

## Simulation of the EDC Purification Unit of a MVC Plant

**Yadira López<sup>1</sup>, Jorge Sánchez<sup>2</sup>, José Hernández<sup>3</sup> e Ingrid Leal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Ingeniería Química. <sup>2</sup>Centro de Superficies y Catálisis.  
Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. <sup>3</sup>Pequiven. El Tablazo, Maracaibo  
E-mail: ylopez@luz.ve

### Abstract

Simulation models, by means of the commercial program Aspen Plus, were built for the different columns that integrate the purification unit of 1,2 dichloroethane (EDC) of a vinyl chloride plant. These models can be used to evaluate and/or to predict the system behaviour for helping to take corrective actions and/or to define operation strategies. The thermodynamic method NRTL-RK were validated well the design data for light component and vacuum distillation columns, and the state equation of Lee-Keesler-Plocker for the heavy component column. The simulation models properly fit the data of the columns under operation conditions. Sensitivity analyses were carried out to evaluate the light component content in the bottom product of the light component column, varying the feed load into the column, the amount of the light components and the heat needed to maintain the concentration of those components at the required specifications. A higher effect occurs on the light component content in the bottom product of this column as the feed load increases over 30000 kg/h. The presence of light components in the feed (carbon tetrachloride, chloroform, etc.) in higher amounts than the design values did not affect the composition of the bottom product of the column. The hydraulic study demonstrated that all the columns have flexibility to operate with feed loads higher than the design feed loads.

**Key words:** Simulation, distillation, 1,2 dichloroethane, vinyl chloride.

## Simulación de la unidad de purificación de EDC de una planta MVC

### Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo desarrollar, mediante el empleo del programa comercial ASPEN PLUS de Aspentech, modelos de simulación para las diferentes columnas de destilación que integran la unidad de purificación de EDC, con la finalidad de evaluar y/o predecir el comportamiento del sistema para facilitar la implementación de acciones correctivas y/o definir estrategias de operación. Estos modelos reprodujeron adecuadamente los datos operacionales y de diseño de las columnas que integran la unidad de purificación. El método termodinámico NRTL en combinación con la ecuación de estado de Redlich-Wong (NRTL-RK) fue el que mejor ajustó los datos de diseño de la columna de separación de componentes livianos (C-1) y de la columna de vacío (C-2), mientras que la ecuación de estado de Lee-Keesler-Plocker (LKP) validó adecuadamente los datos de diseño para la columna de separación de los componentes pesados (C-3). Se efectuaron análisis de sensibilidad para evaluar el efecto sobre el contenido de componentes livianos en el producto de fondo de la columna C-1, al variar la carga y la cantidad de los componentes livianos en la alimentación, así como también el calor necesario para mantener la concentración de estos componentes dentro las especificaciones requeridas. El mayor efecto sobre el contenido de livianos en el fondo de la columna C-1 se obtuvo al incrementar la carga de alimentación a valores superiores de 30000 kg/h. La presencia de componentes livianos como tetracloruro de carbono y cloroformo en la corriente de alimentación, en cantidades superiores a las del diseño, no afectó la pureza del producto de fon-

do de la columna C-1 ya que el calor suministrado en el rehervidor es suficiente para separar estos componentes. El estudio hidráulico mostró que todas las columnas tienen flexibilidad para operar con cargas de alimentación superiores a las de diseño.

**Palabras clave:** Simulación, destilación, 1,2 dicloro etano, cloruro de vinilo.

## Introducción

El monocloruro de vinilo (MVC) se produce mediante el craqueo térmico del 1,2 dicloroetano (EDC). El EDC que se alimenta a los hornos de craqueo debe cumplir con una especificación de calidad estricta, para así evitar que las impurezas presentes ocasionen la coquización prematura de los hornos y que el producto MVC esté fuera de especificación; lo cual puede causar pérdidas significativas de producción. Para lograr esta especificación, en la planta se cuenta con una sección de purificación de EDC, que procesa adicionalmente el EDC producido y de reciclo de otra planta existente.

La sección de purificación de EDC consta de tres columnas de destilación, una de separación de livianos (C-1), una de separación de componentes pesados (C-2) y una columna de vacío (C-3). El EDC de reciclo de ambas plantas es tratado en un sistema de cloración de livianos, previamente antes de ser alimentado al sistema de purificación.

