_a} = \delta_{cb} \sum V_{Hg i P_c T_a}$$

donde:

$V_{c P_c T_a}$ = capacidad de la celda a la presión de calibración y temperatura ambiente.

δ_{cb} = factor de calibración de la bomba



**BIBLIOTECA ECT-
ESPOL**

$V_{Hg i P_c T_a}$ = volumen de mercurio inyectado en cada etapa a la presión de calibración y temperatura ambiente.

Los datos y resultados de esta calibración se presentan en la Tabla N^o 1.

3.3.b. Determinación de los cambios de volumen de la cel
da con los cambios de presión y temperatura.

1. Llevar la celda a P_c y T_a .
2. Tomar lectura en la bomba.
3. Hacer el primer decremento de presión en la celda (ge
neralmente los decrementos se hacen de 50 en 50 Kg/cm^2).
4. Tomar lectura en la bomba.
5. Continuar haciendo decrementos de presión, tomando lec
tura en la bomba hasta llegar a la presión cero.
6. Con la válvula de la celda abierta calentar la celda -
hasta una temperatura T_1 , extrayendo mercurio de la cel
da a medida que se expande por calentamiento.
7. Cuando se ha alcanzado el equilibrio térmico a ~~ajustar~~ la
celda a la presión de calibración y tomar lectura ~~en~~ la
bomba.
8. Decrementar la presión en la celda, haciendo las mismas
estaciones que cuando se calibra a temperatura ambiente,
tomando lectura en la bomba, hasta alcanzar la presión
cero.
9. Se repiten los pasos del 6 al 8 con otras temperaturas.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Con los datos obtenidos se calculan los factores de calibración de la celda por presión y temperatura de la siguiente manera: Tabla N° 2, 3.

1. Temperatura en la celda.
2. Presión en la celda.
3. Lectura tomada en la bomba.
4. Lectura base a P_c y T_a menos lectura a P .
5. Diferencias de lecturas por el factor de calibración - de la bomba ($f_{cb} \times (4)$).
6. Corrección del volumen de mercurio a las condiciones - de celda.

$$(5) (1 + P_c C_{Hg} T_a) \frac{\epsilon T}{\epsilon T_a} (1 - P C_{Hg} T)$$

7. Expansión del mercurio original en la celda, debido a los cambios de presión y temperatura.

$$V_c P_c T_a \left[(1 + P_c C_{Hg} T_a) \frac{\epsilon T}{\epsilon T_a} (1 - P C_{Hg} T) - 1 \right]$$

8. Cambio en el volumen de la celda referido al volumen a P_c y T_a .

$$(7) - (6)$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

9. Contracción de la celda a una temperatura dada.

$$\frac{(8)}{P_c - P}$$

Se sacan los promedios de la contracción de la celda para cada temperatura y se grafica contra temperatura, obteniéndose la grafica del factor de calibración de la celda por presión (F_p). Gráfica N° 4.

Las unidades son:

$$F_p = \frac{cc}{Kg/cm^2}$$

El factor de calibración por temperatura F_t se calcula de la manera siguiente:

Con los datos del paso (8), se calcula la expansión de la celda por grado de temperatura para cada presión constante por medio de la expresión:

$$\text{Expansión Celda} = \frac{\text{cambio de volumen en la celda a } T - \text{Cambio de volumen de la celda a } T_a}{T - T_a}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Todos los valores de la expansión de la celda por grado de temperatura, se promedian encontrándose el factor de calibración por temperatura de la celda F_t .

Sus unidades son:

$$F_t = \text{cc}/^{\circ}\text{C}$$

Los cambios de volumen de celda con temperatura se presenta en la Tabla 3.

3.3.c. Relación entre los volúmenes dentro de la celda y las lecturas efectuadas con el catetómetro.

Esta calibración se efectúa a varias temperaturas y presión atmosférica de la manera siguiente:

1. Estabilizar la celda a la temperatura seleccionada.
2. Tomar temperatura de mercurio en la celda.
3. Introducir mercurio en la celda hasta que alcance la base de la ventana superior.
4. Tomar la lectura del menisco en el catetómetro.
5. Tomar lectura en la bomba.
6. Introducir a la celda aproximadamente 5 cc de mercurio.
7. Determinar con el catetómetro la nueva altura del menisco.



8. Efectuar lectura en la bomba.
9. Se repiten los pasos del 6 al 8 hasta que el menisco - alcance la parte más alta de la ventana superior.
10. Se repite el proceso anterior a otras temperaturas.

El volumen de mercurio introducido a la celda en cada etapa, se corrige por presión y temperatura, de las condiciones a que fue medido en la bomba a las condiciones de la celda.

Como en catetómetro está graduado decimalmente, se obtiene la relación que existe entre la diferencia de lectura del catetómetro y los volúmenes de mercurio medidos en la bomba corregido a las condiciones de celda, según la expresión:

$$\frac{\text{cc}}{\text{división}} = \frac{(L_f - L_i) \delta_{cb} (1 + P_c C_{Hg} T_a) \frac{ET}{ET_a}}{l_f - l_i}$$

L = Lectura de bomba.

l = Lectura de catetómetro.

El promedio de los resultados obtenidos con la expresión anterior es el factor de corrección por catetómetro - F_{cat} para la temperatura.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

3.3.d. Corrección por menisco

Debido a que los meniscos de mercurio y de condensado dentro de la celda de análisis P.V.T. tienen diferentes sentidos de curvatura, pues el de mercurio es convexo y el de condensado cóncavo; y como las lecturas con el catetómetro se hacen tomando como referencia la parte más baja a más alta de dichos meniscos, los volúmenes obtenidos al multiplicar las diferencias de lecturas en el catetómetro por el factor de calibración del mismo (F_{cat}), serán volúmenes aparentes y no volúmenes reales, por lo que deben corregirse dichos volúmenes por menisco.

La corrección se hace por medio de una gráfica de volúmenes aparente -vs- volúmenes reales la cual se obtiene como sigue:

Por la parte superior de la celda se introducen volúmenes líquidos cuidadosamente medidos con una pipeta de pequeño volumen, tomando cada vez lectura del nivel del líquido con el catetómetro.

El líquido que se emplea es isooctano por su gran similitud con el condensado.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Se obtiene el volumen aparente para cada incremento - de lectura en el catetómetro por medio de la expresión:

$$V_{\text{aparente}} = \Delta L \times F_{\text{cat}}$$

que se grafica -vs- el volumen real medido en la pipeta.

Fig. 6.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CAPITULO 4

RECOMBINACION DE LA MUESTRA

INTRODUCCION

La recombinación de gas y líquido en el laboratorio de las muestras tomadas en el campo, es un trabajo que requiere una técnica especializada; ya que la exactitud con que se efectúa el recombinado influirá en el resultado de las pruebas.

4.1. CORRECCION DE LA RELACION GAS-ACEITE.

Es necesario corregir la relación gas-aceite, porque, las condiciones a que se hicieron las mediciones de gas y aceite en el campo no son las mismas a las que se preparará el recombinado en el laboratorio.

La corrección se hace de la siguiente manera:

Los datos del muestreo reportan una relación gas
te.

$$RGA = \frac{m^3 \text{ de gas a } 14.7 \text{ Psia y } 60^\circ F}{m^3 \text{ de aceite a } 14.7 \text{ psia y } 60^\circ F}$$

y un factor de evaporación de:



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$F_{evp} = \frac{m^3 \text{ de aceite a } 14.7 \text{ psia y } 60^\circ\text{F}}{m^3 \text{ de aceite a presión de separación y } 60^\circ\text{F}}$$

De donde multiplicando la RGA reportada, por el factor de evaporación F_{evp} tendremos la RGA a la presión de separación y temperatura base.

$$RGAB = \frac{m^3 \text{ de gas a } 14.7 \text{ psia y } 60^\circ\text{F}}{m^3 \text{ de aceite a condiciones de separador}}$$

Como el traspaso del líquido se hará a una presión P_t y a una temperatura T_t es necesario corregir la RGAS a estas condiciones. Para esto, se utiliza el factor de corrección por presión (F_{cp}) y el factor de corrección por temperatura (F_{ct}).

$$F_{cp} = \frac{\rho_0 \text{ cond. Residual + corrección de } \rho_0 \text{ por presión de sep.}}{\rho_0 \text{ cond. Residual + corrección } \rho_0 \text{ por } P_t}$$

$$F_{ct} = \frac{\rho_0 \text{ a con. Residual + corrección } \rho_0 \text{ por } T. \text{ bas}}{\rho_0 \text{ a cond. Residual + corrección } \rho_0 \text{ por } T_t}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

La corrección de la densidad del aceite por presión y temperatura se efectúa mediante la gráfica de Standing.

Una vez encontrados los factores de corrección obtenemos la relación gas-aceite a condiciones de traspaso:

$$RGAC = \frac{m^3 \text{ de gas a } 14.7 \text{ psia y } 60^\circ F}{m^3 \text{ de aceite a } P_{sep} \text{ y } 60^\circ F} \times \frac{1}{F_{cp}} \times \frac{1}{F_{ct}}$$

4.2. DETERMINACION DEL VOLUMEN DEL LIQUIDO POR TRASPASAR.

La determinación del volumen del líquido por traspasar a la celda de recombinado, es función de la cantidad de muestra necesaria para efectuar las pruebas.

Supongamos que sea suficiente un volumen V_x de muestra recombinada a las condiciones de presión y temperatura P_x y T_x , respectivamente.

Calculamos que volumen ocupará ese recombinado a las condiciones bases P_b y T_b por medio de la ecuación de estado gaseoso.

$$\frac{P_x V_x}{T_x Z_x} = \frac{P_b V_b}{T_b Z_b}$$

de donde:



$$V_b = V_x \frac{P_x}{P_b} \frac{T_b}{T_x} \frac{Z_b}{Z_x}$$

donde:

V_b es el volumen de recombinedo a las condiciones bases.

Si el peso molecular promedio del condensado que se tiene en la botella porta-muestra es:

$$M. \text{ (gr/mol)}$$

1 cc. de condensado tendrá un volumen-equivalente gaseoso.

$$V_e = 1 \text{ (c.c.) liq.} \times 22400 \frac{\text{c.c.}}{\text{mol}} \times \frac{\text{gr.}}{\text{c.c.}} \times \frac{1}{M} \frac{\text{mol}}{\text{gr.}}$$

Es decir, 1 cc. de líquido de separador es equivalente a V_e cc. de gas medido a condiciones base.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

Siendo (X) el volumen de líquido del separador en la muestra recombineda, su volumen equivalente gaseoso será:

$$X V_e$$

Como se desea un volumen total V_b , el volumen de gas del separador en la muestra recombinada será:

$$V_b - X V_e$$

y la relación gas-aceite quedará:

$$RGAC = \frac{V_b - X V_e}{X}$$

$$X RGAC = V_b - X V_e$$

$$X(RGAC + V_e) = V_b$$

$$X = \frac{V_b}{RGAC + V_e}$$

Por lo que se traspasará (X) cc. de líquido del separador a la celda de recombinado a P_t y T_t .



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

4.3. TRASPASO DEL LIQUIDO DEL SEPARADOR A LA CELDA DE RECOMBINADO.

El equipo necesario para efectuar el traspaso consiste básicamente de una celda de recombinado y una bomba de

desplazamiento de mercurio.

La celda de recombinedo es un depósito cerrado de ace
ro inoxidable con dos válvulas en la parte superior, debi-
damente identificadas, una de ellas está conectada interior
mente a un tubo que llega al fondo de la misma y la otra
conectada a la botella porta-muestra; la cual a su vez es
tá conectada a la bomba de desplazamiento de mercurio.

La figura N^o 7 muestra en forma esquemática la dis-
tribución del equipo para efectuar el traspaso.

a) Preparación del equipo.-

1. Para eliminar residuos de muestras anteriores, se la
va la celda con solvente altamente volátil, se circu
la aire a presión y se hace vacío.
2. Cargar la bomba de desplazamiento a su máxima capaci
dad.
3. Conexión del equipo: la botella portamuestra **ESPOL** c
ta por su válvula inferior a la bomba de desplazamient
to y por su válvula superior a la celda de recombina-
do.



BIBLIOTECA FICT

ESPOL

b) Traspaso.-

1. Inyectando mercurio a la botella portamuestra, se eleva la presión de la misma hasta alcanzar la presión de traspaso (P_t).
2. Se lee la temperatura en el depósito de mercurio de la bomba, que será la temperatura de traspaso T_t .
3. Abrir lentamente la válvula superior de la botella, manteniendo la presión (P_t), para llenar la línea con líquido.
4. Tomar en la bomba la lectura inicial de traspaso (L_i)
5. Abrir la válvula de la celda iniciando el traspaso, manteniendo constante la presión (P_t) hasta que el volumen X de muestra ha sido traspasado a la celda.
6. Cerrar la válvula de la celda.
7. Tomar lectura final de bomba (L_f)
8. Cerrar todas las válvulas y desconectar el equipo.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El volumen de muestra pasado a la celda, es igual al volumen de mercurio inyectado a la botella, pero debido a

que el traspaso se hizo a una presión (P_t) y las lecturas de la bomba a la presión de calibración (P_c), el volumen de muestra traspasado será calculado en función de las lecturas de mercurio inyectado tomadas en la bomba, debe corregirse este volumen de mercurio por la compresibilidad que sufre al pasar de P_c a P_t . Por lo que, el volumen de mercurio a las condiciones de traspaso será igual al volumen de muestra traspasado:

$$X = (L_f - L_i) \left[1 + (P_t - P_c) C_{Hg} T_t \right] \delta_{cb}$$

donde:

L_f y L_i son lecturas final e inicial de traspaso.

P_t y P_c son las presiones de traspaso y calibración.

T_t temperatura de traspaso.

δ_{cb} factor de calibración de la bomba.

$C_{Hg} T_t$ compresibilidad del mercurio a T_t .

4.4. CALCULO DEL VOLUMEN DE GAS POR TRASPASAR.

El volumen de gas por traspasar será igual al volumen



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

de líquido traspasado por la relación gas-aceite corregida.
Es decir,

$$V_g = X \text{ RGAC}$$

medidos a condiciones bases.

Como el gas será medido la presión y temperatura de laboratorio (P_l) y (T_l), se corrige el volumen anterior con la ecuación general de estado gaseoso:

$$\frac{P_b V_g}{T_b Z_b} = \frac{P_l V_l}{T_l Z_l}$$

de donde:

$$V_l = V_g \frac{P_b}{P_l} \frac{T_l}{T_b} \frac{Z_l}{Z_b}$$

donde:

V_l es el volumen de gas medido a las condiciones de laboratorio que debe traspasar a la celda de recombinación.

4.5. TRASPASO DEL GAS A LA CELDA DE RECOMBINADO.

En la figura N° 8 se muestra esquemáticamente el equi-



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

po usado para efectuar el traspaso; la operación se lleva a cabo de la siguiente forma:

1. Preparación del equipo.-

- a) Para asegurar que la muestra se encuentra en fase gaseosa, se calienta la botella portamuestra que contiene el gas del separador.
- b) Conectar la botella al medidor, colocando entre ellos aparatos reguladores de presión y tubos desecadores para eliminar la humedad que pueda contener el gas.
- c) Para eliminar el aire que puede tener el medidor, se circula por él cierta cantidad de gas de la botella.
- d) Colocar la celda de recombinação que contiene líquido del separador dentro de un recipiente que contenga nitrógeno líquido.
- e) Conectar la celda al medidor colocando entre ellos un manómetro de tipo U cargado con agua.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

2. Traspaso.-

- a) Empleando los reguladores de presión, obtener a la

salida del medidor 50 cc. de columna de agua de presión en el manómetro en U, para asegurar el flujo de gas del medidor a la celda.

- b) Poner en cero el medidor de gas.
- c) Abrir la válvula de la celda iniciando el traspaso.
- d) Cuando se alcanza el volumen de gas calculado, se cierran todas las válvulas y se desconecta el equipo.

