

## DETERMINACIÓN DE LA CURVA EFV

Vega<sup>1</sup>, J. M., Albarracín<sup>2</sup>, C. M.; Ale Ruiz<sup>3</sup>, L. y Erdmann<sup>4</sup>, E.

(1) Instituto de Investigaciones para la Industria Química - INIQUI-CONICET, Consejo de Investigaciones- CIUNSa, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.

(2) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.

(3) Consejo de Investigaciones- CIUNSa, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.

(4) Instituto de Investigaciones para la Industria Química – INIQUI (UNSa-CONICET), Instituto Tecnológico de Buenos Aires- ITBA Ciudad de Buenos Aires, Argentina. INIQUI-CONICET- CIUNSa

(Universidad Nacional de Salta)

Avda. Bolivia 5150 – 4400 Salta Capital - Argentina

E-mail: maju.iq@gmail.com

**Resumen.** Un estudio anticipado y minucioso de las condiciones y las propiedades que posee un crudo es esencial para el diseño de la mayoría de los equipos empleados en la industria del petróleo, principalmente para evitar inversiones y gastos innecesarios a la hora de la producción. El primer paso en cualquier refinería es la separación del crudo en varias fracciones mediante el proceso de destilación.

Existen tres métodos para obtener las curvas de destilación ellos son, ASTM (American Section of the International Association for Testing Materials), TBP (true boiling point distillation) y la EFV (equilibrium flash vaporization). Esta última curva es ampliamente utilizada en el diseño de equipos para la industria petroquímica. Sin embargo, debido a que el procedimiento experimental requerido para obtener la curva EFV es complicado, esta es generalmente estimada a partir de otras curvas que involucran procedimientos experimentales más simples. Para tal fin, se desarrollaron varios métodos para estimar la curva EFV.

En este trabajo se presentan resultados obtenidos para los métodos de Maxwell y Edmister por medio de un programa de computación. Este permite la determinación la curva EFV de diferentes crudos. Para su implementación se utilizó el lenguaje C++, aprovechando su versatilidad y

eficiencia, características que lo hicieron ocupar el primer puesto entre las empresas dedicadas al desarrollo de simuladores de procesos.

Los valores obtenidos son comparados con resultados del cálculo manual y de los devueltos empleando el paquete Aspen HYSYS V8.3.

**Palabras clave:** Método de Maxwell, Método de Edmister, Curva Flash.

## 1. Introducción

El primer paso en cualquier refinería es la separación del crudo en varias fracciones mediante el proceso de destilación. La destilación de petróleo crudo es un proceso fundamental en el refinamiento del petróleo y la industria petroquímica. Casi la totalidad de las refinerías en el mundo llevan a cabo el proceso de destilación del petróleo en dos equipos o unidades, los cuales son comúnmente conocidos como la Torre Atmosférica y la Torre de Vacío.

El conocimiento de las características fisicoquímicas globales de los crudos va a condicionar su tratamiento inicial (separación de los gases asociados y estabilización en el campo de producción), su transporte, almacenamiento y por supuesto, precio (Cerutti, 2002).

Un análisis detallado de las propiedades del crudo es de una importancia técnica y económica primordial, pues permitirá al refinero hacer una elección para seleccionar las cargas de las diferentes unidades de separación, de transformación y de conversión, y fijar sus condiciones operatorias, con el fin de satisfacer las exigencias del mercado en las mejores condiciones (Wauquier, 2010).

Cada refinería posee un laboratorio de control donde se efectúa un cierto número de ensayos tipo para cada crudo, de los productos intermedios o acabados, ensayos que tienen una doble finalidad, una comprobar rápidamente si la regulación de las unidades de fabricación es correcta y otra, la de asegurar que la calidad de los productos acabados corresponde a las normas (Wuithier, 1971).

El material y el modo de operar en estos ensayos están normalizados de forma que sus resultados sean fácilmente reproducibles y comparables. A pesar de sus imperfecciones, estos ensayos son muy interesantes ya que hacen posible las caracterizaciones de un producto con una precisión suficiente, y en ciertos casos es factible relacionar estos resultados con propiedades físicas bien definidas.

Hoy en día las refinerías están equipadas con aparatos analizadores en continuo, que realizan automáticamente, las toma de muestras, las analizan, registran los resultados y corrigen, y si es preciso, la regulación de la unidad sin ninguna intervención manual.

Dado que al tratarse de un crudo de petróleo, sabemos que la cantidad específica de cada componente es imposible de conocer, por lo que para su estudio se recurre a correlaciones empíricas, las cuales tienen la finalidad de determinar directamente, a partir de las curvas TBP y ASTM de las fracciones complejas del petróleo, las características básicas de un equilibrio, tales como la curva de vaporización o curva Flash, las que son de mucha importancia, ya que de ella se obtiene información para el diseño del equipo (Maxwell, 1950; Nelson, 1958; Edmister and Okamoto, 1959).

En este trabajo se realizó un programa de computación capaz de obtener los resultados de la curva Flash de diferentes crudos, por medio de la programación de los métodos de Maxwell y Edmister.