Para la purificación del EDC, la planta puede operarse según dos modos principales: modo de operación balanceado, en el cual sólo se procesa el EDC producido y de reciclo de la planta y modo de operación no balanceado, en el cual se procesa el EDC de la planta, en conjunto con el EDC producido y de reciclo de otra planta.

El presente trabajo tiene por objetivo desarrollar, mediante el empleo del simulador comercial ASPEN PLUS de AspenTech [1], modelos de simulación para las diferentes columnas que integran la unidad de purificación de EDC, con la finalidad de evaluar y/o predecir el comportamiento del sistema para facilitar la implantación de acciones correctivas y/o definir estrategias de operación.

Se seleccionaron los modelos termodinámicos teniendo en cuenta la naturaleza y composición de las mezclas tratadas, y las condiciones de operación de cada uno de los equipos a simular, además se tomó como referencia las recomenda-

ciones de la empresa Aspen Plus [1] y las citadas en la bibliografía [2-7].

La simulación incluyó la validación de la unidad de purificación de EDC con datos de diseño para los modos de operación balanceado y no balanceado, así como la simulación con datos reales para el modo de operación balanceado. Los datos de operación se obtuvieron a través de un programa de muestreo especial existente en la planta estudiada. Adicionalmente se evaluaron diferentes casos reales de operación de la unidad de purificación, con lo cual se comprueba la aplicabilidad de los modelos desarrollados en la evaluación y solución de problemas presentados en planta.

## Parte Experimental

En la simulación de las columnas se utilizó el módulo de destilación rigurosa RADFRAC del programa comercial ASPEN PLUS de AspenTech [1], que permite efectuar cálculos de diseño y dimensionamiento de columnas de destilación.

### 1. Montaje de la simulación

En la simulación de la unidad de purificación de EDC se tomó como base el modo de operación balanceado. Se elaboraron los diagramas de flujo de cada una de las columnas tomando como referencia los diagramas de flujo de procesos de las áreas respectivas de la planta. Los datos de entrada dependen del tipo de simulación a llevar a cabo: diseño, operación real o estudios de sensibilidad.

En el modelo de simulación, las columnas sólo incluyen el rehervidor y el resto de los equipos asociados (separadores, bombas, intercambiadores, etc.) se simularon como bloques individuales. El condensador de cada una de las columnas se simuló en forma rigurosa, para esto fue necesario tratarlo como un bloque individual y no integrado a la columna.

En todas las columnas se especificaron el flujo del producto de fondo, la relación destilado

vapor/ destilado total, la presión de tope y la caída de presión. Adicionalmente, se introdujo la información de las dimensiones de los internos de las columnas.

## 2. Selección del método termodinámico

La simulación se efectuó utilizando varios métodos termodinámicos, seleccionados tomando en consideración la naturaleza y condiciones de la alimentación que se maneja en cada una de las columnas y las condiciones de operación.

## 3. Simulación con datos de diseño

En la simulación con datos de diseño se establecieron las condiciones de presión, temperatura, flujo y composición de las corrientes de alimentación. También se fijaron las condiciones de operación de cada equipo de la planta, para los modos de operación balanceado y no balanceado. Los resultados obtenidos se compararon con los datos de diseño de la planta en cuanto a: presión, temperatura, flujo, calor en el rehervidor y composición de las corrientes de tope y fondo de las columnas.

## 4. Cálculo de la eficiencia de etapas

En la corrida inicial de cada columna, se consideraron etapas de equilibrio, es decir, que la eficiencia en cada etapa fue de 100%. Con los resultados obtenidos de esta primera simulación se efectuó el cálculo de la eficiencia de vapor de Murphree [8] para cada etapa, la cual fue utilizada para realizar una nueva simulación.

## 5. Simulación con datos reales

En la simulación con datos reales se utilizó como base el modelo desarrollado para el modo de operación balanceado.

Se realizó un programa de muestreo para el análisis cromatográfico de cada corriente de alimentación y de las corrientes de salida; al mismo tiempo del muestreo se registraron los flujos, presiones, temperaturas de las diferentes corrientes y las condiciones de presión y temperatura de los equipos de la unidad de purificación.

Estos datos se introdujeron al programa de simulación y se realizó la corrida para comparar los datos reales de salida y condiciones de operación de cada equipo con los reportados en la si-

mulación. La eficiencia de las etapas en cada columna fue recalculada con los valores reales de operación.