Con el paso anterior se da por terminado la operación de recombinación de la muestra.

4.6. TRASPASO DEL RECOMBINADO A LA CELDA P.V.T.

1. Preparación del equipo.

- a) Para eliminar residuos de muestras anteriores, lavar la celda PVT con un solvente, circular aire a presión, y hacer vacío.
- b) Llenar la celda con mercurio por la válvula inferior.
- c) Conectar la válvula superior de la botella que contiene la muestra recombinada a la válvula -



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

superior de la celda; y una bomba de desplazamiento de mercurio a la válvula inferior de la botella.

La distribución esquemática del equipo se muestra en la figura N° 9

2. Traspaso.-

- a) Elevar la presión dentro de la botella hasta la presión de traspaso P_t .
- b) Abrir la válvula superior de la botella para llenar con muestra la línea.
- c) Tomar lectura en la bomba. Esta será la lectura inicial de traspaso.
- d) Abrir la válvula superior de la celda.
- e) Admitir muestra a la celda, abriendo lentamente la válvula inferior, para desalojar el mercurio y permitir la entrada de la muestra manteniendo la presión de traspaso P_t .
- f) Al traspasar la cantidad programada, cerrar las



BIBLIOTECA
ESPOL

válvulas. Tomar la lectura final en la bomba y registrar la temperatura ambiente.

g) Desconectar el equipo.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

CAPITULO 5

ANALISIS P.V.T.

Para poder determinar el comportamiento de los hidrocarburos dentro de los yacimiento de gas y condensado y para poder simular la producción de los mismos en las instalaciones superficiales es necesario llevar a cabo un análisis P.V.T. sobre muestras representativas tomadas en el yacimiento. Este tipo de análisis comprende principalmente las siguientes pruebas

- a) Determinación de la presión de punto de rocío.
- b) Separación instantánea.
- c) Proceso diferencial.

La presión de punto de rocío de una mezcla de hidrocarburos se caracteriza porque a esa presión la mezcla se encuentra en estado gaseoso, excepto una cantidad infinitesimal de fase líquida en equilibrio con la fase gaseosa. Es decir, es la presión a la cual una mezcla de hidrocarburos en estado gaseoso comienza a condensar.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Una separación instantánea⁽⁸⁾ es aquella en que las cantidades de fase líquida y fase gaseosa pueden variarse por cambios en la presión y el volumen permaneciendo constan-

tes la masa total del sistema y la temperatura.

Una separación diferencial se caracteriza por un cambio constante en la masa total del sistema, como resultado de cambios en la presión debido a la extracción de cualquiera de las fases manteniendo el volumen y la temperatura constantes.

5.1: EXPANSIÓN TÉRMICA DE LA MUESTRA

Como el estudio de los fluidos se hará a temperatura de yacimiento que es mayor que la temperatura ambiente, debe determinarse el cambio de volumen que sufre la muestra al pasar de la temperatura de traspaso a la temperatura de yacimiento, manteniendo la presión constante. Esto se logra de la siguiente manera:

1. Medir la temperatura inicial de calentamiento celda.
2. Conectar la bomba de desplazamiento de mercurio válvula inferior de la celda.
3. Estabilizar la presión de traspaso (P_t).
4. Tomar lecturas iniciales de calentamiento en la bomba.
5. Calentar la celda hasta alcanzar la temperatura de ya-



**BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL**

cimiento, manteniendo constante la presión de traspaso por la extracción de mercurio de la celda.

6. Cuando se estabiliza la temperatura final del yacimiento o lo que es lo mismo la temperatura final de calentamiento en la celda se toma lectura en la bomba.

La diferencia de lecturas nos dará el volumen de mercurio extraído de la celda al cambiar las condiciones de temperatura a partir de la cual se calculará posteriormente la expansión térmica de la muestra de hidrocarburos (BETA).

5.2. DETERMINACION DE LA PRESION DE PUNTO DE ROCIO

La primera prueba que se efectua sobre la muestra a temperatura de yacimiento, es la determinación de la presión de punto de rocío. Esto se efectúa de la siguiente manera:

1. Elevar la presión en la celda hasta un valor mayor que la presión de yacimiento.
2. Hacer decrementos pequeños de presión haciendo vibrar la celda hasta que la muestra comienza a volverse turbia, lo que se puede observar con el catetómetro y es indicio de que la presión de rocío está cerca.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

3. Continuar disminuyendo la presión en la celda con decrementos cada vez más pequeños y cuando se observa en el menisco de mercurio un anillo de condensado, se ha alcanzado la presión del punto de rocío.
4. Anotar esta presión que es la de punto de rocío y tomar lectura de la bomba.

5.3. SEPARACIÓN INSTANTANEA

Como se explicó al principio de este capítulo mediante esta prueba se observará la variación del volumen de la muestra, con los cambios de presión manteniendo constante la masa total del sistema y la temperatura de yacimiento. La operación se lleva a cabo como sigue:

1. Se programan presiones a las cuales se harán medidas de volúmenes.
2. Comenzando con la presión mayor que la presión de yacimiento hacer el primer decremento de presión y efectuar la lectura correspondiente en la bomba.
3. Continuar haciendo los decrementos de presión programados tomando lecturas en la bomba, hasta donde el volumen de la celda lo permita.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Los datos obtenidos durante este proceso aparecen en la tabla N° 5.

5.4. SEPARACION DIFERENCIAL

Mediante esta separación se simulará la producción de gas del yacimiento, extrayendo gas de la celda a diferentes presiones. El trabajo se efectúa de la siguiente forma:

1. Elegir presiones a las cuales se hará extracción de gas de la celda.
2. Comenzando con una presión mayor que la presión del punto de rocío disminuir el valor de la presión hasta alcanzar la presión de rocío. Tomar lecturas de bomba - que será la lectura de referencia.
3. Colocar frente a la ventana un catetómetro.
4. Obtener el nivel de mercurio que será el nivel de referencia.
5. Disminuir la presión hasta la primera etapa de extracción programada, extrayendo mercurio de la celda.
6. Dejar estabilizar la celda hasta alcanzar el equilibrio de las fases.



7. Tomar lectura de la bomba.
8. Abrir muy poco la válvula superior de la celda empezando a extraer gas, manteniendo la presión por inyección de mercurio con la bomba. Parte del gas es recogido - en balones de cristal de volumen conocido que son usados para la determinación de la densidad del gas que posteriormente son enviados al laboratorio para análisis composicional.
9. Cuando se alcanza el nivel de referencia del mercurio cerrar la válvula superior de la celda.
10. Tomar lectura en la bomba; esta debe ser igual a la lectura a la presión de punto de rocío. (Lectura de referencia).
11. Tomar lecturas con el catetómetro del nivel de mercurio y del nivel de condensado formado dentro de la celda, para determinar el volumen de condensado.
12. Repetir los pasos desde el 5 hasta el 11 para cada una de las etapas de extracción programadas menos para la última que se hace a cero manométrica. Esta se efectúa sin mover la bomba, solo abriendo la válvula superior de la celda.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

13. Cuando todo el gas se ha extraído, efectuar las últimas lecturas de los niveles de mercurio y condensado dentro de la celda.
14. Extraer el condensado residual a presión atmosférica - reemplazándolo con mercurio y recogiendo en un recipiente para determinar su densidad y composición.

Con este último paso se dá por terminado el análisis.
Los datos obtenidos aparecen en la Tabla N° 6.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

CAPITULO 6

PROCEDIMIENTO DE CALCULO

A continuación se presentan el procedimiento de cálculo que posteriormente serán mecanizados mediante el programa de cómputo que aparece en el capítulo 7.

6.1. CALCULO DEL VOLUMEN DE LA MUESTRA A PRESION DE TRASPASO P_t Y TEMPERATURA DE YACIMIENTO T_t .

Con los datos obtenidos en el traspaso de la muestra a la celda y los obtenidos al calentar la celda desde la temperatura de traspaso a la temperatura de yacimiento, se calcula el volumen que ocupa la muestra en la celda a P_t y T_t , que se utilizará en cálculos posteriores, de la siguiente manera:

1. Volumen traspasado a P_t y T_t .

$$V_{m P_t T_t} = (L_f - L_i) [1 + C_{Hg} T_t (P_c - P_t)] \quad \text{6cb}$$

2. Volumen de la celda a P_t y T_t .

$$V_{c P_t T_t} = V_{c P_c T_a} + (P_t - P_c)F_p + (T_t - T_a)F_t$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

3. Volumen de mercurio dentro de la celda.

$$V_{Hg \text{ c Pt } T_t} = V_c P_c T_t - V_m P_t T_t$$

4. Volumen de mercurio extraído de la celda al pasar de T_t a T_y manteniendo P_t constante.

$$V_{Hg \text{ ext. } P_t T_y} = (L_{T_t} - L_{T_y}) (1 + P_c C_{Hg T_t}) \frac{\epsilon T_y}{\epsilon T_t} \\ (1 - P_t C_{Hg T_y}) \delta_{cb}$$

5. Expansión del mercurio dentro de la celda debido al cambio de temperatura.

$$Exp. Hg P_t T_y = V_{Hg \text{ c Pt } T_t} \left[(1 + P_t C_{Hg T_t}) \frac{\epsilon T_y}{\epsilon T_t} \right. \\ \left. (1 - P_t C_{Hg T_y}) - 1 \right]$$

6. Expansión de la celda debido a los cambios de temperatura.

$$Exp. c P_t T_y = (T_y - T_t) F_t$$

7. Expansión de la muestra dentro de la celda.

$$Exp. m = V_{Hg \text{ Ext. } P_t T_y} + Exp. c P_t T_y - Exp. Hg P_t T_y$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

8. Volumen de la muestra a P_t y T_y .

$$V_{m P_t T_y} = V_{m P_t T_t} + \text{Exp.}_m$$

6.2. CALCULO DEL COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA

Una vez conocidos los volúmenes que ocupa la muestra a P_t y T_t y a P_t y T_y se calcula el coeficiente de expansion térmica Beta.

$$\text{Beta} = \frac{1}{V} \left(\frac{\Delta V}{\Delta T} \right)_P$$

V = Volumen original.

ΔV = Incremento de volumen.

ΔT = Incremento de temperatura.*

El índice P indica que la presión permanece constante.

$$\text{Beta} = \frac{1}{V_{m P_t T_t}} \frac{V_{m P_t T_y} - V_{m P_t T_t}}{T_y - T_t}$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

6.3. CALCULO DE LA VARIACION DEL VOLUMEN DE LA MUESTRA CON LOS CAMBIOS DE PRESION MANTENIENDO LA TEMPERATURA T_y CONSTANTE.

Con los datos obtenidos de la separación instantánea se hace el cálculo de la variación del volumen de la muestra con los cambios de presión, manteniendo T_y constante. Para este cálculo se toma como base el volumen que ocupa la muestra a la presión de traspaso P_t y temperatura de yacimiento T_y .

Pueden presentarse dos casos:

1. La presión P_i es mayor que la presión de traspaso P_t . En este caso, el volumen de la muestra a la presión de traspaso y temperatura de yacimiento, hay que restarle el volumen de mercurio inyectado para pasar de P_t a P_i corregido de las condiciones a que fue medido en la bomba a las condiciones base de la celda, sumarle la contracción del mercurio dentro de la celda al pasar de P_t a P_i y sumarle la expansión que sufre la celda en pasar de P_t a P_i .



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

2. La presión P_i es menor que la presión de traspaso P_t . Para este caso, al volumen de la muestra a la presión de traspaso y temperatura de yacimiento, hay que sumar le el volumen de mercurio extraído de la celda al pasar de P_t a P_i , corregido de las condiciones a que fue

medido en la bomba a las condiciones base de la celda; restarle la contracción de la celda al pasar de P_t a P_i y restarle la expansión que sufre el mercurio al pasar de P_t a P_i . Para lo cual se siguen los siguientes pasos:

- Presión a las que se tomaron lectura en la bomba P_i .
- Se calcula el incremento o decremento de presión $P_t - P_i$.
- Lecturas tomadas en la bomba a la presión P_i .
- Volumen de mercurio extraído o inyectado a la celda a las condiciones de bomba.

$$L_{P_t} - L_{P_i}$$

- Volumen de mercurio inyectado o extraído de la celda a condiciones base de celda.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$(L_{P_t} - L_{P_i}) (1 + P_c C_{Hg} T_a) \frac{\epsilon T_y}{\epsilon T_a} (1 - P_t C_{Hg} T_y) \delta_{cb}$$

- Expansión de la celda debido al cambio de presión se obtiene multiplicando el incremento de presión por el factor de calibración de la celda por presión de la celda a temperatura del yacimiento.

$$F_p (P_t - P_i)$$

g) Expansión del mercurio dentro de la celda.

$$V_{Hg} \text{ a } P_t \text{ y } T_y = C_{Hg} \text{ a } T_y (P_t - P_i)$$

h) Variación del volumen de la muestra con los cambios de presión.

$$V_m \text{ a } P_t \text{ y } T_y = (e) - \text{Exp. celda} - \text{Exp. del mercurio.}$$

6.4. CALCULO DEL VOLUMEN RELATIVO

Este cálculo se efectúa relacionando el volumen de la muestra a la presión de punto de rocío P_r y temperatura de yacimiento T_y , y el volumen de la muestra a la presión P_i en cada etapa de separación instantánea y T_y .

$$V_{\text{relativo}} = \frac{\text{Vol. de la muestra a la presión } P_i \text{ y } T_y}{\text{Volumen de muestra a } P_r \text{ y } T_y}$$



Los resultados se grafican con la presión, dando como resultado la gráfica de la variación del volumen relativo con la presión que se representa en la figura N° 10

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

6.5. CALCULO DE CONDENSADO RETROGRADO

Con los datos de lecturas de los niveles de condensa

do y de mercurio tomados con el catetómetro durante la separación diferencial, se calcula el volumen de condensado retrógrado que se forma en la celda en cada una de las etapas de extracción de gas. Este condensado simulará el condensado que se queda en el yacimiento a medida que el gas es producido. Los volúmenes de condensado se dan en porcentaje del volumen de la muestra a la presión de rocío:

Procedimiento:

$$V_{apc} = (L \text{ cond.} - LHg) F_{cat}$$

El volumen real de condensado se obtiene de la gráfica de calibración por menisco. Figura N° 6

Condensado retrógrado en porcentaje del volumen de la muestra a la presión de rocío.

$$\frac{\text{Vol. real de condensado en la celda}}{\text{Vol. de la muestra a presión de rocío}} \times 100$$



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

6.6. CALCULO DEL FACTOR DE DESVIACION DEL GAS (z)

Con los datos de lecturas de bomba tomados en el proceso diferencial y con los datos del gas extraído de la cel

da durante el mismo proceso, se calcula el factor de desviación del gas z . para cada una de las etapas de extracción del gas.

Por definición:

$$z = \frac{V \text{ real}}{V \text{ ideal}}$$

El volumen real del gas a condiciones de celda en cada etapa de la separación diferencial se obtiene corrigiendo por presión y temperatura el volumen de mercurio inyectado en cada etapa de extracción de gas.

$$A = (L_{fegb} - L_{iegb}) f_{cb}$$

$$GE = A (1 + P_c C_{Hg} T_{egb}) \frac{ET_y}{ET_{egb}} (1 - P_d C_{Hg} T_y)$$



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

El volumen que ocuparía el gas si se comportara como gas ideal se calcula corrigiendo mediante la ecuación de los gases perfectos el volumen de gas, extraído en cada etapa de la separación diferencial, medido en el gasómetro.