## **2. Ensayos de laboratorio del petróleo y sus fracciones**

Las destilaciones de petróleo y fracciones son de gran utilidad en la refinación y formulación de combustibles, en este trabajo solo se hará uso de los datos de tres de las más importantes; la ASTM, conocida así por ser el método normalizado universal, la TBP, para la cual se utilizan equipos de alto fraccionamiento y la de vaporización instantánea o Flash (Wuithier, 1971; Speight, 1998; Cohen, 2003). No se hará referencia a como se realiza el ensayo o es el esquema de los equipos de destilación fraccionada, sino que se denotarán las diferencias entre cada una y la importancia de ellas.

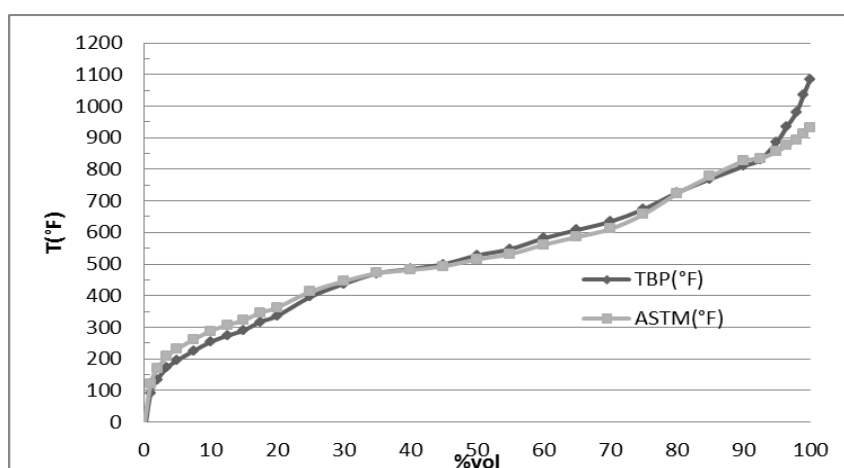
### **2.1. ASTM**

Los porcentajes de destilado y temperatura se anotan de 10% en 10%, tomando como inicial la destilación a la temperatura de la primera gota (0%) y como final la máxima

temperatura que se alcanza y el máximo % de destilado que le corresponde. Las correlaciones de propiedades físicas de petróleo y fracciones se hacen utilizando la *temperatura media de destilación ASTM*, la cual corresponde al 50% volumétrico de destilado, pero como los componentes más livianos tienen menor punto de ebullición y peso molecular, destilarán antes, haciendo que llegue el 50% molar antes que el 50% volumétrico. Lo normal es que a medida que aumenta el peso molecular medio del corte o petróleo, aumente la corrección necesaria por medio del coeficiente angular (Ca) definido por ASTM a través de correlaciones de las temperaturas del 10 y 90% de destilado. La temperatura máxima es de 370°C, por lo que se trata de una destilación suave sin división.

## **2.2. TBP**

La destilación TBP no está estandarizada. Esta curva de destilación se diferencia de la ASTM en el fraccionamiento que produce, el destilado se obtiene de la división de la muestra en las fracciones que la componen. En la Fig. 1 se ha representado las curvas ASTM y TBP de un mismo corte (crudo Labuan). Puede observarse que el primer tramo, bajos % de destilado muestran a la ASTM por encima de la TBP, mientras que en el segundo, altos % de destilado, la TBP se coloca por arriba de la ASTM. Esto ocurre porque la TBP produce un superfraccionamiento, separando mejor los hidrocarburos de bajo peso molecular, de menor temperatura de ebullición, en el primer tramo. En el segundo tramo aparece por arriba la TBP por la eficiencia en separar, fraccionar, los hidrocarburos de mayor peso molecular, por lo tanto mayor punto de ebullición.



**Fig. 1.** Curvas de destilación ASTM y TBP

### 2.3. EFV

El tercer tipo de destilación corresponde a la vaporización continua de equilibrio, destilación instantánea o Flash. La curva Flash expresa el % de vaporizado de un petróleo o derivado en función de la temperatura de equilibrio. Las curvas Flash son de gran importancia en el diseño de equipos industriales de procesamiento, siendo estas generalmente estimadas de las ASTM o TBP, más que ejecutadas.

## 3. Métodos para estimar la curva de vaporización a presión atmosférica

Estimar la curva de vaporización Flash es un problema que desde inicios de la década del 30 del siglo pasado (Piroomov and Beiswenger, 1929; Leslie and Good, 1927) preocupa a números investigadores especialistas en esta materia. La curva de vaporización de las fracciones complejas del petróleo tiene una representación gráfica sensiblemente lineal en su parte central y por ello, para caracterizarla, solo es preciso conocer su pendiente y uno de sus puntos, puntos que según el investigador cambiaran y definirán métodos de cálculo distintos.

### 3.1. Método de Maxwell

Este método fue iniciado por W.L. Nelson y R. J. Harvey en 1948 (Nelson and Harvey, 1948) y proseguido por J. B. Maxwell en su Data Book de 1950 (Maxwell,

1950). El método consiste, en primera instancia, en una correlación entre las rectas de referencia de las curvas de destilación ASTM y TBP y de la curva de vaporización. Entendiéndose por recta de referencia de una curva la que resulta de unir los puntos correspondientes al 10% y al 70% destilado. Los ábacos en su parte superior, establecen las correlaciones entre los valores de la temperatura del 50% destilado de cada línea de referencia. La determinación de la curva de vaporización a partir de su recta de referencia, se efectúa utilizando la parte inferior del ábaco, que nos proporciona las correlaciones que ligan los valores de las diferencias de ordenadas entre la curva de vaporización y su recta de referencia con los que presenta la curva de destilación y su correspondiente recta de referencia.