## 6. Análisis de sensibilidad

Luego de la simulación de las columnas con datos reales de planta, se utilizaron estos modelos para la evaluación de diferentes casos reales de operación y análisis de sensibilidad.

# Resultados

## 1. Selección del método termodinámico

En la Tabla 1 se presentan los valores de diseño de las temperaturas de tope y fondo y del calor en el rehervidor para las diferentes columnas, comparados con los datos obtenidos en la simulación con los métodos termodinámicos de Lee-Kesler-Plocker y las ecuaciones UNIQUAC y NRTL en conjunto con la ecuación de estado de Redlich Kwong.

Puede observarse que para las columnas de separación de livianos C-1 y de vacío C-3, tanto el método NRTL-RK como el UNIQUAC-RK [1, 3-7, 9-12] reproducen adecuadamente los datos de diseño. En este estudio se seleccionó el método NRTL-RK como método termodinámico. Para la columna C-2, utilizada para la separación de los componentes pesados, los diferentes métodos seleccionados reproducen aceptablemente los datos de diseño; sin embargo, el método de Lee-Kesler-Plocker es el que mejor ajusta las condiciones de operación según diseño. Estos resultados son similares a los obtenidos por Báez y Soto [2], quienes también realizaron simulaciones de esta columna con el método LKP.

## 2. Validación con datos de diseño: Modo balanceado

Las temperaturas de tope y fondo y el calor suministrado en el rehervidor obtenidos en la simulación para las diferentes columnas se comparan con los datos de diseño en la Tabla 2. Se observa que los resultados obtenidos son similares a los datos de diseño, con una desviación menor del 3.4%.

**Columnas C-1, C-2 y C-3:** El flujo y la composición másica de las corrientes de tope y fondo de la columna C-1 obtenidos en la simulación se

Tabla 1  
Comparación de Métodos Termodinámicos

	UNIQUAC-RK	NRTL-RK	Lee Kesler Plocker	Diseño
Columna de Livianos				
Temperatura de tope °C	78.7	78.0	89.9	76
Temperatura de fondo °C	100.8	100.7	101.6	103
Calor en el rehervidor MM kJ/h	10.692	10.761	1.757	10.851
Columna de Pesados				
Temperatura de tope °C	86.2	87.3	86.2	87
Temperatura de fondo °C	96.5	97.3	96.5	97
Calor en el rehervidor MM kJ/h	22.724	23.326	22.726	23.059
Columna de vacío				
Temperatura de tope °C	45.79	45.79	48.95	45
Temperatura de fondo °C	84.07	83.60	83.96	83
Calor en el rehervidor MM kJ/h	2.589	2.588	2.700	2.565

Tabla 2  
Condiciones de operación de las columnas. Diseño y Simulación

	Columna C-1		Columna C-2		Columna C-3	
	Simulación	Diseño	Simulación	Diseño	Simulación	Diseño
Temperatura de tope C	78.6	76	87.3	87	45.3	45
Temperatura de fondo C	100.7	103	97.3	97	83.4	83
Calor en el rehervidor MM kJ/h	10.830	10.851	23.326	23.058	2.583	2.565

comparan en la Tabla 3 con los datos de diseño. Puede observarse que la simulación reproduce los datos de diseño, tanto en el flujo total como en los flujos de cada componente. Con respecto a los componentes cloroformo y 1,1 dicloroetano el modelo de simulación predice que los mismos no deberían estar presentes en la corriente de fondo, tal como se indica en los datos de diseño, donde estos componentes están presentes en cantidades despreciables.

En el caso de las columnas C-2 y C-3 también las condiciones de presión y temperatura, y los flujos y composición de las corrientes de tope y fondo, concordaron aceptablemente con los da-

tos de diseño, obteniéndose desviaciones menores al 5%.

### 3. Estudio hidráulico de las columnas de la Unidad de Purificación de EDC

En la Figura 1 se presentan los resultados de la simulación en cuanto a la variación en el factor de inundación (F) con respecto al número de plato para cada una de las columnas de la unidad de purificación de EDC. La relación altura de líquido en el bajante/espaciamento entre platos (DcBa/Ts) también fue evaluada.