Gas ideal a condiciones base.

$$G_p = \frac{(L_{fegg} - L_{iegg}) P_{atm} \times (T_{base} - 273)}{P_{base} \times (T_{egg} - 273)}$$

$$GPI = \frac{G_p \times 1.033 \times (T_y - 273)}{293 \times P_d}$$

De donde
$$z = \frac{GE}{GPI}$$

6.7. CALCULO DEL FACTOR DEL VOLUMEN DEL GAS.

El factor del volumen del gas se calcula en base al gas extraído medido en la bomba GE y al gas producido medido a condiciones base ya que por definición:

$$BG = \frac{\text{Vol. a condiciones de yacimiento}}{\text{Vol. a condiciones standard}}$$

$$BG = \frac{GE}{G_p}$$



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

6.8. DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA.

La densidad relativa de un gas se define como la relación que existe entre la densidad del gas y la densidad del aire.

$$r = \frac{D_g}{D_a}$$

De esta expresión se deduce que la densidad relativa de un gas es igual a la relación de una masa de un volumen dado de gas a la masa de un volumen igual de aire a las mismas condiciones de presión y temperatura. Este concepto es la base del método gravimétrico para la determinación de la densidad relativa en el laboratorio, la misma que se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Hacer el vacío al balón de vidrio y determinar su peso W_{bv} .
2. Llenar el balón con aire y determinar su peso W_{ba} .
3. Determinar el peso del aire $W_a = W_{bv} - W_{ba}$.
4. Llenar el balón con el gas y determinar su peso.
5. Determinar el peso del gas W_g .
6. Determinar la densidad relativa $r = W_g/W_a$.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

CAPITULO 7

PROGRAMA DE CALCULO

7.1. DATOS DEL PROGRAMA

NOM = AURORA 55
NESF = 15
NESD = 8
IPR = 5
PCB = 350
FCB = 1.0002
FCAT = 5.406
TBASE = 20.0
PBASE = 1.033
PATM = 0.792
CAPC = 359.5408
PCC = 300.0
TCC = 27.0
FCCP = 0.00127
FCCT = 0.00771
PT = 400.0
LIT = 62.458
LFT = 92.392
PITB = 19.2
TFTB = 20.0



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

TITC = 19.5
 TFTC = 19.5
 LIC = 99.415
 LFC = 87.760
 TICB = 20.0
 TFCB = 23.6
 TICC = 19.5
 TFCC = 100.0

PF (I) = Columna 1
 LF (I) = Columna 2
 TF (I) = Columna 3
 LHCF(I) = Columna 4
 LCCF(I) = Columna 5

} Tabla V

PD (J) = Columna 1
 LIEGB(J) = Columna 2
 LFEGB(J) = Columna 3
 LMCD (J) = Columna 4
 LCCD(J) = Columna 5
 LIEGG(J) = Columna 6
 LFEGG(J) = Columna 7
 TEGB (J) = Columna 8
 TEGG (J) = Columna 9

} Tabla VI

LHCFA = 80.845



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

LCCFA = 81.195

TCF = 21.8

DCR = 0.735

PMCR = 100.0



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

// JOB

LOG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE
 0000 0001 0001 0000

V2 M10 ACTUAL 8K CONFIG 8K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

C FUNCION PARA CALCULAR VOLUMEN RELATIVO DEL MERCURIO A CUALQUIER

C TEMPERATURA CON RESPECTO AL VOLUMEN A 20'C

FUNCTION VRH(T)

VRH=1.0+1.8209E-04*(T-20.0)

RETURN

END

FEATURES SUPPORTED

ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR VRH

COMMON 0 VARIABLES 2 PROGRAM 26

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0008 (HEX)

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE

VRH

CART ID 0001 DB ADDR 4EF7 DB CNT 0003

*STORE

WS UA VRH

CART ID 0001 DB ADDR 5420 DB CNT 0003

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

C FUNCION PARA CALCULAR COMPRESIBILIDAD DEL MERCURIO

C A CUALQUIER TEMPERATURA CON RESPECTO A 20'C

FUNCTION CH(T)

CH=79.335E-10*(T-20.0)+3.903E-06

RETURN

END



BIBLIOTECA FICT
 ESPOL

FEATURES SUPPORTED

ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR CH

COMMON 0 VARIABLES 2 PROGRAM 26

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0008 (HEX)

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE

CH

CART ID 0001 DB ADDR 4EF7 DB CNT 0003

67

*STORE WS UA CH
 CART ID 0001 DB ADDR 5423 DB CNT 0003

// FOR
 *LIST SOURCE PROGRAM
 *ONE WORD INTEGERS
 *IOCS(CARD, 1132 PRINTER)
 *NAME SILVA

 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
 DEL LITORAL
 DEPARTAMENTO DE
 GEOLOGIA MINAS Y PETROLEOS

PROGRAMA PARA ANALISIS P.V.T.
 DE MUESTRA DE GAS Y CONDENSADO

BETA	COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA DE LA MUESTRA ORIGINAL	(1/'C)
BCR	COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA DEL CONDENSADO RESIDUAL	(1/'C)
BG(J)	FACTOR DE VOLUMEN DEL GAS EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(M3/M3)
BGF(I)	FACTOR DE VOLUMEN DEL GAS A PRESIONES MAYORES QUE LA PRESION DE ROCIO DURANTE LA SEPARACION FLASH	(M3/M3)
CAPC	CAPACIDAD DE LA CELDA A PRFSION Y TEMPERATURA DE CALIBRACION	(C.C.)
CH(T)	COMPRESIBILIDAD DEL MERCURIO A CUALQUIER TEMPERATURA	(1/KG/CM2)
CRD(J)	CONDENSADO RETROGRADO EN LA FTAPA (J) DE LA SEPARACION DIFERENCIAL CON RESPECTO AL VOLUMEN DE MUESTRA A LA PRESION DE ROCIO	(0/0)
CRF(I)	CONDENSADO RETRA	
CRF(I)	CONDENSADO RETROGRADO EN LA ETAPA (I) DE LA SEPARACION FLASH CON RESPECTO AL VOLUMEN DE MUESTRA A LA PRFSION DE ROCIO	(0/0)
DCR	DENSIDAD DEL CONDENSADO RESIDUAL	(GR/CC)
DFLLF(I)	DIFERENCIAS DE LECTURA DE LA BOMBA CON RESPECTO A LA QUE SE TIENE LA PRESION DE TRASPASO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION FLASH	(DIV)
ECC	EXPANSION DE LA CELDA AL CALFNTR	(C.C.)
DELPF(I)	DIFERENCIA DE PRESIONES CON RESPECTO A LA PRESION DE TRASPASO FN CADA FTAPA DE LA SFPARACION FLASH	(KG/CM2)
ECPF(I)	EXPANSION DE LA CELDA HASTA LA ETAPA (I) DE LA	(C.C.)



BIBLIOTECA FICT

ESPOL

	SEPARACION FLASH	
FCPR	EXPANSION DE LA CELDA A LA PRESION DE ROCIO	(C.C.)
EHC	EXPANSION DEL MERCURIO EN LA CELDA AL CALENTAR	(C.C.)
FHPF(I)	EXPANSION DEL MERCURIO EN LA CELDA HASTA LA ETAPA (I) DE LA SEPARACION INSTANTANEA	(C.C.)
EHPR	EXPANSION DEL MERCURIO A LA PRESION DE ROCIO	(C.C.)
EMC	EXPANSION DE LA MUESTRA AL CALENTAR	(C.C.)
FCAT	FACTOR DE CALIBRACION DEL CATETOMETRO	(CC/DIV)
FCR	FACTOR DE CALIBRACION DE LA BOMBA	(CC/DIV)
FCCP	FACTOR DE CALIBRACION DE LA CELDA POR PRESION	(CC/KG/CM ²)
FCCT	FACTOR DE CALIBRACION DE LA CELDA POR TEMPERATURA	(CC/°C)
GCCR(J)	GAS EN LA CELDA A CONDICIONES BASE DURANTE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(C.C.)
GCPD(J)	GAS EN LA CELDA A LA PRESION DIFERENCIAL DE LA ETAPA (J)	(C.C.)
GF(J)	GAS EXTRAIDO A CONDICIONES DE CELDA EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(C.C.)
GP(J)	GAS PRODUCIDO EN LA ETAPA (J) DE LA SEPARACION DIFERENCIAL A CONDICIONES BASE	(C.C.)
GPA(J)	GAS PRODUCIDO ACUMULATIVO HASTA LA ETAPA (J) DE LA SEPARACION DIFERENCIAL A CONDICIONES BASE	(C.C.)
GPAPC(J)	GAS PRODUCIDO ACUMULATIVO HASTA LA ETAPA (J) DE LA SEPARACION DIFERENCIAL EN PORCENTAJE DEL VOLUMEN A LA PRESION DE ROCIO MEDIDO A CONDICIONES BASE	(O/O)
GPI(J)	GAS PRODUCIDO IDEAL A CONDICIONES DE CELDA EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(C.C.)
GPT	GAS PRODUCIDO TOTAL A CONDICIONES BASE	(C.C.)
GPTI	GAS PRODUCIDO TOTAL IDEAL A CONDICIONES DE CELDA A LA PRESION DE ROCIO	(C.C.)
I	INDICE PARA LA SEPARACION INSTANTANEA	
IPR	INDICE DE LA ETAPA A LA PRESION DE ROCIO	
IPRI	INDICE DE LA PRESION DE ROCIO MAS UNO	
J	INDICE PARA LA SEPARACION DIFERENCIAL	
JNFM1	INDICE DE LA PENULTIMA ETAPA DE SEPARACION DIFERENCIAL	
LCCD(J)	LECTURA DEL NIVEL DE CONDENSADO CON EL CATETOMETRO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(DIV)
LCCF(I)	LECTURA DE NIVEL DE CONDENSADO CON EL CATETOMETRO EN CADA ETAPA DE SEPARACION INSTANTANEA	(DIV)
LCCFA	LECTURA DEL NIVEL DE CONDENSADO EN LA CELDA AL FINAL DEL ANALISIS PVT	
LF(I)	LECTURA EN LA BOMBA EN CADA ETAPA DE SEPARACION INSTANTANEA	(DIV)
LFC	LECTURA FINAL DE CALENTAMIENTO EN LA BOMBA	(DIV)
LFFGR(J)	LECTURA FINAL DE EXTRACCION DE GAS EN LA BOMBA EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(DIV)
LFFGG(J)	LECTURA FINAL DE EXTRACCION DE GAS EN EL GASOMETRO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(C.C.)
LFT	LECTURA FINAL DE TRASPASO EN LA BOMBA	(DIV)
LHCD(J)	LECTURA DE NIVEL DE MERCURIO CON EL CATETOMETRO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(DIV)
LHCF(I)	LECTURA DE NIVEL DE MERCURIO CON EL CATETOMETRO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(DIV)
LHCEA	LECTURA DE NIVEL DE MERCURIO EN LA CELDA AL FINAL DEL ANALISIS PVT	



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

LIEGB(J)	LECTURA INICIAL DE EXTRACCION DE GAS EN LA BOMBA EN CADA ETAPA DE LA SEPPARACION DIFERENCIAL	(C.C.)
LIC	LECTURA INICIAL DE CALENTAMIENTO EN LA BOMBA	(DIV)
LIEGG(J)	LECTURA INICIAL DE XTRACCION DE GAS EN EL GASOMETRO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(C.C.)
LIT	LECTURA INICIAL DE TRASPASO EN LA BOMBA	(DIV)
N	NUMERO DEL CONJUNTO DE DATOS DE UN POZO	
NESD	NUMERO DE ETAPAS EN LA SEPARACION DIFERENCIAL	
NESF	NUMERO DE ETAPAS EN LA SEPARACION INSTANTANEA	
NOM	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA ANALIZADA	
PATM	PRESION ATMOSFERICA	(KG/CM2)
PRASF	PRESION BASE	(KG/CM2)
PCB	PRESION DE CALIBRACION DE LA BOMBA	(KG/CM2)
PCC	PRESION DE CALIBRACION DE LA CELDA	(KG/CM2)
PD(J)	PRESION EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(KG/CM2)
PF(I)	PRESION EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION INSTANTANEA	(KG/CM2)
PMCR	PESO MOLECULAR DEL CONDENSADO RESIDUAL	(GR/GR.MOL)
PT	PRESION DE TRASPASO	(KG/CM2)
PT	PRESION DE TRASPASO	(KG/CM2)
TRASF	TEMPERATURA BASE	(°C)
TCC	TEMPERATURA DE CALIBRACION DE LA CELDA	(°C)
TCF	TEMPERATURA DE LA CELDA FRIA AL TERMINO DEL ANALISIS PVT	(°C)
TEGB(J)	TEMPERATURA EN LA BOMBA AL EXTRAER GAS EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(°C)
TEGG(J)	TEMPERATURA EN EL GASOMETRO AL EXTRAER GAS EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(°C)
TF(I)	TEMPERATURA EN LA BOMBA EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION INSTANTANEA	(°C)
TFCB	TEMPERATURA FINAL DE CALENTAMIENTO EN LA BOMBA	(°C)
TFCC	TEMPERATURA FINAL DE CALFNTAMIENTO EN LA CELDA	(°C)
TFTB	TEMPERATURA FINAL DE TRASPASO EN LA BOMBA	(°C)
TFTC	TEMPERATURA FINAL DE TRASPASO EN LA CELDA	(°C)
TICB	TEMPERATURA INICIAL DE CALENTAMIENTO EN LA BOMBA	(°C)
TICC	TEMPERATURA INICIAL DE CALENTAMIENTO EN LA CELDA	(°C)
TITB	TEMPERATURA INICIAL DE TRASPASO EN LA BOMBA	(°C)
TITC	TEMPFRATURA INICIAL DE TRASPASO EN LA CELDA	(°C)
TPTB	TEMPERATURA PROMEDIO DE TRASPASO EN LA BOMBA	(°C)
TPTC	TEMPERATURA PROMEDIO DE TRASPASO EN LA CELDA	(°C)
VAP(I)	VOLUMEN APARENTE DE CONDENSADO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION INSTANTANEA	(C.C.)
VAPCR	VOLUMEN APARENTE DEL CONDENSADO RESIDUAL	(C.C.)
VAPD(J)	VOLUMEN APARENTE DEL CONDENSADO EN CADA ETAPA DE LA SEPARACION DIFERENCIAL	(C.C.)
VCCT	VOLUMEN DE LA CELDA A LAS CONDICIONES DE TRASPASO	(C.C.)
VGECR	VOLUMEN GASEOSO EQUIVALENTE DEL CONDENSADO RESIDUAL A CONDICIONES BASE	(C.C.)
VHCCT	VOLUMEN DE MERCURIO EN LA CELDA A LAS CONDICIONES DE TRASPASO	(C.C.)
VHCTY	VOLUMEN DE MERCURIO EN LA CFLDA A LA PRESION DE TRASPASO Y TEMPERATURA DE YACIMIENTO	(C.C.)
VHFC	VOLUMEN DE MERCURIO EXTRAIDO DE LA CELDA AL CA-	(C.C.)