También se puede extrapolar ligeramente la curva de vaporización algo más allá de los límites marcados por los puntos de ebullición y de roció.

### **3.2. Método de Edmister**

Este método fue desarrollado en 1959 por W. C Edmister y K. K. Okamoto, ellos estudiaron otras correlaciones del mismo tipo que las de Maxwell, pero más detalladas en el sentido de que no se refieren a la totalidad de la curva sino a porciones de la misma: 0 a 10%, 10 a 30% y así hasta el 100%. Estas correlaciones resultan más precisas en el caso de tener que tratar con fracciones que tengan un intervalo de ebullición muy amplio y especialmente para petróleos crudos. Estos autores también fueron los primeros en encontrar una método de conversión entre las curvas ASTM y TBP.

### **3.3. Métodos de Maxwell y Edmister programados**

El lenguaje C++ es una mejora del ya conocido lenguaje C, en principio fue concebido como un lenguaje POO (Programación Orientada a Objetos), pero la meta en realidad es la de mejorar la productividad y practicidad. Tiene una característica, la más importante por la cual ha sido elegido para este trabajo, y es la de admitir *referencias*, las mismas permiten un manejo de nombres más convenientes de direcciones para argumentos de funcione y retorno de valores, algo que fue muy apreciable a la hora de desarrollar el programa para el método de Maxwell y Edmister.

### **3.4. Otros Métodos**

Desde hace un poco más de un siglo se viene estudiando y desarrollando métodos para encontrar una conversión más precisa y con otras propiedades de los crudos como ser el factor K de Watson, la viscosidad, las temperaturas y presiones pseudocríticas, el peso molecular, el contenido de hidrogeno y otras. Estas correlaciones son bastante complicadas de emplear ya que algunas tienen hasta 14 constantes a tener en cuenta.

En 1980 M. R. Riazi y T. E. Daubert (Riazi and Daubert, 1980) publicaron un conjunto de ecuaciones empíricas que dependen del punto de ebullición normal, la gravedad específica y de tres constantes de correlación, las cuales permiten obtener el valor de la característica requerida del crudo o fracción. La precisión de predicción por medio de este método que no solo es aplicable a mezclas de hidrocarburos, sino también a compuestos puros. Fueron considerados un avance para las correlaciones tan extensas que en ese entonces se encontraban en API Technical Data Book (MKetta Jr, 1990).

### **4. Simulación**

En principio los simuladores de procesos estaban dedicados fundamentalmente a la industria con el objeto de mejorar e incrementar la eficiencia de las mismas a partir de hacer simulaciones de diferentes procesos antes de que ocurran en realidad, los cuales producen resultados que pueden ser analizados para una futura realización de los mismos (Cohen,2003). Existe una gran variedad de simuladores de procesos comerciales, algunos son poderosas herramientas de cálculo, con inmensos bancos de datos. Los más usados son Aspen Hysys, Aspen Plus, Chemcad y ProModel.

En la Universidad Nacional de Salta contamos con la licencia universitaria de un potente software de simulación, Aspen Hysys V8.3, por medio del cual obtenemos de manera rápida y sencilla los resultados de la curva EFV, siguiendo el procedimiento elaborado por E. E. Tarifa (Tarifa, 2008).

### **5. Desarrollo**

La intensa utilización de diagramas hace que los métodos de Maxwell y Edmister conlleven un tiempo de cálculo apreciable a pesar de ser sencillos y fáciles de llevar a

cabo, pero cuando se trata de estudiar varios crudos o fracciones a la vez este tiempo es apreciable, por lo que para una lectura rápida y más certera de los puntos se optó por leer los abacos de todas las gráficas involucradas en ellos de forma manual, comparándolas a la vez con los puntos obtenidos por un digitalizador de puntos gráficos, obteniéndose por ambas formas puntos similares.

A continuación se pasaron estos datos al programa C++ y por medio de la programación de diferentes métodos de análisis numérico, entre ellos Lagrange, Mínimos Cuadrados y BSpline se observó que el que mejor ajustaba a los puntos obtenidos era el Método por BSpline el cual es muy utilizado en análisis numérico para los ajustes de curvas por la simplicidad de la representación y la facilidad de cómputo ya que un spline es una curva diferenciable definida en porciones mediante polinomios. El trabajo fue desarrollado para el estudio de 8 crudos, en la Tabla 1 podemos ver el nombre y la gravedad API de los mismos.

**Tabla 1.** Crudos en estudio

Nombre	Gravedad API (°)
Algerian	68.7
Alvhein	34.9
Asgard	50.5
Draugen	39.9
Grane	18.7
Goppsland	42
Labuan	32
Miri	32.3

Las siguientes tablas muestran parte del cálculo que debe realizarse de manera manual aplicando el método de Maxwell (Tabla 1) y el método de Edmister (Tabla 2), para obtener la curva EFV.