**Columna de livianos C-1:** El factor de inundación en esta columna varía de 0.5 a 0.48

Tabla 3  
Corrientes principales en la columna C-1. Simulación y Diseño

	Tope		Fondo	
	Simulación	Diseño	Simulación	Diseño
Temperatura °C	78.7	76.4	101.6	102.7
Presión bar	1.22	1.19	8.43	8.43
Flujo Molar kmol/h	300.02	301.24	215.18	215.20
Flujo Masico kg/h	30541.95	30538.74	21334.08	21337.83
Componente	Fracción Másica			
HCL	0.000011	0.000011		
VCM	0.007000	0.006709		
EDC	0.467000	0.4667709	0.995000	0.994763
Oxígeno	0.000002	0.000002		
Nitrógeno	0.000010	0.000010		
Monóxido	0.000001	0.000003		
Dióxido	0.002000	0.002239		
Cloroformo	0.200000	0.198884	0.000000	0.000021
CCL4	0.101000	0.101802		
C2H5CL	0.025000	0.024726		
1,1 EDC	0.192000	0.192943	0.000000	0.000005
C4H5CL	0.000000	0.000000		
C6H6	0.000048	0.000043	0.000026	0.000030
C2H3CL3			0.002000	0.002300
Pesados			0.002000	0.001797
C6H4CL23			0.001000	0.001084
H2O	0.005000	0.005915		

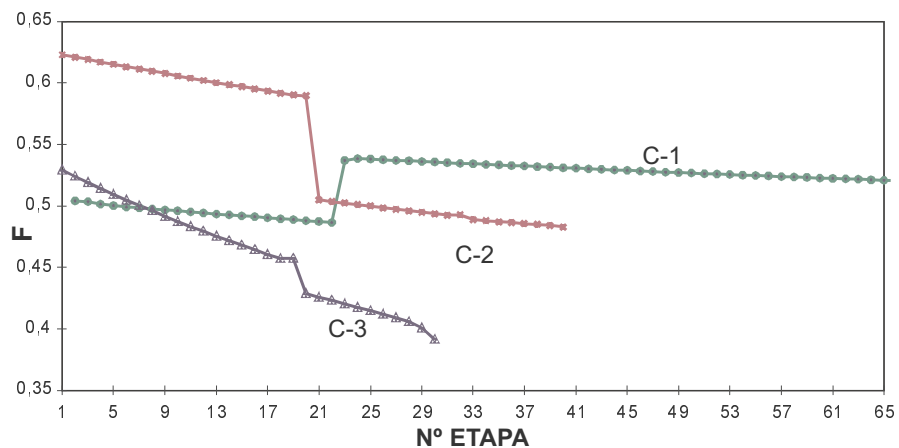


Figura 1. Factor de Inundación Vs Nº Etapas.

en la sección de agotamiento y de 0.54 a 0.52 en la sección de rectificación. La relación  $DcBa/Ts$  resultó aproximadamente constante en ambas secciones e igual a 0.29 en la de agotamiento y a 0.37 en la de rectificación.

**Columna de pesados C-2:** En esta columna, el factor de inundación varió entre 0.62 y 0.60 en la sección de agotamiento y entre 0.50 y 0.48 en la sección de rectificación. La relación  $DcBa/Ts$  es aproximadamente constante en las tres secciones de la columna: 0.27 en la primera, 0.30 en la segunda y a 0.35 en la última sección.

**Columna de vacío C-3:** El factor de inundación varía entre de 0.53 a 0.46 en la sección de agotamiento y de 0.42 a 0.39 en la sección de rectificación. La relación  $DcBa/Ts$  es varía de 0.18 a 0.17 en la sección de agotamiento y aproximadamente constante en 0.18 en la sección de rectificación.

En general, se puede concluir, que los valores de los parámetros hidráulicos de las columnas que integran el sistema de purificación de EDC, se encuentran significativamente por debajo de los valores máximos permisibles [13, 14], lo que sugiere que estas columnas poseen una capacidad adicional para tratar mayores flujos de alimentación, sin que ocurran problemas hidráulicos.