BIBLIOTECA
ESPOL

C LENTAR
 C VHEPF(I) VOLUMEN DE MERCURIO EXTRAIDO DE LA CELDA HASTA (C.C.)
 C LA ETAPA (I) DE LA SEPARACION INSTANTANEA
 C VHEPR VOLUMEN DE MERCURIO EXTRAIDO HASTA LA PRESION (C.C.)
 C DE ROCIO
 C VMCCT VOLUMEN DE LA MUESTRA EN LA CELDA A LAS CONDI- (C.C.)
 C CIONES DE TRASPASO
 C VMCTY VOLUMEN DE LA MUESTRA EN LA CELDA A LA PRESION (C.C.)
 C DE TRASPASO Y TEMPERATURA DE YACIMIENTO
 C VMIF(I) VOLUMEN DE MUESTRA IDEAL EN LA SEPARACION INS- (C.C.)
 C TANTANEA
 C VMPF(I) VOLUMEN DE MUESTRA EN LA CELDA HASTA LA ETAPA (C.C.)
 C (I) DE LA SEPARACION INSTANTANEA
 C VMPR VOLUMEN DE LA MUESTRA A LA PRESION DE ROCIO (C.C.)
 C VROR VOLUMEN REAL DEL CONDENSADO RESIDUAL (C.C.)
 C VRD(J) VOLUMEN REAL DE CONDENSADO EN CADA ETAPA DE LA (C.C.)
 C SEPARACION DIFERENCIAL
 C VREAL(I) VOLUMEN REAL DE CONDENSADO EN LA ETAPA (I) DE (C.C.)
 C LA SEPARACION INSTANTANEA
 C VRFL(I) VOLUMEN RELATIVO DE LA MUESTRA EN LA ETAPA (I) (C.C.)
 C DE LA SEPARACION INSTANTANEA
 C ZETA(J) FACTOR DE DESVIACION DEL GAS 'Z' EN CADA ETAPA (M3/M3)
 C DE LA SEPARACION DIFERENCIAL
 C ZFTAF(I) FACTOR DE DESVIACION DEL GAS 'Z' A PRESIONES MA- (M3/M3)
 C YORES QUE LA PRESION DE ROCIO DURANTE LA SEPA-
 C RACION INSTANTANEA
 C Z2F(J) FACTOR DE DESVIACION 'Z' DE LAS DOS FASES QUE (M3/M3)
 C QUEDAN EN LA CELDA A PRESIONES MENORES QUE LA
 C PRESION DE ROCIO

RFAL LIT,LFT,LF(15),LHCF(15),LCCF(15),LIEGB(10),LFEGB(10),LHCD(10)
 1,LCCD(10),LIFGG(10),LFEGG(10),LIC,LFC,LHCFA,LCCFA
 DIMENSION PF(15),TF(15),PD(10),TEGB(10),TEGG(10),DELPF(15),DELLF(1
 15),VHEPF(15),ECPF(15),EHPF(15),VMPF(15),VREL(15),VAP(15),VREAL(15)
 2,CRF(15),GP(10),GPA(10),GE(10),GPI(10),BG(10),ZETA(10),GPAPC(10),C
 3RD(10),VAPD(10),VRD(10),VMIF(15),ZETAF(15),Z2F(10),GCCB(10),GCPD(1
 40),BGF(15),NOM(40)

LECTURA DE DATOS

2002 READ(2,101)N
 IF(N)2000,2000,2001
 2001 READ(2,100)NOM
 100 FORMAT(40A2)
 READ(2,101)NESF,NESD,IPR
 101 FORMAT(3I5)
 READ(2,102)PCB,FCB,FCAT,TRASE,PBASE,PATM
 102 FORMAT(8F10.0)
 READ(2,102)CAPC,PCC,TCC,FCCP,FCCT
 READ(2,102)PT,LIT,LFT,TITB,TFTB,TITC,TFTC
 READ(2,102)LIC,LFC,TICB,TFCB,TICC,TFCC
 DO 1 I=1,NESF
 1 READ(2,102)PF(I),LF(I),TF(I),LHCF(I),LCCF(I)
 DO 2 J=1,NESD
 2 READ(2,103)PD(J),LIEGB(J),LFEGB(J),LHCD(J),LCCD(J),LIEGG(J),LFEGG(
 1J),TEGB(J),TEGG(J)
 103 FORMAT(7F10.0,2F5.0)
 READ(2,102)LHCFA,LCCFA,TCF,DCR,PMCR
 105 FORMAT(1H1,15(/),40A2)



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

```

C   CALCULO DE VOLUMENES A CONDICIONES DE TRASPASO
TPTB=(TITB+TFTB)/2.
TPTC=(TITC+TFTC)/2.
VCCT=CAPC+(PT-PCC)*FCCP+(TPTC-TCC)*FCCT
VMCCT=(LFT-LIT)*(1.0+CH(TPTB)*(PCB-PT))*FCB
VHCCT=VCCT-VMCCT
C   CALCULO DE VOLUMENES A PRESION DE TRASPASO Y TEMP. DE YACIMIENTO
VHEC=(LIC*(1.0+PCB*CH(TICB))-LFC*(1.0+PCB*CH(TFCB)))*(VRH(TFCC)/VR
1H(TICC))*(1.0-PT*CH(TFCC))*FCB
EHC=VHCCT*((1.0+PT*CH(TICC))*(VRH(TFCC)/VRH(TICC))*(1.0-PT*CH(TFCC
1)))-1.0)
ECC=(TFCC-TICC)*FCCT
EMC=VHEC+ECC-EHC
VMCTY=VMCCT+EMC
VHCTY=VHCCT+EHC-VHEC
C   CALCULO DEL COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA DE LA MUESTRA INICIAL
C   CALCULO DEL VOLUMEN DE MUESTRA A LA PRESION DE ROCIO
BETA=(1.0/VMCCT)*(EMC/(TFCC-TICC))
VHEPR=(LFC*(1.0+PCB*CH(TFCB))-LF(IPR)*(1.0+PCB*CH(TF(IPR))))*VRH(T
1FCC)/VRH(TF(IPR))*(1.0-PF(IPR)*CH(TFCC))*FCB
ECPR=(PT-PF(IPR))*FCCP
EHPR=(PT-PF(IPR))*CH(TFCC)*VHCTY
VMPR=VMCTY+VHEPR-ECPR-EHPR
C   DURANTE LA SEPARACION FLASH
DO 3 I=1,NESF
DELPF(I)=PF(1)-PF(I)
DLELF(I)=LF(1)-LF(I)
VHEPF(I)=DLELF(I)*(1.0+PCB*CH(TF(I)))*(VRH(TFCC)/VRH(TF(I)))*(1.0-
1PF(I)*CH(TFCC))*FCB
ECPF(I)=DELPF(I)*FCCP
EHPF(I)=DELPF(I)*CH(TFCC)*VHCTY
VMPF(I)=VMCTY+VHEPF(I)-ECPF(I)-EHPF(I)
VREL(I)=VMPF(I)/VMPR
VAP(I)=(LCCF(I)-LHCF(I))*FCAT
IF(VAP(I)-2.250)52,53,53
52 VREAL(I)=222.433E-03*VAP(I)-63.866E-03
GO TO 3
53 VREAL(I)=1109.314E-03*VAP(I)-2065.075E-03
3 CRF(I)=VREAL(I)/VMPR*100.0
C   CALCULO DE GAS PRODUCIDO DURANTE LA SEPARACION DIFERENCIAL
GPT=0.
DO 4 J=2,NESD
GP(J)=(LFEGG(J)-LIEGG(J))*PATM*(TBASE+273.)/(PBASE*(TEGG(J)+273.))
GPT=GPT+GP(J)
GPA(J)=GPT
GF(J)=(LFEBG(J)-LIEGB(J))*(1.0+PCB*CH(TEGB(J)))*(VRH(TFCC)/VRH(TEG
1B(J)))*(1.0-PD(J)*CH(TFCC))*FCB
4 GPI(J)=GP(J)*1.033*(TFCC+273.)/(293.*(PD(J)+PATM))
C   CALCULO DEL VOLUMEN GASEOSO EQUIVALENTE DEL CONDENSADO RESIDUAL
VAPCR=(LCCFA-LHCF)*FCAT
IF(VAPCR-2.250)54,55,55
54 VRCCR=222.423E-03*VAPCR-63.866E-03
GO TO 56
55 VRCCR=1109.314E-03*VAPCR-2065.075E-03
56 VGECR=VRCCR*24050.0*DCR/PMCR
GPT=GPT+VGECR
GPTI=GPT*1.033*(TFCC+273.)/(293.*(PD(1)+0.792))
C   CALCULO DEL FACTOR DEL VOLUMEN DEL GAS, FACTOR DE DESVIACION DEL

```



BIBLIOTECA FICT
ESPOL


```

C   GAS 171 Y PORCENTAJE DEL GAS PRODUCIDO CON RESPECTO AL VOLUMEN
C   DFL GAS A LA PRESION DE ROCIO
DO 5 J=1,NESD
IF(J=1)57,57,58
57 BG(1)=VMPR/GPT
ZETA(1)=VMPR/GPTI
GPAPC(1)=0.
GO TO 5
58 BG(J)=GE(J)/GP(J)
ZETA(J)=GE(J)/GPI(J)
GPAPC(J)=GPA(J)/GPT*100.0
5 CONTINUE
ZETA(NESD)=1.0
C   CALCULO DEL CONDENSADO RETROGRADO EN LA SEPARACION DIFERENCIAL
CRD(1)=0.
DO 6 J=2,NFSD
VAPD(J)=(LCCD(J)-LHCD(J))*FCAT
IF(VAPD(J)=2.250)59,60,60
59 VRD(J)=222.433E-03*VAPD(J)-63.866E-03
GO TO 6
60 VRD(J)=1109.314E-03*VAPD(J)-2065.075E-03
6 CRD(J)=VRD(J)/VMPR*100.0
C   CALCULO DEL FACTOR DE DESVIACION ' Z ' A PRESIONES MAYORES QUE LA
C   PRESION DE ROCIO
DO 7 I=1,IPR
BGF(I)=VMPI(I)/GPT
VMIF(I)=GPT*1.033*(TFCC+273.)/(293.*(PF(I)+0.792))
7 ZETA(I)=VMPI(I)/VMIF(I)
C   CALCULO DEL FACTOR DE DESVIACION ' Z ' DE LAS DOS FASES QUE QUEDAN
C   EN EL YACIMIENTO A PRESIONES MENORES QUE LA PRESION DE ROCIO
GPA(1)=0.
DO 8 J=1,NESD
GCCB(J)=GPT-GPA(J)
GCPD(J)=GCCB(J)*1.033*(TFCC+273.)/(293.*(PD(J)+0.792))
8 ZCF(J)=VMPR/GCPD(J)
C   CALCULO DEL COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA
C   DEL CONDENSADO RESIDUAL
BCR=(1.0/VRD(NESD))*(VRD(NESD)-VRCR)/(TFCC-TCF)
C   TERMINA CALCULOS E INICIA IMPRESION DE RESULTADOS
WRITE(3,105)NOM
WRITE(3,201)
201 FORMAT(1H ,//26X'RELACIONES PRESION-VOLUMEN EFECTUADAS A TEMPERATU
1RA DEL YACIMIENTO'/48X'(SEPARACION FLASH)'/16X'PRESION DE ROCIO',VOL
2 RELATIVO',7X,'COND RETROGRADO',2X,'FACTOR DE DESVIACION',2X,'FACT
3OR DE VOLUMEN'//16X'(KG/CM2)',13X,'(M3/M3)',8X,'(POR CIENTO VMPR)',
4,9X,3H'Z',16X,'(M3/M3)')//)
WRITE(3,202)(PF(I),VREL(I),ZETA(I),BGF(I),I=1,IPR)
202 FORMAT(1H ,16XF7.2,13XF7.4,34XF7.4,12XF8.6)
IPRI=IPRI+1
WRITE(3,206)(PF(I),VREL(I),CRF(I),I=IPRI,NESF)
206 FORMAT(1H ,16XF7.2,13XF7.4,13XF8.4)
WRITE(3,203)PF(IPR),BETA
203 FORMAT(1H ,//16X'PRESION DE ROCIO=',F7.2,' (KG/CM2)'/16X'COEFICIE
NTE DE EXPANSION TERMICA DE LA MUESTRA ORIGINAL=',F9.6,' (1/ C)')
WRITE(3,105)NOM
WRITE(3,204)
204 FORMAT(1H ,//39X'AGOTAMIENTO A TEMPERATURA DEL YACIMIENTO'/46X'(S
EPARACION DIFERENCIAL)'/16X'PRESION',4X,'COND RETROGRADO',3X,'GA

```



```

25 PROD ACUM',4X,'FACTORES DE DESVIACION',3H'Z',4X,'FACTOR DE VOLUM
3EN'//16X'(KG/CM2)',2X,'(POR CIENTO VMPR)',3X,'(POR CIENTO)',6X,'DE
4L GAS',6X,'DOS FASES',11X,'(M3/M3)'//)
  JNEM1=NESD-1
  WRITE(3,205)(PD(J),CRD(J),GPAPC(J),ZETA(J),Z2F(J),BG(J),J=1,JNEM1)
205 FORMAT(1H ,16XF7.2,9XF7.4,9XF7.2,9XF6.4,8XF6.4,13XF8.6)
  WRITE(3,205)PD(NESD),CRD(NESD),GPAPC(NESD),ZETA(NESD)
  WRITE(3,207)BCR
207 FORMAT(1H ,//16X'COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA DEL CONDENSADO R
  1ESIDUAL=',F9.6,'(1/ C)')
  GO TO 2002
2000 CALL EXIT
  END

```

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS
 IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR SILVA
 COMMON 0 VARIABLES 1142 PROGRAM 1886

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE SILVA
 CART ID 0001 DB ADDR 4EF7 DB CNT 0087

*STORE WS UA SILVA
 CART ID 0001 DB ADDR 53A6 DB CNT 0087

// XEQ SILVA



BIBLIOTECA FICT
 ESPOL

7.3. RESULTADOS

POZO AURORA 55

AGOTAMIENTO A TEMPERATURA DEL YACIMIENTO (SEPARACION DIFERENCIAL)

PRESION (KG/CM ²)	COND RETROGRADO (POR CIENTO VMPIR)	GAS PROD ACUM (POR CIENTO)	FACTORES DE DESVIACION 'Z'		FACTOR DE VOLUMEN (M ³ /M ³)
			DEL GAS	DOS FASES	
308.00	0.0000	0.00	0.9391	0.9391	0.003999
275.00	0.7762	6.64	0.9104	0.8985	0.004341
225.00	3.0303	24.53	0.8777	0.9100	0.005112
175.00	4.3348	39.82	0.8782	0.8885	0.006570
125.00	4.5408	55.18	0.8702	0.8536	0.009097
75.00	4.8157	74.17	0.9386	0.8924	0.016286
27.00	4.5410	90.77	0.9586	0.9157	0.045360
0.00	2.6868	99.42	1.0000		

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA DEL CONDENSADO RESIDUAL = 0.008896 (1/ C)

BIBLIOTECA FIC
ESPOL



POZO AURORA 55

RELACIONES PRESION-VOLUMEN EFECTUADAS A TEMPERATURA DEL YACIMIENTO
(SEPARACION FLASH)

PRESION (KG/CM2)	VOL RELATIVO (M3/M3)	COND RETROGRADO (POR CIENTO VMPR)	FACTOR DE DESVIACION 'Z'	FACTOR DE VOLUMEN (M3/M3)
400.00	0.8617		1.0504	0.003446
375.00	0.8906		1.0179	0.003562
350.00	0.9266		0.9886	0.003706
325.00	0.9687		0.9599	0.003874
308.00	1.0000		0.9391	0.003999
300.00	1.0192	0.4457		
280.00	1.0714	0.7762		
260.00	1.1350	0.6798		
240.00	1.2119	0.7046		
220.00	1.3082	3.0303		
200.00	1.4273	3.6895		
180.00	1.5799	4.3348		
160.00	1.7814	5.0492		
147.00	1.9489	5.6672		
132.00	2.1784	4.5408		

PRESION DE ROCA = 308.00 (KG/CM2)

COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA DE LA MUESTRA ORIGINAL = 0.003193 (1/ C)



T A B L A S



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA "A"

CARACTERISTICAS DEL POZO

Formación	Arena 4-2 Bloque V Amate Superior
Elevación Mesa Rotatoria	8.63 m.s.n.m.
Profundidad total	2500 m.b.m.r.
Intervalo Productor	2409 - 2452
Temperatura del Yacimiento	100 °C
Presión original del Yacimiento	381.5 Kg/cm ²
Tubería de Producción	2 3/8"
Temperatura a boca de pozo	38 °C
Presión original en la cabeza cerrado	311.5 Kg/cm ²



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA N° 1
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CELDA
 a 300 Kg/cm² y 27°C