**Tabla 2.** Cálculos del método de Maxwell para el crudo Draugen

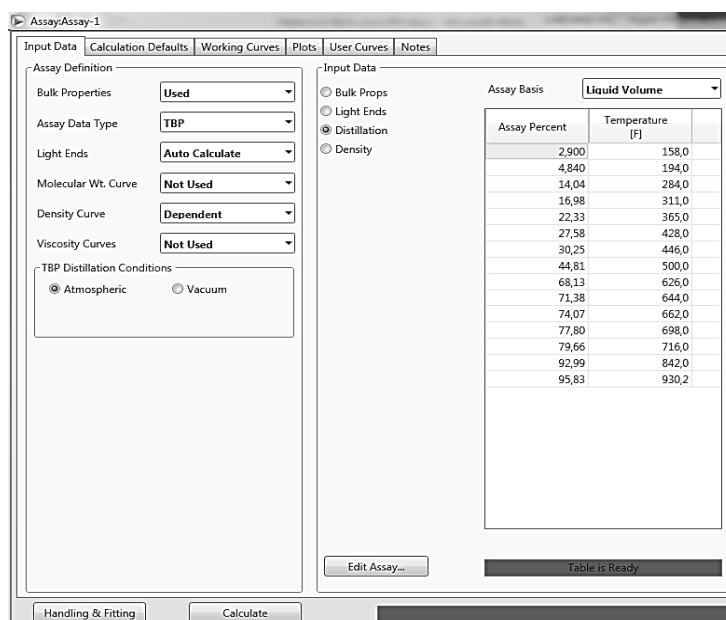
%vol	TBP (°F)	DRL (°F)	DT (TBP)	DT(EFV)/DT(TBP)	DT (Flash)	FRL (°F)	EFV(°F)
0,0	32	35,00	-3,00	0,26	-0,78	155,00	154,22
5,1	59	81,30	-22,30	0,4	-8,92	184,84	175,92
10,0	125	125,00	0,00	0,4	0,00	213,00	213,00
11,9	149	142,27	6,73	0,39	2,62	224,13	226,75
18,0	194	197,35	-3,35	0,36	-1,21	259,63	258,42
30,0	285	305,00	-20,00	0,4	-8,00	329,00	321,00
31,9	302	322,43	-20,43	0,4	-8,17	340,24	332,06
37,4	356	371,15	-15,15	0,4	-6,06	371,63	365,57
40,0	395	395,00	0,00	0,4	0,00	387,00	387,00
47,3	464	460,29	3,71	0,4	1,48	429,08	430,56
50,0	490	485,00	5,00	0,4	2,00	445,00	447,00

**Tabla 3.** Cálculos del método de Edmister para el crudo Asgard

%vol	TTBP (°F)	DT(TBP)	DT(EFV)	EFV (°F)
0	18			130
10	105	87	24	154
30	240	135	86	240
50	360	120	72	312
70	545	185	120	432
90	855	310	128	560
70	545	185	120	432

La carga de datos a la rutina fue construida de manera tal que sea amigable hacia cualquier futuro usuario. La lectura de los datos iniciales, datos de la curva de destilación de laboratorio es leída de un archivo de texto (.txt – bloc de notas). En párrafos anteriores se hizo referencia al uso de los Bspline para la aproximación de las funciones de los gráficos utilizados por el método de Maxwell, a esta decisión se llegó luego de probar con métodos numéricos como ser Lagrange y Mínimos Cuadrados, ambos mostraban una función que a simple vista no ajustaban a los datos ingresados, se producían ruidos y lectura de datos alejados de la realidad física. Si bien en C++ podemos hacer una rutina para que nos devuelva el gráfico de los resultados obtenidos en cada paso de los métodos de Maxwell y Edmister, se optó por utilizar el graficador de Microsoft Excel, ya que en el mismo podemos comparar de manera gráfica como en tablas, los resultados obtenidos.

Para el caso de la simulación, la carga de datos se realiza siguiendo los pasos dados en el trabajo realizado por EE Tarifa (Tarifa, 2008). El paquete físico-químico (Fluid Package) recomendado es Peng Robinson. En la Fig. 2 podemos ver como es la carga de los mismo.



**Fig. 2.** Carga de datos en Aspen Hysys.

Una vez creada la corriente de alimentación se prosigue a realizar un caso de estudio donde seleccionamos a Temperature como variable independiente y Phase Liquid Volumen Flow SDT (Vapour Phase) como variable dependiente, especificamos los rangos de temperatura, luego presionamos el botón Start, y una vez finalizadas las iteraciones podemos ver en formato de Table la curva EFV, estos datos son extraídos para colocarlos en una hoja de cálculos para graficarla.

## 6. Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los diferentes crudos con ambos métodos entendiendo por EFV(°F)<sub>pr</sub> y EFV(°F)<sub>m</sub> a las curvas flash obtenidas con el programa desarrollado –pr- y manualmente –m-, debido a que tienen muchos datos y el programa calcula en número, la misma cantidad de datos que son ingresados, es que se mostrará solo una parte de los resultados de ellos, las Tablas 4,5 y 6 son para el método de Maxwell y las Tablas 7,8 y 9 para el método de Edmister.