#### 4. Simulación con datos reales

En los análisis cromatográficos de las corrientes se encontró la presencia de componentes que no se consideraron en el diseño de la planta, tales como: óxido de etileno, 1,1 dicloroetileno, dicloro metano, Trans 1-2 dicloroetileno, Cis 1-2 dicloroetileno, cloroetano, 1-1-2 tricloroetileno, tetracloro etileno y tetracloro etano, sin embargo estos componentes se incluyeron en la simulación. En algunos casos fue imposible obte-

ner información en cuanto a un valor de flujo, presión o temperatura, ya que no existían instrumentos de medición en la unidad de purificación de EDC. Por lo tanto, se utilizaron los datos de diseño, lo cual puede ocasionar pequeñas desviaciones en los resultados de la simulación, ya que los valores reales de operación no siempre coinciden con los datos de diseño. Adicionalmente a los análisis cromatográficos de las corrientes, se midió la temperatura en varios puntos de las diferentes columnas. En la Tabla 4 se presentan comparativamente los resultados en cuanto a temperatura, presión y calor suministrado por el rehervidor para las diferentes columnas, en la misma puede observarse que la máxima desviación de las temperaturas se presenta en la corriente de fondo de la columna C-3, con un valor de 5.5%. El calor suministrado por los rehervidores se calculó con datos reales de flujo de vapor y condiciones de temperatura y presión.

Los calores calculados en la operación y en la simulación de la columna C-3 son muy similares; mientras que en la columna C-1 la diferencia es de 18%, sin embargo se considera aceptable. El requerimiento de calor en la columna C-2 no se pudo calcular, debido a que no se disponía de medidores de flujo en el momento de la toma de muestra. La Figura 2 muestra la comparación del perfil de temperatura calculado en la simulación con respecto al real. Se puede observar que el reportado en la simulación reproduce adecuadamente el perfil de temperatura real, obteniéndose desviaciones máximas de 0.71% en la columna C-1, 0.88% en la columna C-2 y de 5.7% en la columna C-3.

En la Tabla 5 se comparan los datos reales con los obtenidos en la simulación para las diferentes columnas y se observa que hay una buena

Tabla 4  
Condiciones de operación de las columnas de la Unidad de Purificación de EDC con datos reales

	C-1		C-2		C-3	
	Simulación	Real	Simulación	Real	Simulación	Real
Temperatura de Tope °C	92.8	93.2	87.4	87	50.8	52
Temperatura de Fondo °C	106.4	106.2	97.39	97	80.9	85.6
Calor del Rehervidor MM kJ/h	14.208	11.526	31.511	-	4.253	4.084

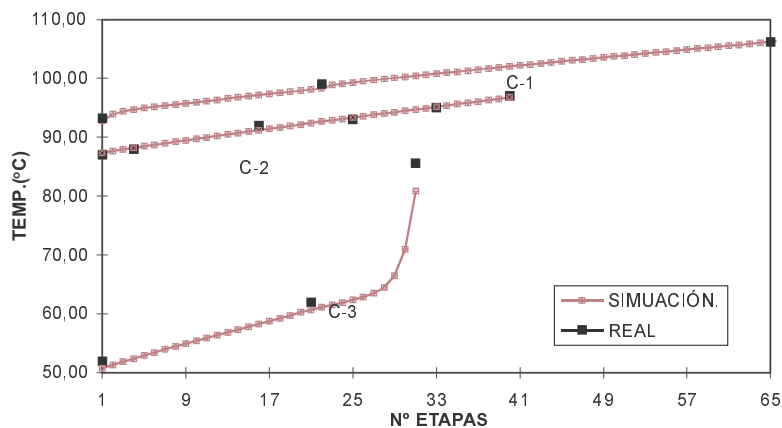


Figura 2. Perfil de temperatura.

Tabla 5  
Simulación con datos reales

	Columna de Livianos		Columna de Pesados		Columna de Vacío	
	Producto de fondo		Destilado		Destilado	
	Simulación	Real	Simulación	Real	Simulación	Real
Temperatura °C	107	106.2	67	66.5	28.7	28
Presión bar	8.43	No Disp.	4.52	No Disp.	5	No Disp.
Flujo Másico kg/h	25899.99	25900	48833.86	46800	7895	7896
Componente	Fracción Másica					
HCL	0	9E-05	0.000133	1E-04	0	0.00017
VCM			0.000011	1E-05		
Edc	0.992	0.992	0.997	0.997	1	0.99855
Etileno			0.000049	1E-04		
Cloroformo			0.000053	0		
CCL4			0.00002	0		
C2H5CL			0.000016	2E-05		
Dicloroetano			0.000277	3e-04		
C4H5CL						
C6H6	0.001	0.001	0.002	0.002	0	0.0005
C2H3CL3	0.004	0.004	0.000003	6E-05	0	4.5E-05
PESADOS	0.001	0.002				
C6H4CL23	0.000044	5E-05				
H2O	0	1E-05				
Componentes que no están presentes en los datos de Diseño						
C2H5CLO	0	1E-04			0	0
C2HCL3	0.000288	3E-04	0.000381	4E-04	0	0.00007
C2CL4	0.000231	2E-04			0	0.0035
C2H2CL4	0.000363	4E-04				