(1) ETAPA	(2) Lc	(3) Lf	(4) ΔL
1 ^{ra}	5974	95913	89919
2 ^{da}	0752	95652	94900
3 ^{ra}	0720	95599	94879
4 ^{ta}	0640	807M	80131
		Σ ΔL	= 359829



BIBLIOTECA FICT
 ESPOL

CALIBRACION DE LA CELDA POR PRESION

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
T _c	P _c	LECTURAS DE BOMBA	VOLUMEN ACUM DE Hg EXTRAIDO		EXPANSION Hg	CAMBIO VOLUMEN DE CELDA	F _p	
			LECTURAS A P _c	A CONDIC DE CELDA				
°C	Kg/cm ²		A-(3)	(4) x fcb	(5) x B	C (B-1)	(7)-(6)	10 ⁻³
27	300	80.810	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	250	80.660	0.150	0.150	0.150	0.071	-0.079	1.38
	200	80.518	0.292	0.292	0.292	0.142	-0.150	1.42
	150	80.378	0.432	0.432	0.432	0.213	-0.219	1.38
	100	80.240	0.570	0.570	0.570	0.285	-0.285	1.32
	50	80.095	0.715	0.714	0.715	0.356	-0.359	1.48
	0	79.952	0.858	0.857	0.858	0.427	-0.431	1.44
50	300	79.440	1.370	1.369	1.375	1.483	0.108	
	250	79.296	1.514	1.513	1.520	1.558	0.038	1.40
	200	79.154	1.656	1.655	1.663	1.633	-0.030	1.36
	150	79.013	1.797	1.795	1.804	1.708	-0.096	1.32
	100	78.872	1.938	1.936	1.947	1.783	-0.164	1.36
	50	78.731	2.079	2.077	2.088	1.858	-0.230	1.32
	0	78.591	2.219	2.217	2.229	1.933	-0.296	1.32
85	300	77.590	3.220	3.250	3.250	3.741	0.491	
	250	77.442	3.368	3.365	3.401	3.822	0.421	1.40
	200	77.302	3.508	3.505	3.543	3.902	0.359	1.24
	150	77.159	3.651	3.648	3.688	3.983	0.295	1.28
	100	77.018	3.792	3.789	3.832	4.063	0.231	1.28
	50	76.871	3.939	3.936	3.981	4.143	0.162	1.38
	0	76.740	4.070	4.067	4.115	4.224	0.109	1.06
120	300	75.660	5.150	5.146	5.232	5.999	0.767	
	250	75.510	5.300	5.296	5.386	6.085	0.702	1.30
	200	75.362	5.448	5.444	5.537	6.171	0.634	1.36
	150	75.213	5.597	5.593	5.690	6.257	0.567	1.34
	100	75.053	5.757	5.752	5.853	6.343	0.490	1.54
	50	74.908	5.902	5.897	6.002	6.429	0.427	1.26
	0	74.770	6.040	6.035	6.144	6.515		1.12

A = 80.810

B = (1 + P_c C_{Hg} T_a) $\frac{ET}{ET_a}$ (1 - P_c C_{Hg} T)

C = 359.541 c.c.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA III

CALIBRACION DE LA CELDA POR TEMPERATURA

(1)	(2)	(3)	(4)
PRESION	TEMPERATURA	CAMBIO DE VOLUMEN CELDA C.C.	$F_t \times 10^{-3}$
300	27	0.000	
	50	+ 0.108	47
	85	+ 0.491	1094
	120	+ 0.767	789
250	27	- 0.079	
	50	+ 0.038	5.09
	85	+ 0.421	1074
	120	+ 0.702	803
200	27	- 0.150	
	50	- 0.030	5.22
	85	+ 0.359	11.11
	120	+ 0.634	786
150	27	- 0.219	
	50	- 0.096	5.35
	85	+ 0.295	11.16
	120	+ 0.567	777
100	27	- 0.285	
	50	- 0.164	5.26
	85	+ 0.231	11.28
	120	+ 0.490	740
50	27	- 0.359	
	50	- 0.230	5.62
	85	+ 0.162	11.20
	120	+ 0.427	757
0	27	- 0.431	
	50	- 0.296	5.86
	85	+ 0.109	11.57
	120	+ 0.371	74E

Valores de F_t para cualquier presión.

$$T > 50 = 5.30 \times 10^{-3} \text{ c.c./}^\circ\text{C}$$

$$50 < T < 85 = 11.17 \times 10^{-3}$$

$$T > 85 = 7.71 \times 10^{-3}$$

NOTA: Los datos están tomados de las columnas 1, 2, y 8 de la Tabla II.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA N° 4

DETERMINACION DE FACTOR DE CORRECCION POR CATETOMETRO

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
LECTURAS DE BOMBAS	LECT. DE CATETOMETROS	$\Delta L.P.$	$(3)-(4)$	$V.Hg @ C.CEL.$	$(5)-(4)$	F_{cat}	
L_c	L_f	$(3)-(4)$	$(6) \times A$	$\Delta L.C.$	$7 \div 8$		
31.197	35.753	77.025	77.875	4.556	4.555	0.850	5.359
35.753	40.734	77.875	78.795	4.981	4.980	0.910	5.413
40.734	45.740	78.795	79.710	5.006	5.005	0.925	5.411
45.740	50.735	79.710	80.645	4.995	4.994	0.925	5.399
50.735	55.730	80.645	81.555	4.995	4.994	0.910	5.488
55.730	60.717	81.555	82.505	4.997	4.996	0.930	5.259
60.717	65.715	82.505	83.430	4.998	4.997	0.925	5.392
65.715	70.711	83.430	84.335	4.997	4.996	0.905	5.488
70.711	75.711	84.335	85.260	4.999	4.998	0.925	5.259
75.711	80.716	85.260	86.185	4.995	4.994	0.925	5.392
80.716	85.713	86.185	87.115	4.997	4.996	0.930	5.521
85.713	90.664	87.115	88.045	4.951	4.950	0.930	5.403
90.664	94.370	88.045	88.770	3.706	3.705	0.725	5.111

$$A = \frac{\delta b}{\delta T} (1 + P_c C_{Hg} T_a) + \frac{\delta T}{\delta T_a}$$

$$\delta b = 0.9992$$

$$T_a = 23^\circ C$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA N° 5

DATOS OBTENIDOS DURANTE LA SEPARACION INSTANTANEA

(1) P _c	(2) L.F	(3) T.F	(4) L.Hg	(5) L cond.
400	87 760	23 6		
375	86 450	23 8		
350	84 832	23 8		
325	82 950	23 8		
308	81 560	23 8		
300	80 710	24 0	80 530	80 745
280	78 411	23 0	80 510	80 845
260	75 621	23 0	80 615	80 915
240	72 256	23 0	80 716	81 025
220	68 061	23 0	80 845	81 410
200	62 882	23 0	80 802	81 415
180	56 281	20 2	80 765	81 425
160	47 561	20 5	80 615	81 327
147	40 320	21 4	80 523	81 280
132	30 405	22 0	80 405	81 080



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

TABLA N° 6
DATOS OBTENIDOS DURANTE LA SEPARACION DIFERENCIAL

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
PD	LIEGIB	LIEGIB	LHG	L cond	LIEGG	LIEGG	TEGP	TEGG
308								
275	77 757	80,862	80 510	80 845	0.0	945	212	212
225	72 858	82 698	80 845	81 410	0.0	2550	208	195
175	71.451	82 261	80 765	81 425	0.0	2185	221	203
125	69,941	79,970	80 405	81 080	0.0	2200	235	210
75	47,926	81,161	80 630	81 325	0.0	2700	241	218
27	0,689	81,562	80,730	81 405	0.0	2310	200	196
0	0.0	0.0	80,730	81 270	0.0	1240	235	208



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

FIGURAS



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

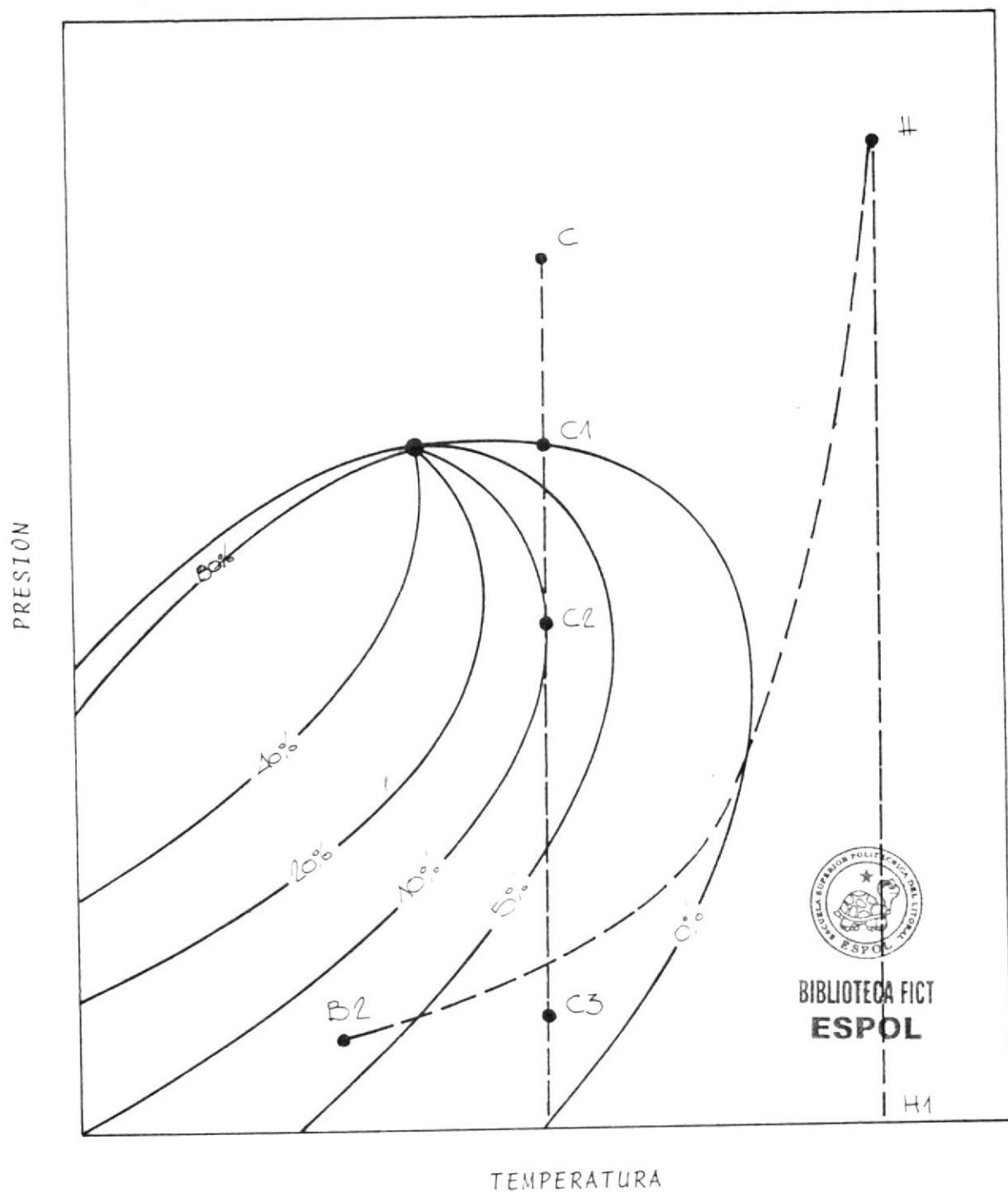
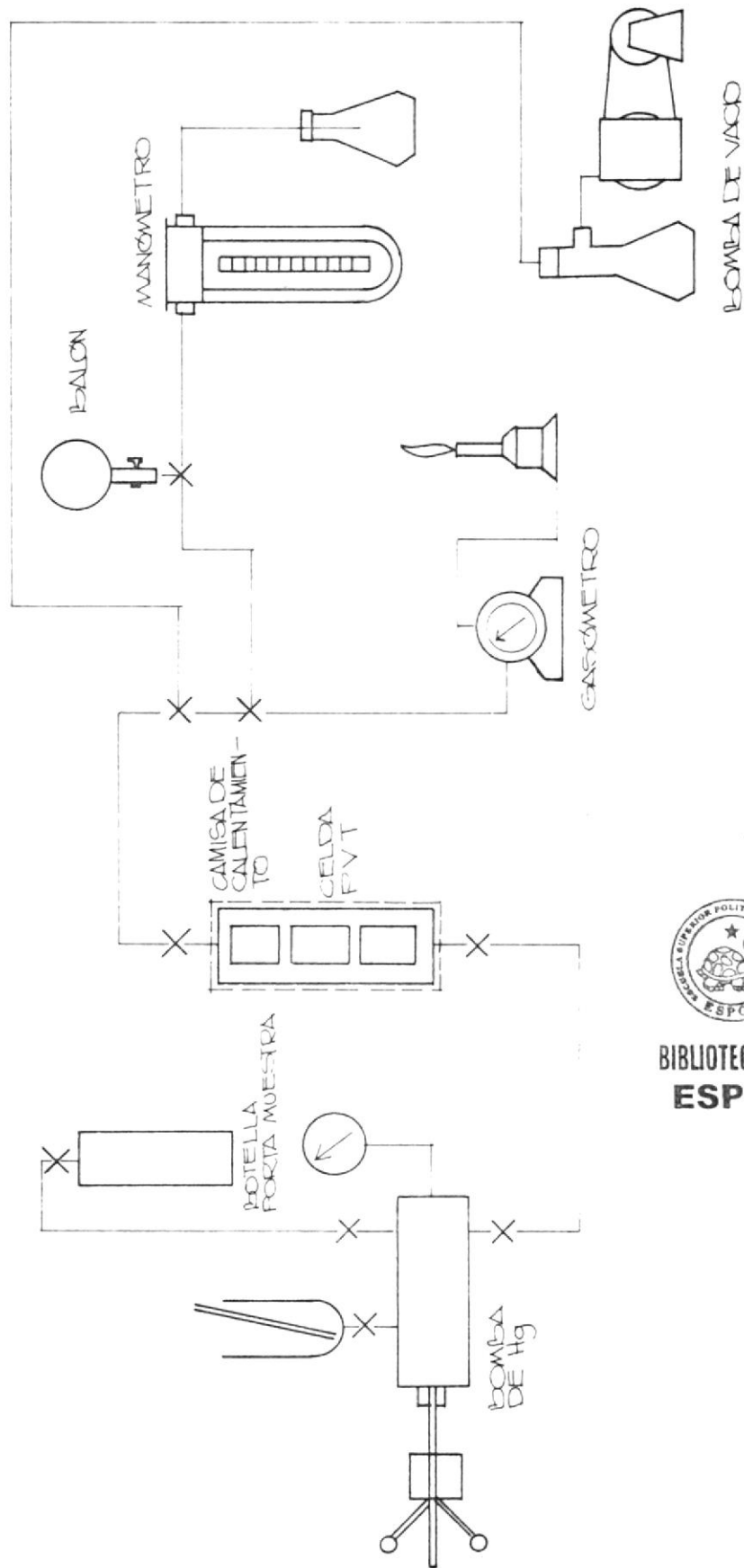


Diagrama de fases que relaciona la presión y temperatura para un fluido de yacimiento.