**Tabla 4.** Resultados para el metodo de Maxwell de los crudos Labuan, Algerian y Alvhein

% vol	Labuan		vol %	Algerian		vol %	Alvhein	
	EFV(°F)pr	EFV(°F)m		EFV(°F)pr	EFV(°F)m		EFV(°F)pr	EFV(°F)m
2,90	282,89	284,52	3,47	135,52	139,69	1,40	223,04	218,76
4,84	297,24	299,04	36,20	171,66	175,97	1,60	228,40	224,30
14,04	342,16	344,20	49,05	189,16	193,50	3,20	255,58	250,34
16,98	355,58	357,66	77,17	230,69	235,09	4,10	264,30	259,23
22,33	381,43	383,75	85,68	250,50	254,93	6,40	280,34	275,53
27,58	409,97	412,47	94,70	288,75	293,19	8,10	291,54	286,88
30,25	419,52	421,68	100,00	338,63	343,09	10,10	303,46	298,98

**Tabla 5.** Resultados para el metodo de Maxwell de los crudos Asgard, Draugen, Grane

% vol	Asgard		vol %	Draugen		vol %	Grane	
	EFV(°F)pr	EFV(°F)m		EFV(°F)pr	EFV(°F)m		EFV(°F)pr	EFV(°F)m
5,61	159,11	157,50	0,00	151,44	154,22	1,64	420,82	409,02
14,35	207,46	206,08	5,14	174,13	175,92	2,45	429,46	412,02
21,89	236,53	235,30	11,92	225,33	226,75	2,95	438,69	424,17
42,47	312,17	311,22	18,04	257,45	258,42	3,86	455,25	446,40
49,93	344,65	343,80	31,94	333,56	332,06	4,53	466,04	459,27
61,75	403,76	403,07	37,35	367,23	365,57	4,83	469,87	464,12
76,10	479,88	479,38	47,25	431,97	430,56	5,48	478,30	473,10

**Tabla 6.** Resultados para el metodo de Maxwell de los crudos Goppsland y Miri

% vol	Goppsland		vol %	Miri	
	EFV(°F)pr	EFV(°F)m		EFV(°F)pr	EFV(°F)m
4,00	167,88	171,25	2,74	276,28	275,95
10,00	199,10	202,45	5,38	291,66	292,16
14,20	207,48	210,54	15,71	337,54	337,76
16,50	215,34	218,28	18,49	350,65	350,55
20,00	223,67	226,21	24,29	376,90	377,09
26,30	233,79	235,65	30,07	405,88	405,53
30,30	242,59	244,05	33,13	416,23	415,17

**Tabla 7.** Resultados para el metodo de Edmister de los crudos Labuan, Algerian y Alvhein

%vol	Labuan		Algerian		Alvhein	
	EFV(°F)pr	EFV(°F)m	EFV(°F)pr	EFV(°F)m	EFV(°F)pr	EFV (°F)m
0,00	235,78	255,00	104,45	153,00	191,96	190,00
10,00	277,78	283,00	146,45	157,00	267,96	266,00
30,00	413,74	416,00	163,95	169,00	403,96	402,00
50,00	452,04	452,00	189,65	193,00	520,42	519,00
70,00	515,10	514,00	224,46	231,00	640,65	639,00
90,00	629,34	625,00	310,47	313,00	764,65	763,00

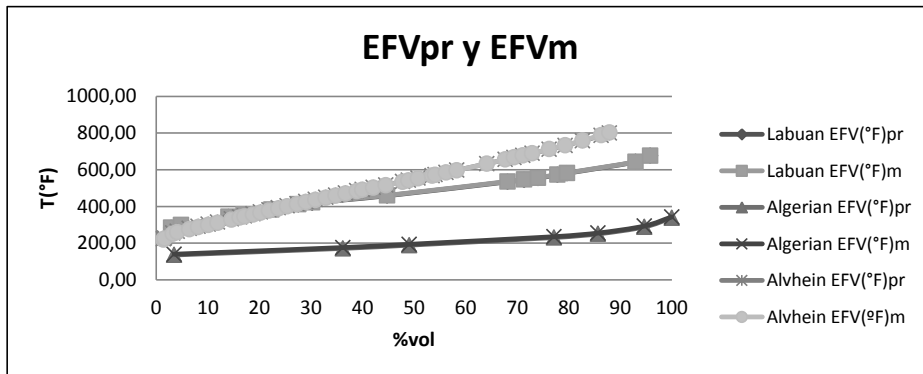
**Tabla 8.** Resultados para el metodo de Edmister de los crudos Asgard, Draugen, Grane

%vol	Asgard		Draugen		Grane	
	EFV(°F)pr	EFV(°F)m	EFV(°F)pr	EFV(°F)m	EFV(°F)pr	EFV (°F)m
0,00	128,71	130,00	161,71	163,00	469,08	532,77
10,00	153,05	154,00	188,62	193,00	513,08	576,77
30,00	236,55	240,00	301,70	304,00	645,81	709,50
50,00	308,67	312,00	433,70	436,00	776,31	840,00
70,00	431,20	432,00	552,85	548,00	887,65	951,34
90,00	559,20	560,00	682,85	678,00	903,65	967,35