concordancia entre ambos valores, existiendo sólo pequeñas diferencias de HCl en las columnas C-1 y C-3; cloroetanol en la columna C-1; etileno, cloroformo y tricloroetano, en la columna C-2 y cloroetanol y tricloroetileno en la columna C-3. El HCl se encuentra en mayor proporción que la reportada en la simulación, debido a que algunos componentes organoclorados son térmicamente inestables y a las condiciones de fondo en las columnas pueden descomponerse y producir HCl; estas reacciones no están incluidas en el modelo de simulación. Con relación al resto de los componentes, la alimentación según diseño no los contiene, por lo tanto no fueron validados sus parámetros de interacción y es probable que los utilizados de la base de datos del simulador no sean los mas adecuados. Finalmente, podemos concluir que los modelos de simulación desarrollados, reproducen adecuadamente datos reales de operación, y por lo tanto pueden ser utilizados como herramienta en la evaluación del comportamiento de las columnas de la unidad de purificación de EDC.

**5. Análisis de sensibilidad**

A continuación se presentan una serie de casos en los cuales puede demostrarse la aplicabilidad de esta herramienta de simulación en la evaluación y resolución de problemas operacionales existentes.

**a) Evaluación del contenido de livianos en la corriente de fondo de la Columna C-1**

El control del contenido de livianos en la corriente de fondo de la columna C-1 es un paráme-

tro de suma importancia ya que influye directamente en la calidad del EDC producido. Un exceso en componentes livianos, tales como cloroformo y tetracloruro de carbono incrementaría la formación de coque en el horno de craqueo y disminuiría el tiempo de operación del mismo y/o formaría impurezas que afectarían la especificación del producto MVC. Esta evaluación incluyó los siguientes casos:

1.- Evaluación del contenido de livianos en el fondo de la columna y su efecto sobre la calidad del EDC de alimentación al horno (Tope de la columna C-2), incrementando el flujo de alimentación a la columna C-1. En esta evaluación se mantuvo el flujo de reflujo en 30324 kg./h (diseño), que es el máximo reflujo utilizado en planta, y un flujo de vapor al rehervidor de 6 ton/h, que genera un calor en el rehervidor de 11.639 MM kJ/h. En la Figura 3 se presentan los resultados de esta simulación y puede observarse claramente que hay un aumento en la concentración de cloroformo y tetracloruro de carbono para cargas superiores a los 30.000 kg./h. En la Figura 4 se observa que la calidad del EDC de alimentación al horno (Tope de la columna C-2), disminuye al aumentar el flujo de alimentación a valores superiores a 30000 kg./h.

2.- Cálculo del calor necesario para mantener la concentración de componentes livianos en la corriente de fondo de la columna C-1 dentro de las especificaciones requeridas. En esta evaluación se mantuvieron constantes el flujo de alimentación a la columna en 30000 kg/h y la relación de reflujo, y se determinó el calor necesario en el rehervidor para mantener una composición

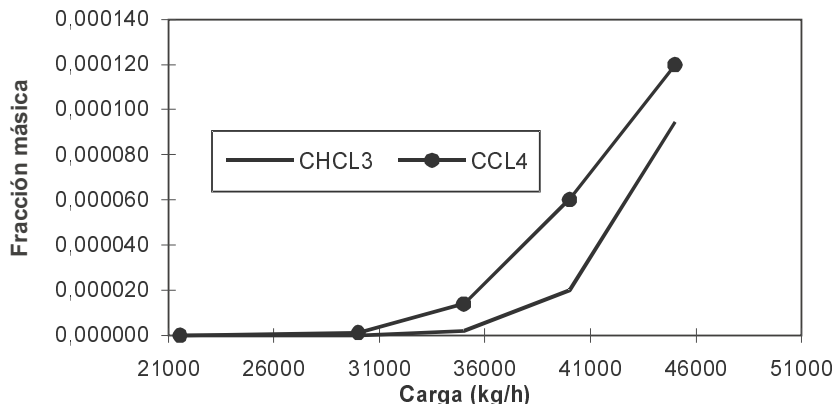


Figura 3. Efecto del aumento de carga en la concentración de componentes livianos en el fondo de la columna C-1.