2. EQUIPO EMPLEADO EN EL ANALISIS P.V.T.

BIBLIOTECA ~~ACT~~
ESPOL



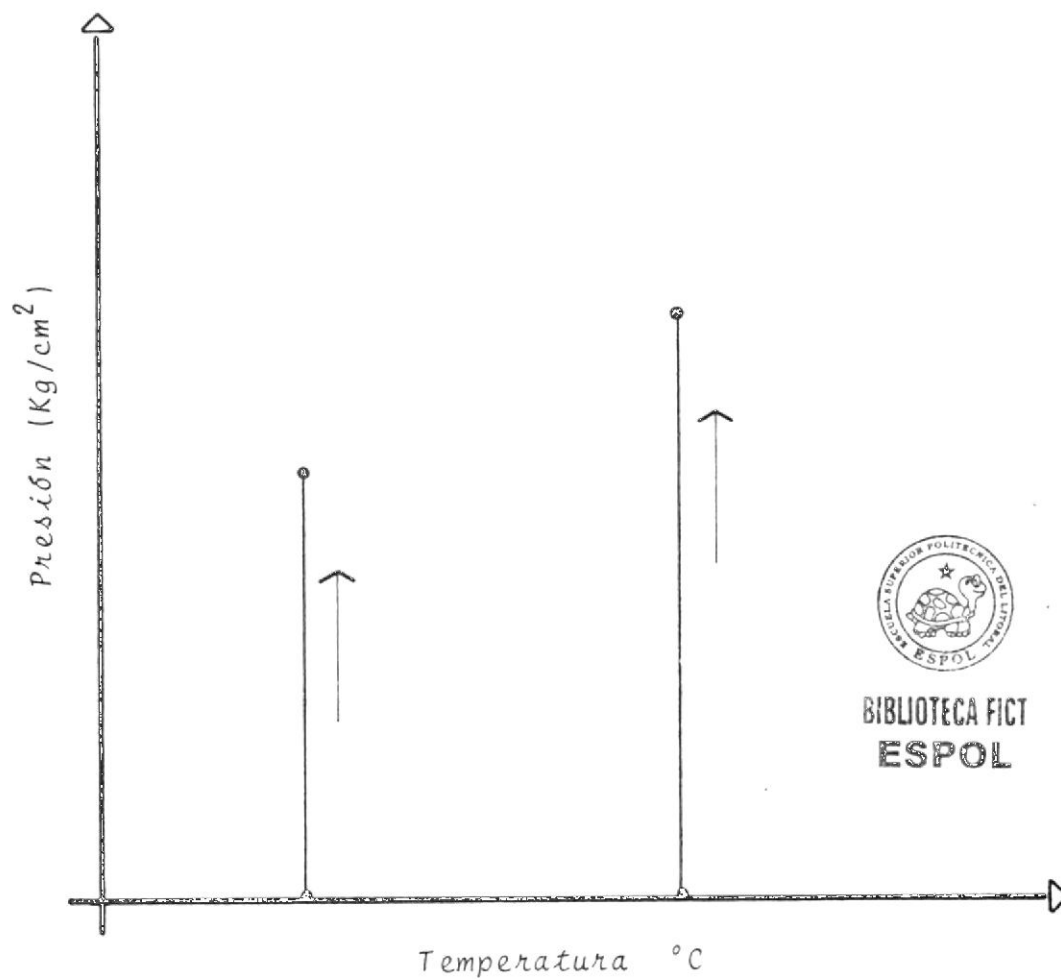
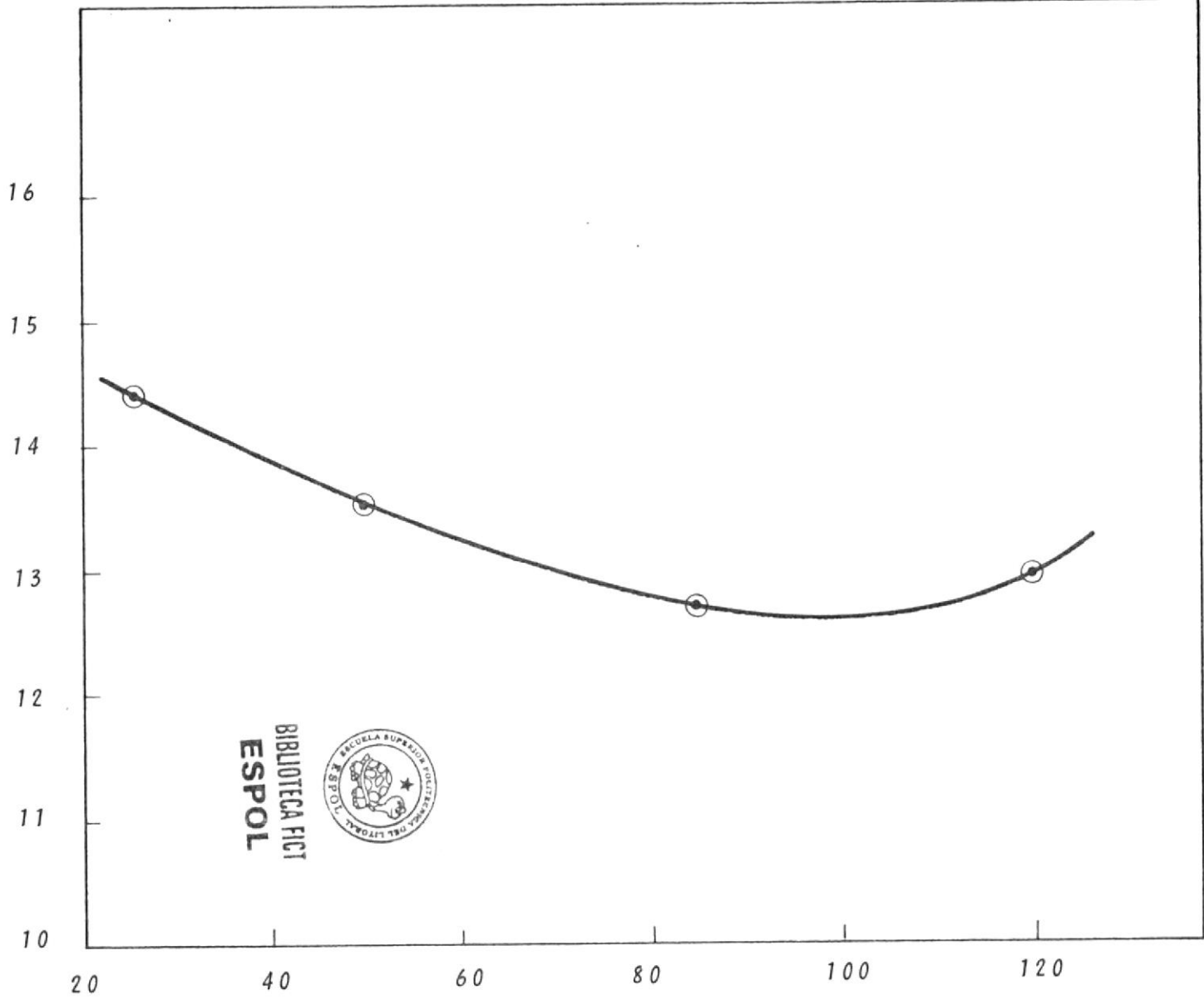


FIG. N° 3. Pasos seguidos en la corrección del Volu
men de mercurio.

Variación del Volumen de la Celda con la Presión

$F_p \times 10^{-4}$ (c.c./kg/cm²)



BIBLIOTECA FIC
ESPOL



Temperatura (°C)

FIG. N° 4.- FACTOR DE CALIBRACION DE LA CELDA POR PRESION

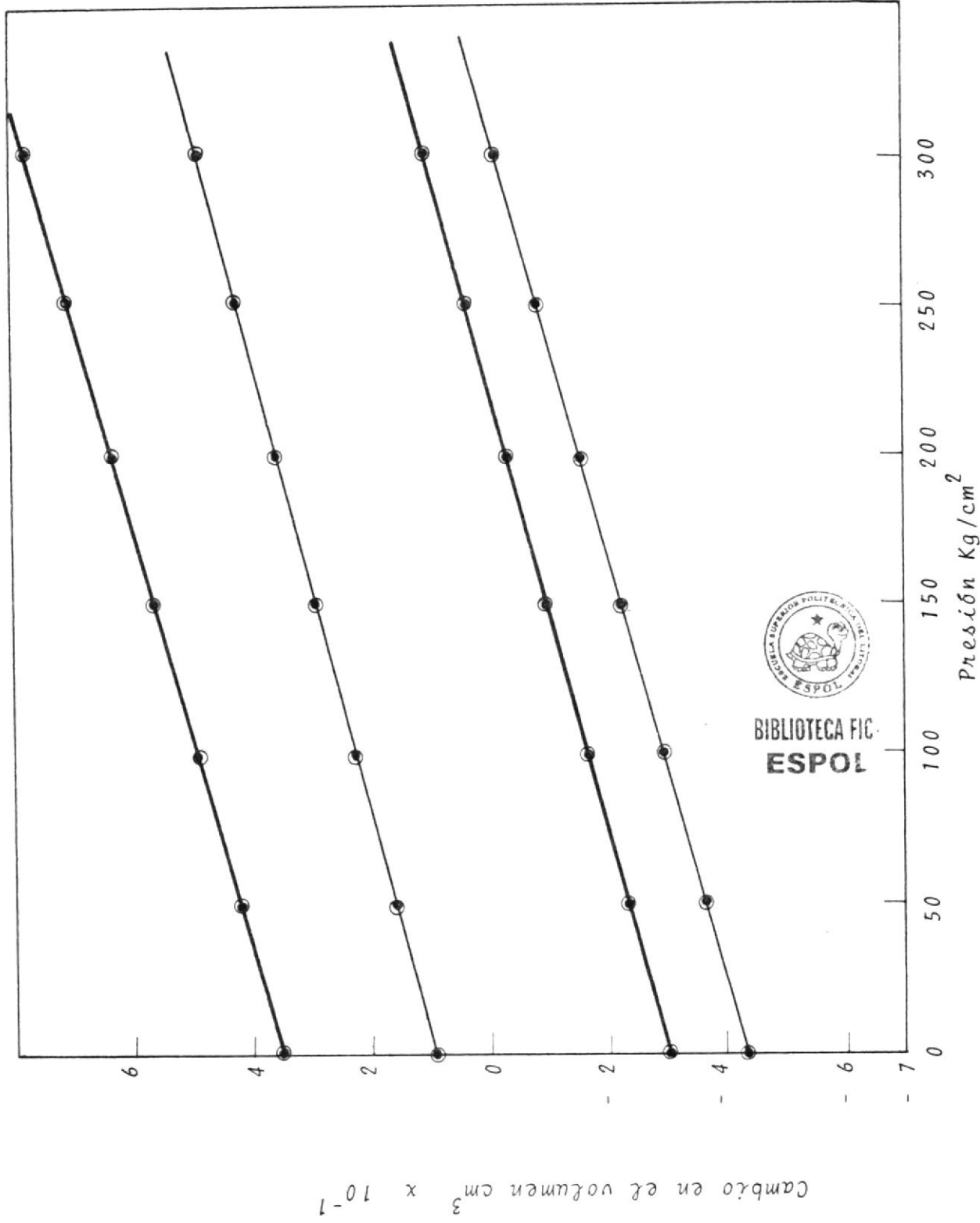


FIG. N° 5. CAMBIO DEL VOLUMEN DE CELDA CON LA TEMPERATURA

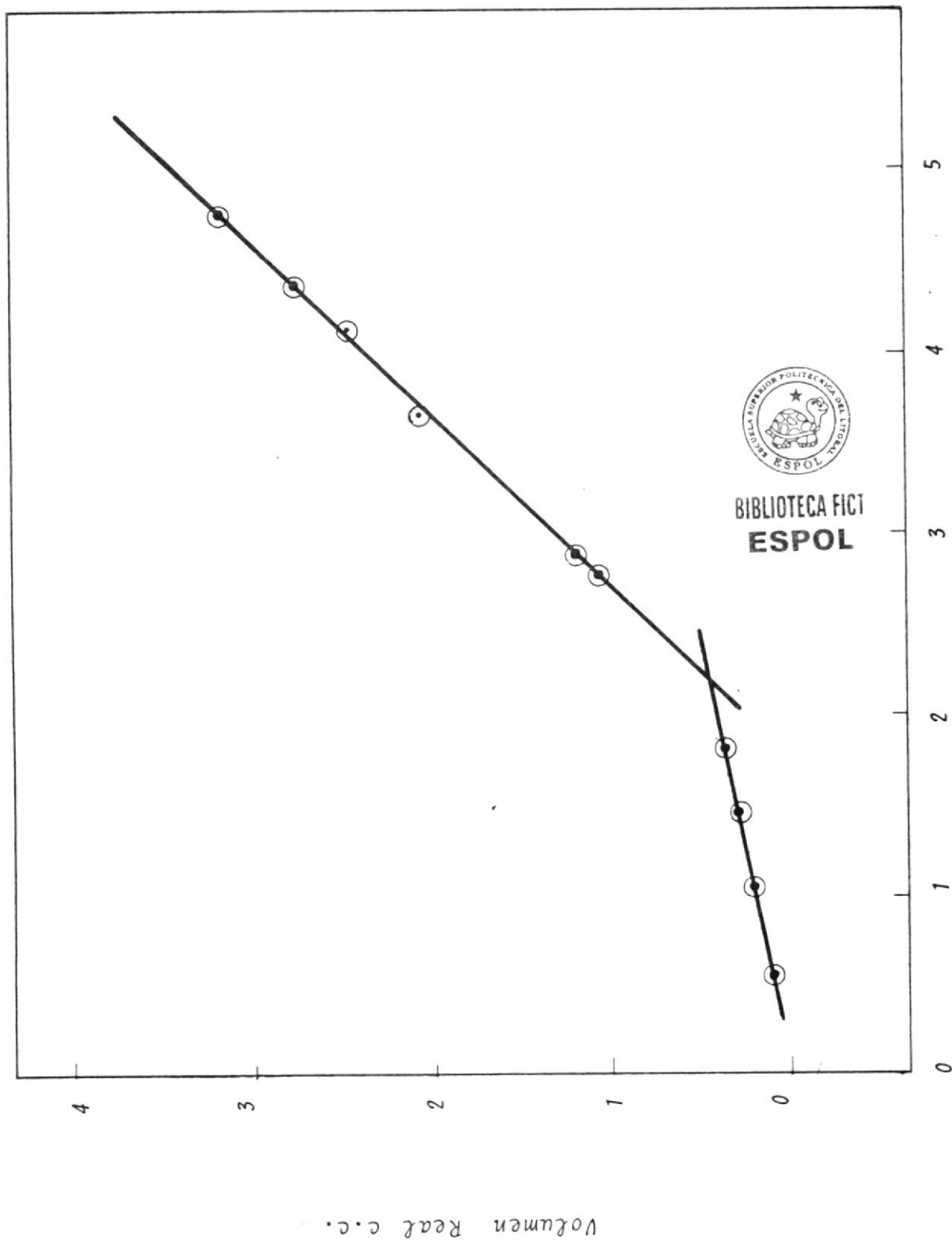


FIG. N° 6. CORRECCION POR MENISCO
Volumen aparente c.c.