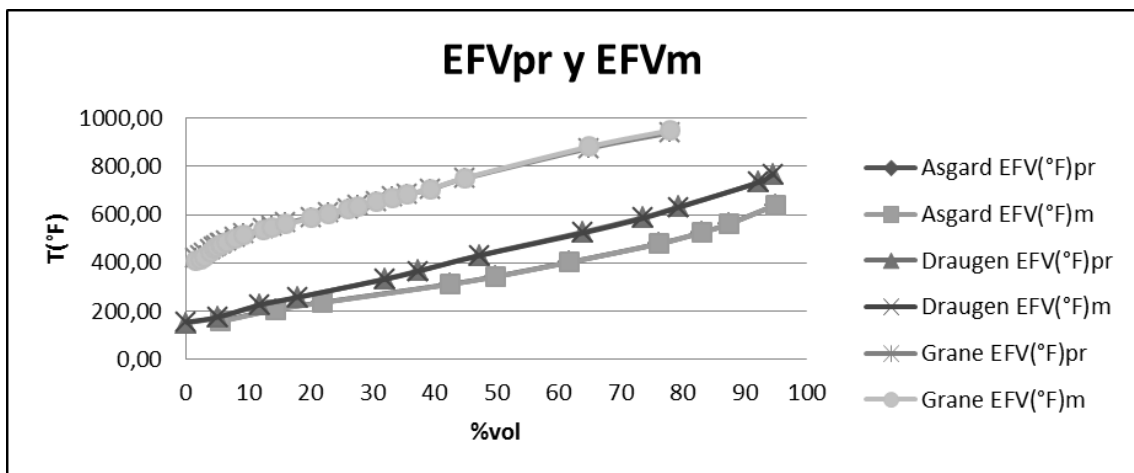
**Tabla 9.** Resultados para el metodo de Edmister de los crudos Goppsland y Miri

%vol	Goppsland		Miri	
	EFV(°F)pr	EFV(°F)m	EFV(°F)pr	EFV(°F)m
0,00	186,64	183,50	246,35	243,00
10,00	206,16	203,50	267,24	262,00
30,00	246,65	244,00	399,74	396,00
50,00	279,60	277,00	445,68	440,00
70,00	334,50	332,00	504,09	502,00
90,00	456,63	454,10	619,97	614,00

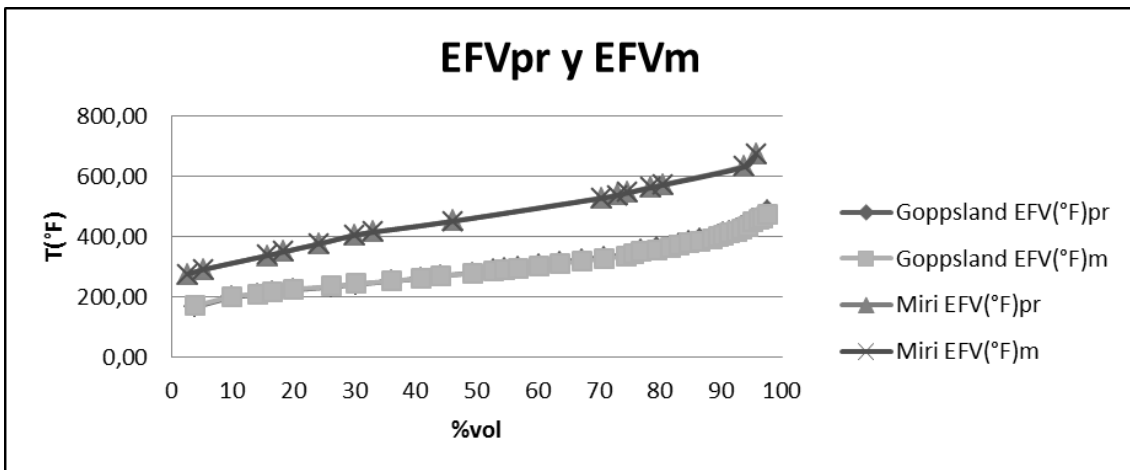
La Fig. 3, 4 y 5 muestran los gráficos de los resultados obtenidos por el método de Maxwell y las Fig. 6 y 7 los obtenidos por el método de Edmister.