de componentes livianos en el producto de fondo de la columna menor a la especificada en el diseño. Los resultados indican que el calor requerido sería 13.481 MM kJ/h lo que equivale a un flujo de vapor de agua de 6187 kg/h. Los flujos de los productos de tope y fondo de la columna fueron 38259 y 29715 kg/h respectivamente y una cantidad de reflujo de 37974 kg/h. Esta cantidad de reflujo no puede ser manejada por la bomba de reflujo de la columna C-1, ya que la misma tiene una capacidad de diseño de 29 m<sup>3</sup>/h equivalentes a 36569 kg/h.

3.- Variación en la cantidad de cloroformo y tetracloruro de carbono en la corriente de alimentación a la columna C-1 entre el flujo de diseño y un aumento del 100%, con la finalidad de evaluar el efecto sobre la composición de estos componentes en el producto de fondo de la columna: Se varió entre 25 y 50 kg/h el flujo de cloroformo y de 13 a 26 kg/h el flujo de tetracloruro en la corriente de alimentación. Los resultados

de esta evaluación se presentan en la Figura 5 donde se nota claramente que no existe un efecto importante sobre el contenido de los mismos en el producto de fondo de la columna, estando presentes en concentraciones muy pequeñas.

#### b) Evaluación operacional de la columna de pesados C-2

Actualmente el requerimiento de calor en la columna C-2 es suministrado por dos intercambiadores de calor uno en el que se aprovecha el calor generado en la reacción de formación de EDC por cloración directa y otro que trabaja con vapor de agua, y su función es suministrar el calor necesario en caso de que haya limitaciones en el primer intercambiador por ensuciamiento u otro problema y/o por limitaciones en el área de cloración directa. La columna de pesados opera con diferentes alimentaciones, entre ellas la corriente de EDC de tope de la columna de vacío C-3, la cual contiene EDC con una pureza de 0.999967 en peso.

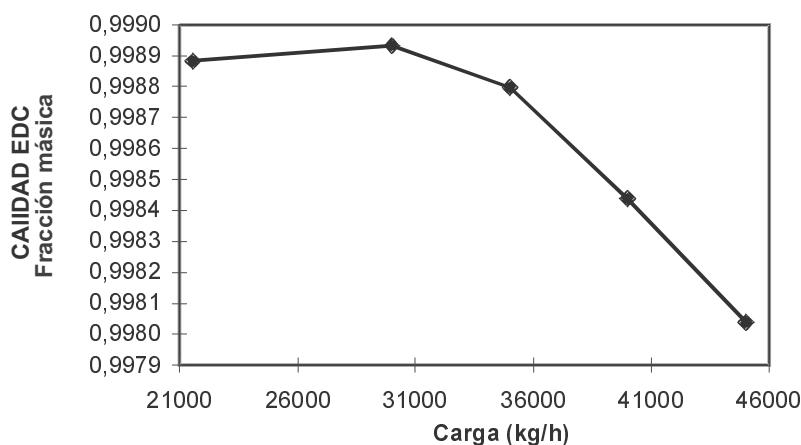


Figura 4. Efecto del aumento de carga en la calidad del EDC producto (Tope C-2).

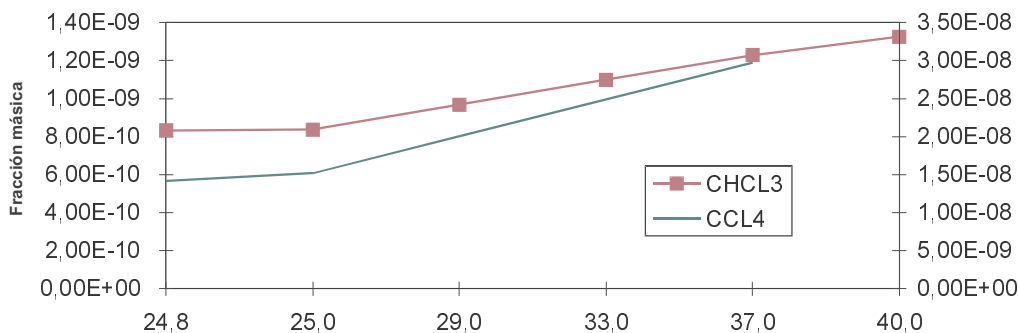


Figura 5. Efecto del aumento de componentes livianos en la alimentación a la columna C-1.