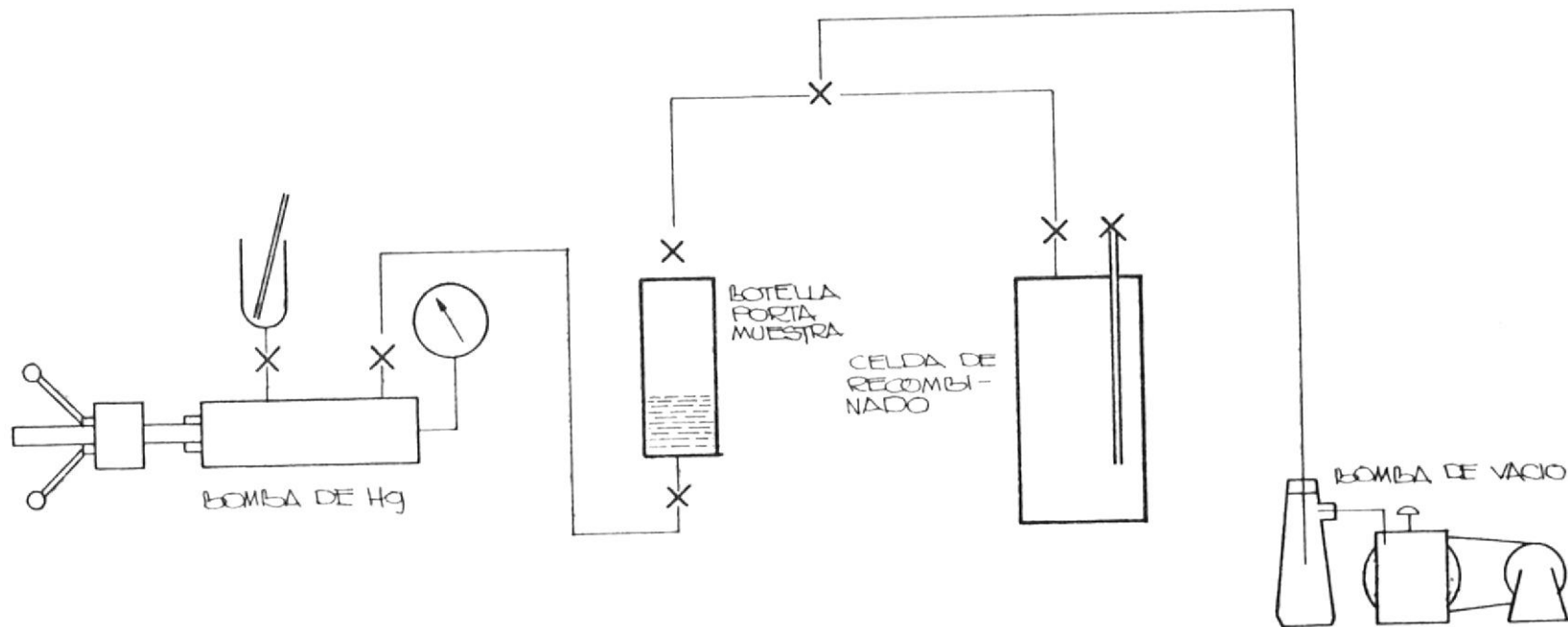


FIG. N° 7. EQUIPO PARA EL TRASPASO DEL LIQUIDO DEL SEPARADOR A LA CELDA DE RECOMBINADO

BIBLIOTECA FICT
ESPOL



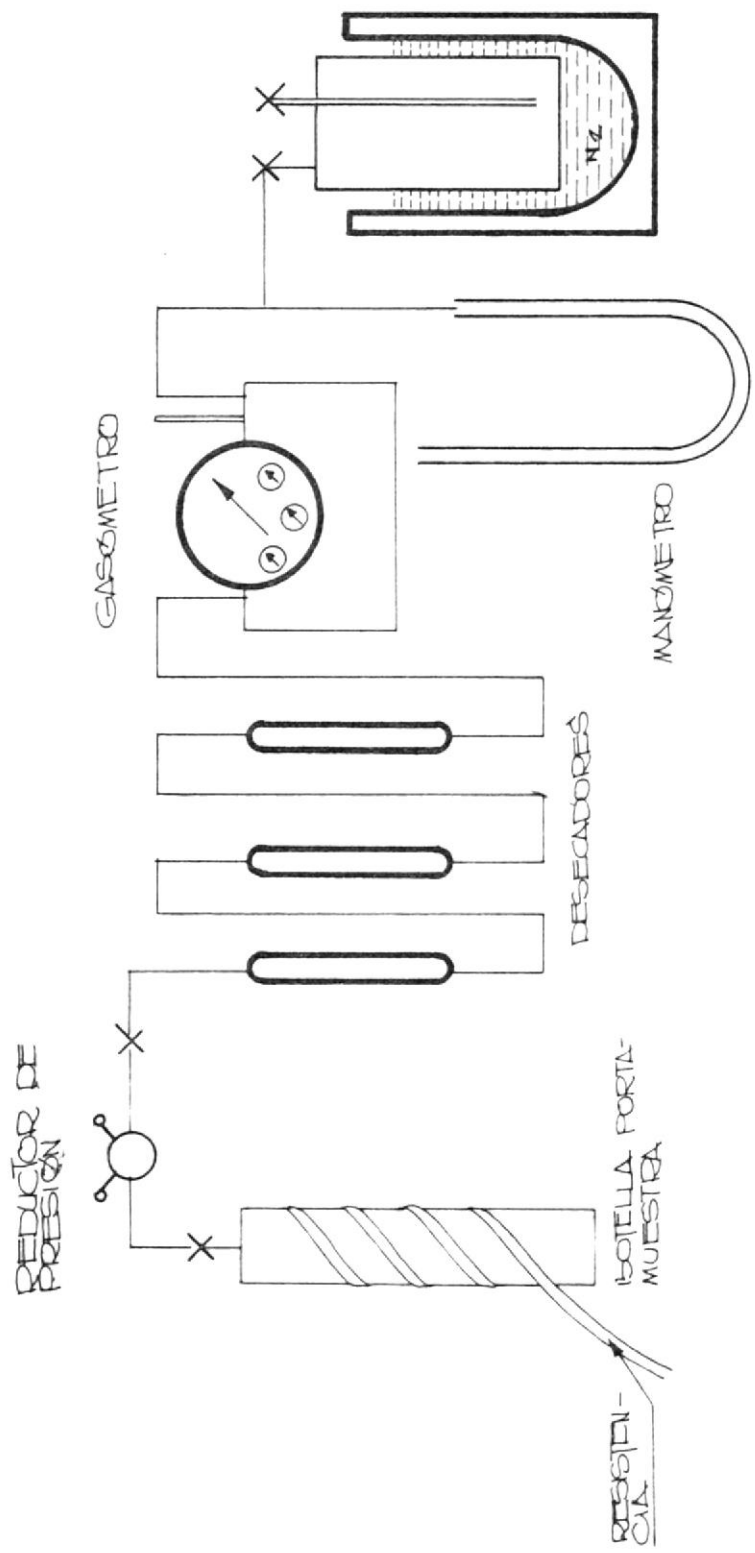
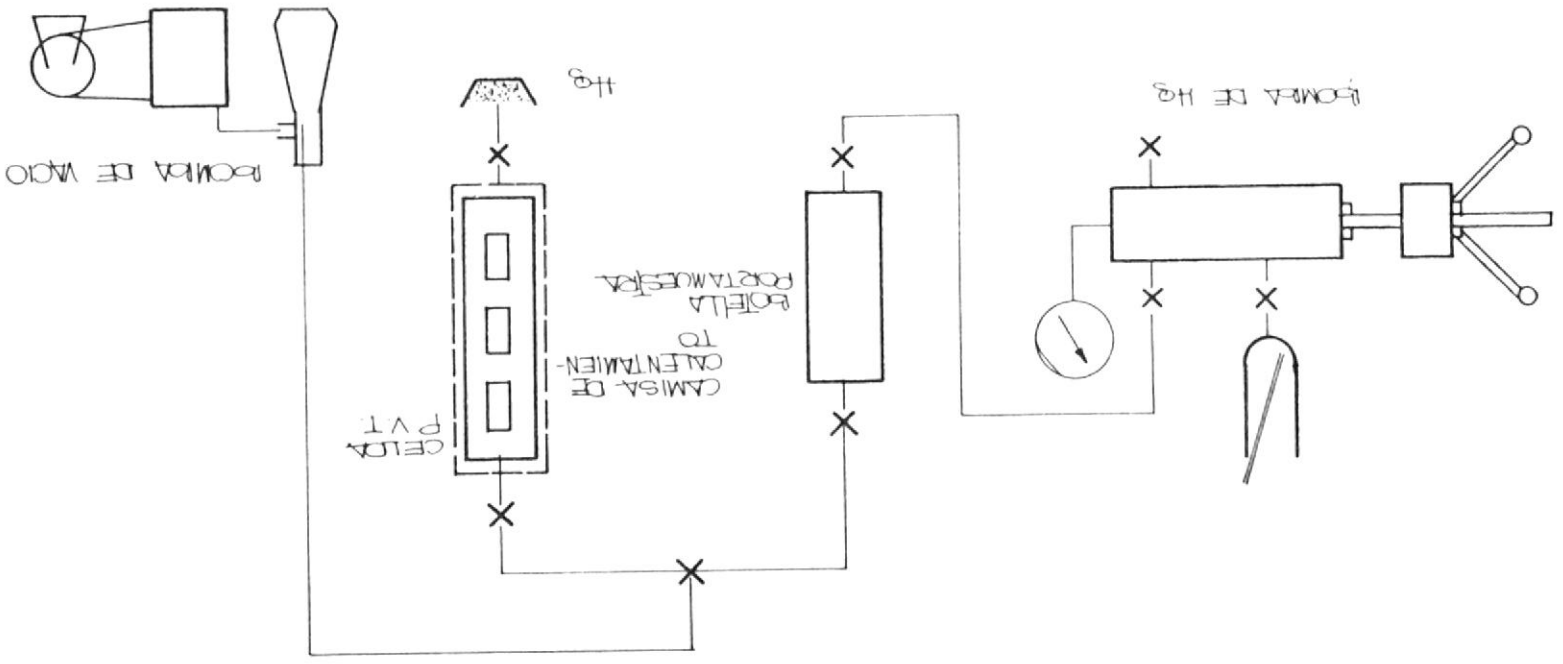


FIG. N° 8. EQUIPO DE TRASPASO DE GAS A LA CELDA DE RECOMBINADO





FIG. Nº 9. TRASPASO DE LA MUESTRA RECOMBINADA A LA CELDA DE ANALISIS P.V.T.