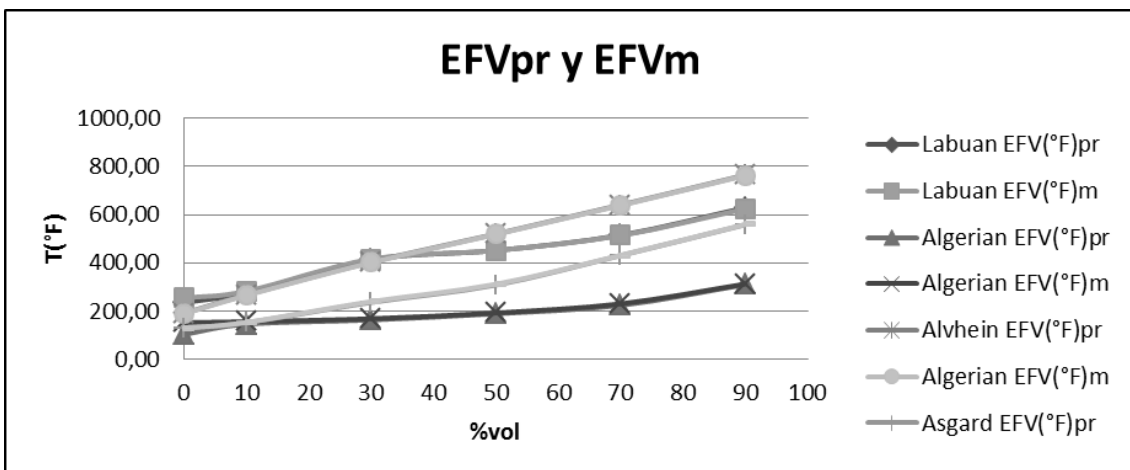
**Fig. 3.** Curvas EFVpr y EFVm por el método de Maxwell para los crudos Labuan, Algerian y Alvheim



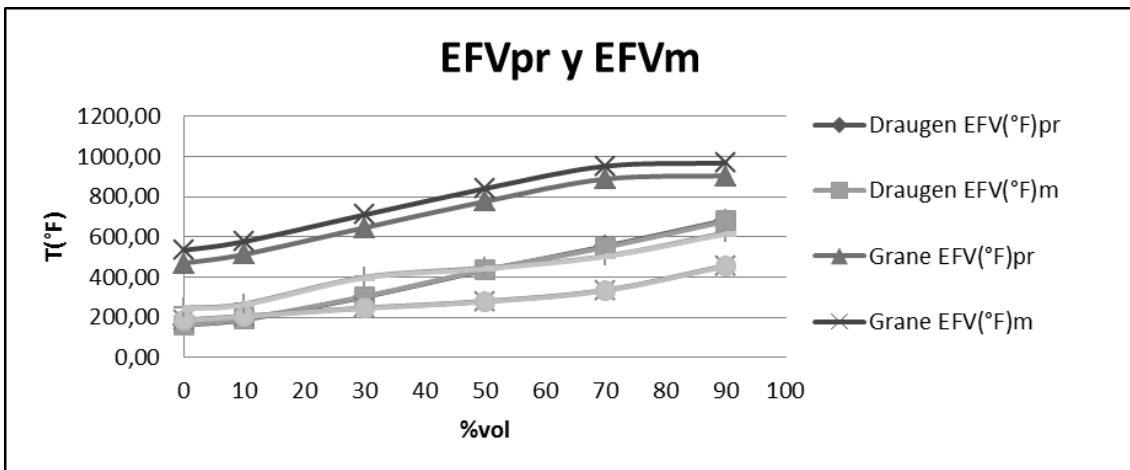
**Fig. 4.** Curvas EFVpr y EFVm por el método de Maxwell para los crudos Asgard, Draugen y Grane



**Fig. 5.** Curvas EFVpr y EFVm por el método de Maxwell para los crudos Goppssland y Miri.



**Fig. 6.** Curvas EFVpr y EFVm por el método de Edmister para los crudos Labuan, Algerian, Alvhein y Asgard.



**Fig. 7.** Curvas EFVpr y EFVm por el método de Edmister para los crudos Draugen, Grane, Goppssland y Miri.

Case Studies Setup -

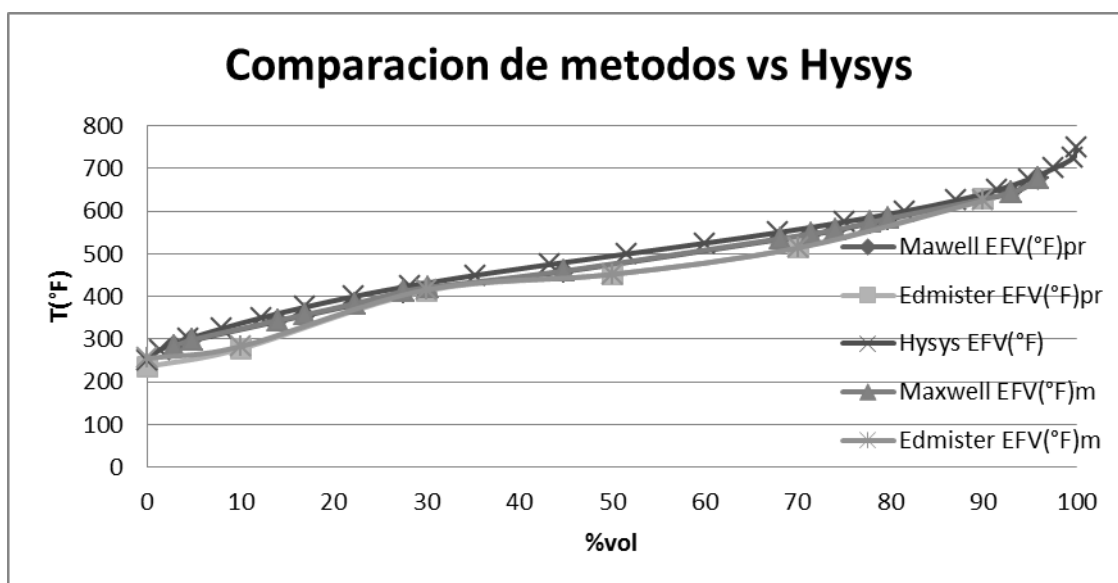
Set up Results Plots Failed States

Table  Transpose Table

State	Grane - Temperature [F]	Phase Std Ideal Liq Vol Flow (Vapour Phase) [m3/h]
State 6	335	0.4664
State 7	362	1.372
State 8	389	2.452
State 9	416	3.777
State 10	443	5.438
State 11	470	7.53
State 12	497	10.13
State 13	524	13.25
State 14	551	16.82
State 15	578	20.71
State 16	605	24.76
State 17	632	28.87
State 18	659	32.94
State 19	686	36.96
State 20	713	41
State 21	740	45.15
State 22	767	49.52
State 23	794	54.21

**Fig. 8.** Datos de la curva EFV en Hysys para el crudo Grane.

Como se explicó anteriormente el uso de los simuladores de procesos hacen que el resultado sea muy rápido de obtener, en cuestión de segundos es posible obtener la curva flash para diferentes crudos o fracciones, en la Fig. 8 vemos la forma en la que el programa devuelve los resultados para el crudo grane, podemos apreciar que tanto más datos obtendremos, mientras más chico sea el tamaño del paso que ingresemos.



**Fig. 9.** Curvas obtenidas por diferentes métodos para el crudo Labuan.

La comparación gráfica de los resultados obtenidos para el crudo Labuan puede apreciarse en la Fig. 9.

## 7. Conclusiones

Conocer las condiciones del equilibrio de fases vapor-líquido de las fracciones del petróleo es esencial para el diseño de la mayoría de los equipos empleados en la industria petroquímica. Esta información puede ser obtenida experimentalmente mediante la determinación de la curva EFV. Sin embargo, el procedimiento es laborioso y costoso. Por estos motivos, generalmente se emplean correlaciones empíricas para estimar la curva EFV a partir de curvas ASTM o TBP que son más fáciles de obtener experimentalmente. En el presente trabajo se desarrolló un programa que ejecuta los pasos a seguir para obtener la curva EFV por medio del método de Maxwell y Edmister.



La rutina de programación para el método de Maxwell no mostro dificultad al momento de realizarla, sin embargo la rutina para el método de Edmister fue un poco más complicada de llevar a cabo, ya que debieron colocarse varias restricciones al momento de obtener la diferencia de temperaturas EFV para todo el rango de diferencias de temperaturas de ingreso.

Si bien el tiempo empleado en la programación fue apreciable, una vez que el programa corre y se corrobora que está funcionando bien, solo es cuestión de copiar los datos de la curva, ya sea TBP o ASTM en un archivo de texto y el programa lo importa, obteniéndose en cuestión de segundos resultados que llevan un tiempo apreciable si se realizan los cálculos de manera manual, siempre corriendo el riesgo de cometer errores por medio del manipuleo de tantos gráficos que componen el método de Maxwell.

En la Fig. 9 se observa una buena aproximación entre estos métodos, por lo que se concluye que la rutina creada es una nueva herramienta a utilizar para el grupo de trabajo al momento de necesitar corroborar resultados.

## 7. Referencias

- Cerutti, A. A.( 2002), *La Refinación del petróleo*, Tomo I, Ed. IAPG, pp. 9-25.
- Cohen, L., *Diseño y Simulación de Procesos Químicos*, Segunda Ed., Algeciras-España, Editor León Cohen Mesonero, 2003.
- Edmister, W. C. and Okamoto, K.K., *Applied Hydrocarbon Thermodynamics - Part 12: Equilibrium Flash Vaporization Correlations for Petroleum Fractions*, August-Petroleum Refiner, 1959.
- Leslie E. H. and Good A. J. (1927), *Ind. Eng. Chem.* 19, 453.
- Maxwell, J. B.( 1950), *Data Book on Hydrocarbons*, London, D. van Nostrand Company.
- McKetta Jr J. J. (1990), *Encyclopedia of Chemical Processing and Desing*, Library of congress catalog card number 75-40646, 520 pag Nelson, W. L. and Harvey R.( 1948), *Oil and gas*, pp 71-78.
- Nelson, W. L.( 1958), *Petroleum Refinery Engineering*, Ed. Mc Graw Hill.

- Piroomov R. S. and Beiswenger G. A. (1929), *Proc. API Refinery Technology*. Sect. II, 52-68.
- Riazi M. R. and Daubert T. E. (1980), *Prediction Of The Composition Of Petroleumfraction*, American Chemical Society, Vol 19, 289-294.
- Tarifa, E., Erdmann, E., Humana, D., Franco, S. & Mercado, L.( 2008), *Determinación de la curva de destilación flash para cortes de petróleo utilizando simuladores comerciales*; Revista ingeniería e investigación; vol. 28 No.1;50-56.
- Wauquier J.P.( 2010), *El REfino del Petroleo*, Vol. 1, Ediciones Díaz de Santos, 2004 - 462 páginas. Francia.
- Wuithier P. (1971), *Refino y tratamiento del petroleo*, CEPSA, Madrid.
- .