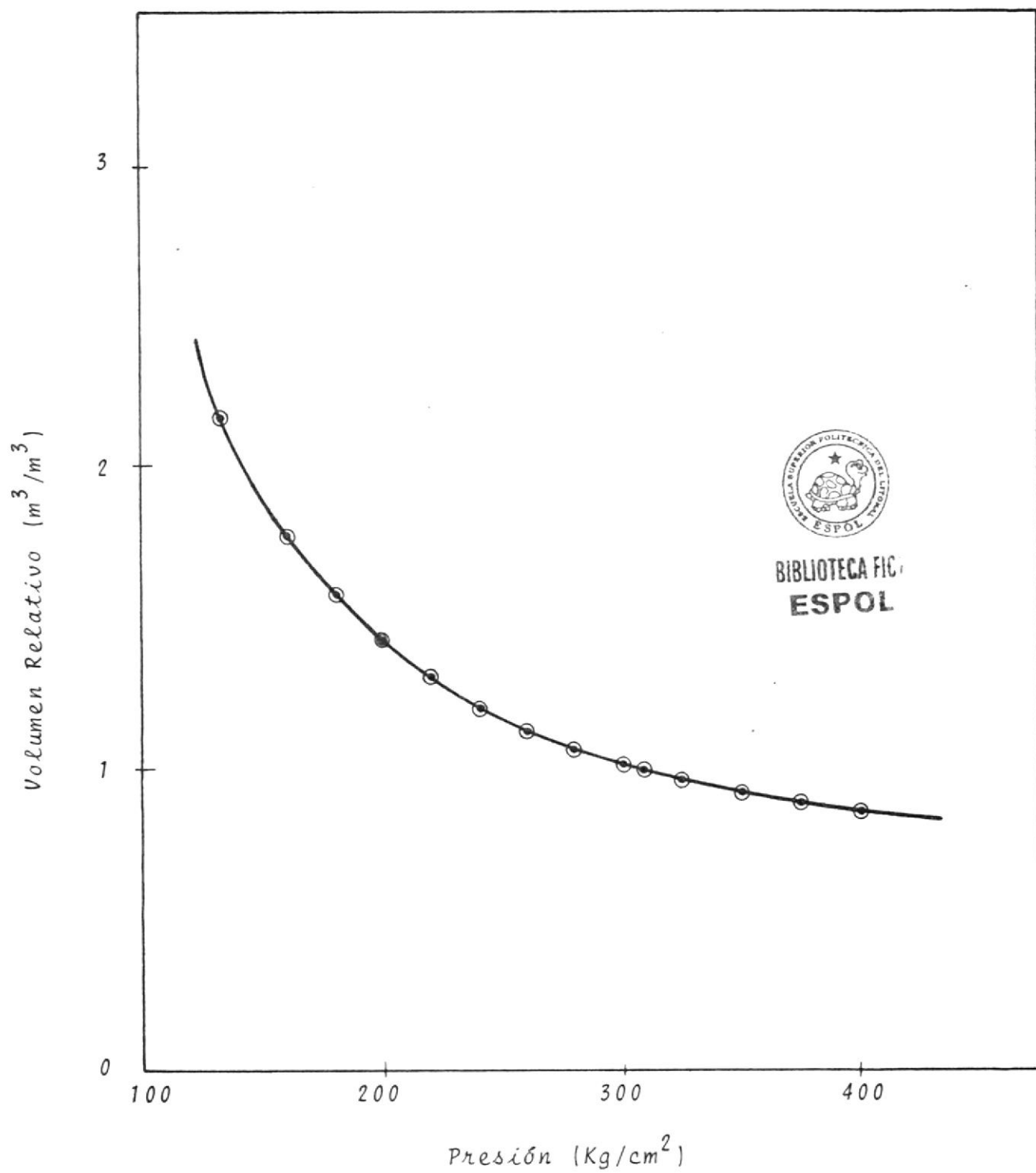


FIG. N° 10. VARIACION DEL VOLUMEN RELATIVO CON LA PRESION

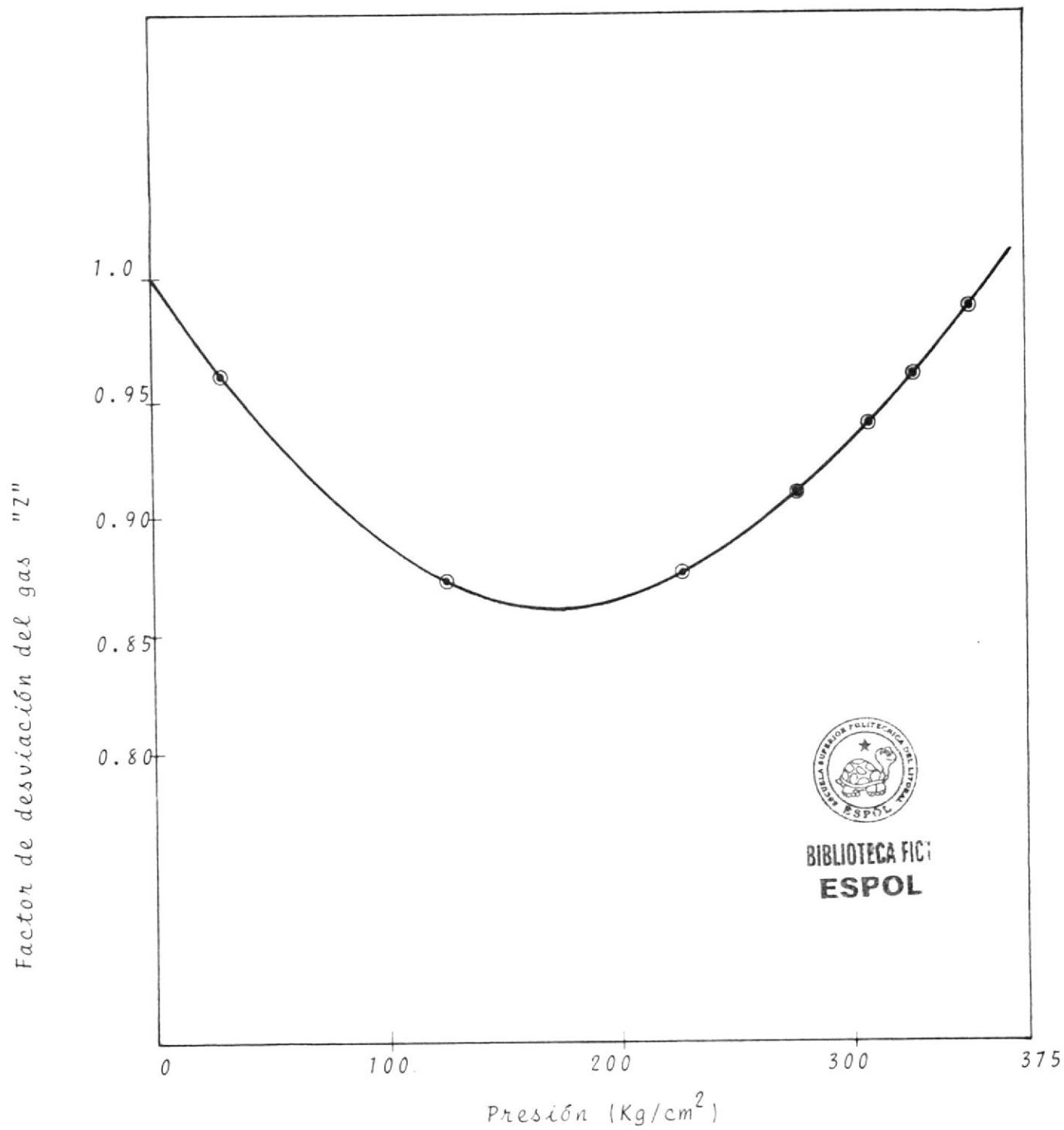


FIG. N° 11. VARIACION DEL FACTOR DE DESVIACION "Z" CON LA PRESION

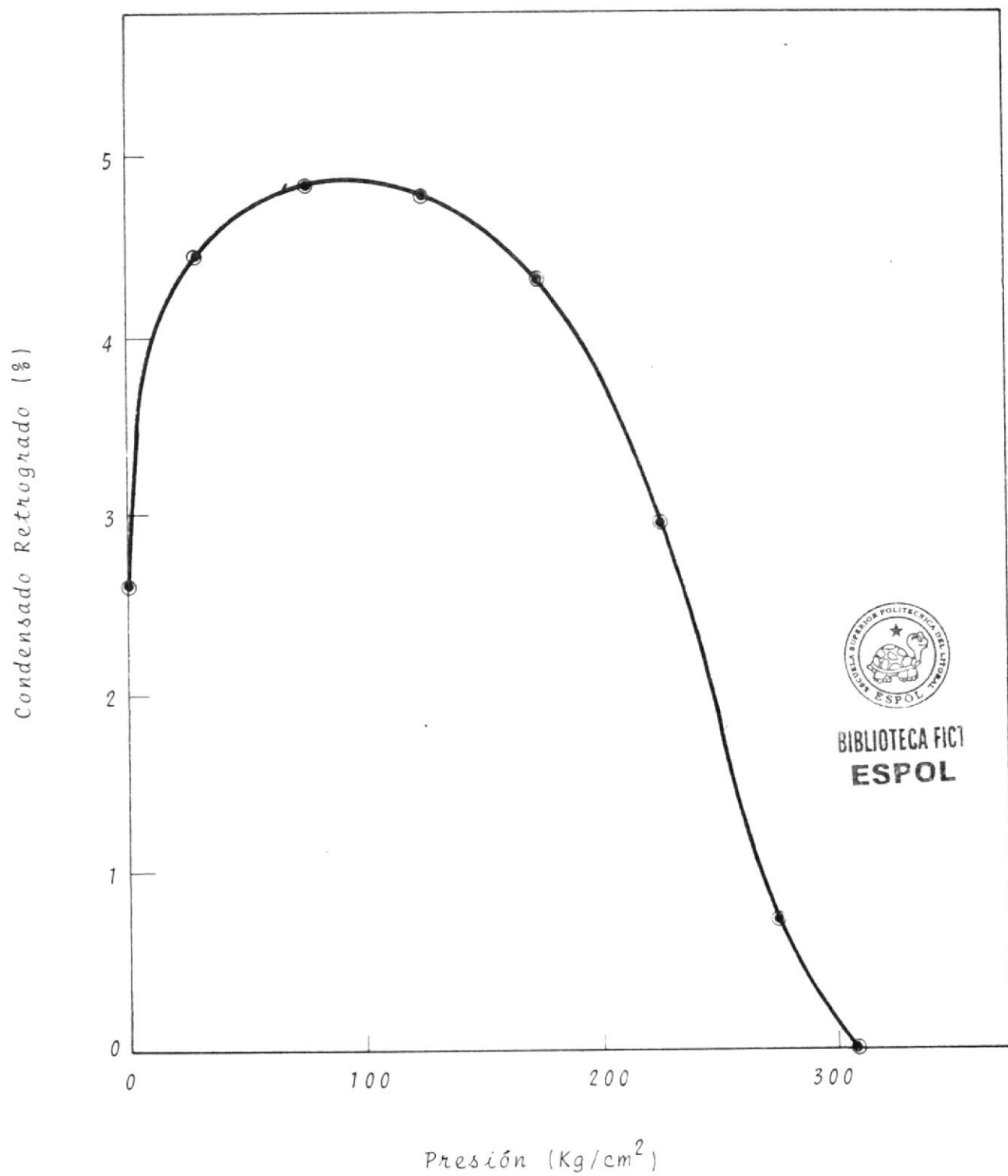


FIG. N° 12. VARIACION DEL CONDENSADO RETROGRADO CON LA PRESION

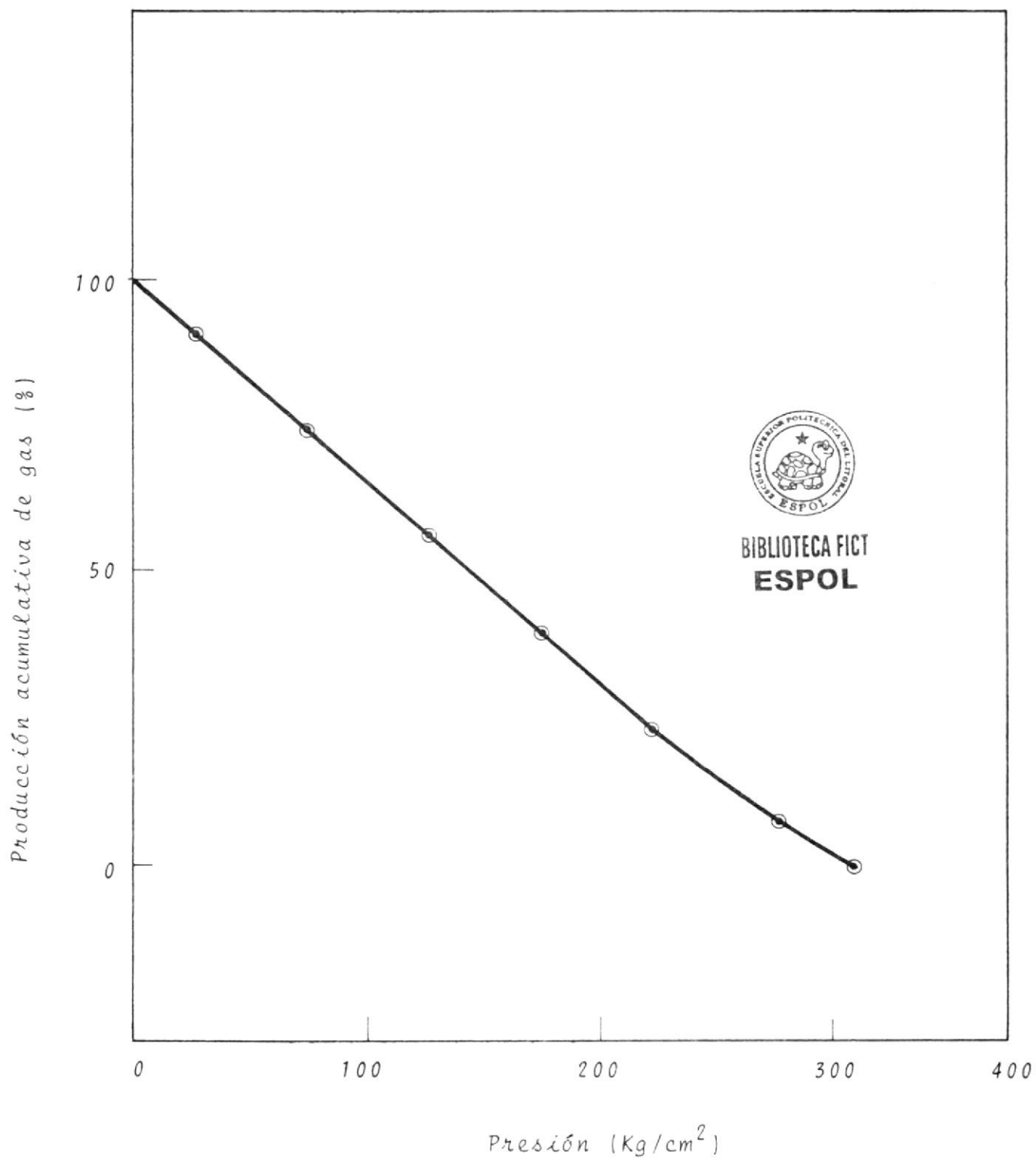


FIG. N^o 13. VARIACION DE LA PRODUCCION ACUMULATIVA DE GAS
CON LA PRESION

CONCLUSIONES

1. Para poder obtener resultados del análisis P.V.T. es necesario ejercer un control apropiado en cada una de las operaciones desarrolladas para determinar dichos parámetros. El control debe llevarse a cabo adecuadamente - sobre forma de seleccionar el pozo, elección del método del muestreo de fluido, calibración del equipo de laboratorio y la preparación del recombinedo.
2. La presión de "rocío" del fluido de yacimiento fue 308 Kg/cm^2 porque se puede concluir que la presión inicial de 381 Kg/cm^2 el yacimiento se encontraba en estado mono fásico.
3. La condensación retrógrada en el yacimiento durante la de clinación de presión alcanzó un máximo de 4.675% de volumen a la presión de rocío, porque podemos decir, de acuerdo a datos reportados en la literatura, líquido permanece inmóvil ya que no alcanza la saturación crítica necesaria para fluir.
4. La pérdida final por condensación retrógrada fue de 2.68% del volumen a la presión de rocío porque no se justificaría la inversión en proyecto de recicló.



BIBLIOTECA
ESPOL

RECOMENDACIONES

Debido a la inmediata explotación de los yacimientos del golfo de Guayaquil es necesario que la Escuela adquiera el equipo necesario para efectuar dichos análisis.



**BIBLIOTECA FICT
ESPOL**

NOMENCLATURA

- BG = Factor de volumen de gas
- Exp. _c P_t T_y = Expansión de la celda debido a los cambios de temperatura. c.c.
- Exp. _m = Expansión de la muestra en la celda. c.c.
- Exp. _{Hg} P_t T_y = Expansión de mercurio dentro de la celda. c.c.
- F_p = Factor de calibración por presión. c.c./Kg/cm²
- F_t = Factor de calibración de la celda por temperatura. c.c./°c
- F_{cat} = Factor de corrección de volumen por catetómetro. c.c./Div.
- F_{evp} = Factor de evaporación.
- F_{cp} = Factor de corrección de la densidad por presión.
- F_{ct} = Factor de corrección de la densidad de líquido por temperatura.
- F_{cb} = Factor de calibración de bomba. c.c./Div.
- GE = Gas extraído en cada etapa de la separación diferencial a condiciones de celda. c.c.
- GP = Gas producido en cada etapa de la separación diferencial a condiciones bases. c.c.
- GPI = Gas producido ideal a condiciones de celda en cada etapa de la separación diferencial.



BIBLIOTECA FIC

ESPOL

- L_i = Lectura inicial de bomba Div.
 L_f = Lectura final de bomba Div.
 L_{Tt} = Lectura de bomba a la temperatura de traspaso y presión de yacimiento Div.
 L_{Ty} = Lectura de bomba a condiciones de Yacimiento Div.
 L_{pi} = Lectura de bomba a temperatura de yacimiento y presión P_i Div.
 $L_{cond.}$ = Lectura del nivel de condensado en el catetómetro Div.
 L_{Hg} = Lectura del nivel de mercurio con el catetómetro Div.
 L_{ieg} = Lectura inicial de extracción de gas en la bomba. Div.
 l_i = Lectura inicial del catetómetro Div.
 l_f = Lectura final del catetómetro Div.
 P_c = Presión de calibración de la bomba Kg/cm^2
 P_a = Presión atmosférica Kg/cm^2
 P_d = Presión en cada etapa de separación diferencial Kg/cm^2 .
 P_x = Presión a condiciones de recombinado Kg/cm^2
 P_b = Presión base Kg/cm^2
 P_t = Presión de traspaso Kg/cm^2



BIBLIOTECA FIC1

ESPOL

T_a	=	Temperatura ambiente °C
T_x	=	Temperatura a condiciones de recombinedo °C
T_b	=	Temperatura base °C
T_t	=	Temperatura de traspaso °C
T_y	=	Temperatura de yacimiento °C
T_{atm}	=	Temperatura atmosférica °C
T_{egg}	=	Temperatura de extracción del gas en el gasómetro °C
T_{egb}	=	Temperatura de extracción de gas en la bomba °C
X	=	Volumen de líquido del separador en la celda de recombinedo c.c.
M	=	Peso molecular del condensado gr/mol.
Z	=	Factor de compresibilidad del gas.
ET	=	Volumen relativo de mercurio a la temperatura T .
B	=	Coefficiente de expansión térmica del mercurio $1/°C$
Δv	=	Incremento de volumen c.c.
	=	Incremento de temperatura °C
$V_c P_c T_a$	=	Volumen de la celda a presión de calibración y temperatura ambiente c.c.
V_e	=	Volumen equivalente gaseoso del condensado c.c.
V_x	=	Volumen de la muestra recombineda c.c.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

$V_{m Pt Tt}$ = Volumen de la muestra recombinada a condicio
nes de traspaso c.c.

$V_{Hg c Pt Tt}$ = Volumen de mercurio en la celda a condicio
nes de traspaso c.c.

$V_{c Pt Tt}$ = Volumen de la muestra recombinada a condicio
nes de traspaso c.c.

$V_{m Pt Ty}$ = Volumen de la muestra a presión de traspaso
y temperatura de yacimiento c.c.

$V_a Pc$ = Volumen aparente del condensado c.c.

$V_{Hgi Pc Ta}$ = Volumen de mercurio inyectado en cada etapa
de calibración, a la presión de calibración y
temperatura ambiente c.c.

$V_{hg ext. Pt Ty}$ = Volumen de mercurio extraído al pasar de
la temperatura de traspaso a la temperatu
ra de yacimiento. c.c.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

REFERENCIAS

1. Pirson S.J., "Ingeniería de Yacimientos Petrolíferos". Ediciones Omega, S.A. 1965 Pág. 360.
2. Pérez, P.R.; "Ingeniería de Yacimientos de Petróleo". Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería, Pág. VI.
3. Standing M.B., "Behavior of Field Hydrocarbon Systems" Reinhold Publishing Corporation, pág. 10.
4. API "Recommended Practice for Sampling Petroleum Reservoir Fluids", First Edition. January 1966. Pág. 3.
5. Clark N.J. "Sampling and Testing Gas Reservoir Samples" Journal of Petroleum Technology, Marzo 1962.
6. Amix J.W., Bass D.M.; Whiting R.L. "Petroleum Reservoir Engineering, Mc Graw Hill 1960, pág. 364.
7. Gutierrez S.W.; "Análisis P.V.T. para muestras de Aceite y Gas Disuelto". Tesis de grado.
8. Craft B.C.; Hawkins M.F. "Ingeniería Aplicada de Yacimientos Petrolíferos. Editorial Tecnos. Pág. 540.
9. Burcik E.J. "Properties of Petroleum Reservoir Fluids"



BIBLIOTECA FIC
ESPOL