Se evaluó la cantidad de calor necesaria para operar la columna de pesados con la alimentación proveniente de la columna C-3 y sin ésta. Los resultados indican que la operación de la columna tratando el flujo proveniente de la columna C-3 requiere un calor de 23.11 MM kJ/h, para el cual se requiere un flujo de vapor de 10645 kg/h, mientras que para la operación en la cual la corriente de la columna C-3 se envía directamente hacia el del área de craqueo, el calor requerido en la columna es de 21.90 MM kJ/h, requiriéndose un flujo de vapor de 10181kg/h. Con esta operación dejaría de utilizarse una cantidad de vapor de 464 kg/h, lo que se traduce en un ahorro significativo en el consumo de vapor, sin representar esta operación cambio en la composición del EDC producido.

### Conclusiones

-Los modelos de simulación desarrollados para el sistema de purificación de EDC reproducen las condiciones de presión y temperatura, y los flujos y composiciones de diseño y a condiciones reales de planta para las principales corrientes, así como también el perfil de temperatura en las diferentes columnas.

-El método termodinámico NRTL-RK es el que mejor representa las condiciones de operación de las columnas C-1 y C-3 y método Lee-Keesler-Plocker de la columna C-2.

-El mayor efecto sobre el contenido de componentes livianos en el fondo de la columna C-1 se presenta con el incremento en el flujo de alimentación a valores superiores a 30000 kg./h. Esto es debido a las limitaciones en el flujo de calor ya que si se aumenta para manejar estas cargas mayores, tendría que aumentarse el reflujo a cantidades que no podrían manejarse con la bomba actual de reflujo a la columna.

-Aumentando el contenido de cloroformo y tetracloruro en la corriente de alimentación a la columna C-1 en un 100%, el contenido de estos componentes en la corriente de fondo de la misma permanece dentro de las especificaciones requeridas, siempre que se mantenga la cantidad de flujo de alimentación.

-Las columnas de la unidad de purificación de EDC no presentan ningún tipo de limitaciones hidráulicas y tienen flexibilidad para manejar cargas superiores a las de diseño.

### Referencias Bibliográficas

1. Aspen Plus: "Physical Property Methods y Models", Reference Manual Volumen 2, USA, 1994.
2. Báez M. y Soto J.: "Simulación Columna de Pesados C-302. Planta MVC II. Complejo El Tablazo", ULA, Merida, 1997
3. Modell M. y Reid R. C.: "Thermodynamics and Its Applications", Second Edition, Prentice Hall, USA, 1983.
4. Prausnitz, J.M., Anderson T., Grens E., Eckert C., Hsieh R. y Connell O.: "Computer Calculations for Multicomponent Vapor-Liquid and Liquid-Liquid Equilibria", Prentice Hall, USA, 1980.
5. Prausnitz, Lichtenthaler R. y Gómez E.: "Molecular Thermodynamics of Fluid Phase Equilibria", Second Edition, Prentice Hall, USA, 1986.
6. Redlich O. y Kwong J.N.S.: "On the Thermodynamics of Solutions Equation of State. Fugacities of Gaseous Solutions," Chem. Rev., Vol. 44 (1979) pp. 223-244.
7. Lopéz Y.: "Evaluación del Sistema de Purificación de EDC de la Planta MVC II del Complejo El Tablazo", LUZ, Maracaibo, 1998
8. King C. J.: "Separation Processes", McGraw Hill, USA, 1971.
9. Abrams, D. S. And Prausnitz J. M: "Statistical Thermodynamics of Liquid Mixtures: a New Expression for the Excess Gibbs Energy of Partly or Completely Miscible Systems", A.I.C.H.E. J., 21, 116 (1975).
10. Renom, H., y Prausnitz J. M: "Derivation of the Three-Parameter Wilson Equation for the Excess Gibbs Energy of Liquid Mixtures", A.I.C.H.E. J., 15, (1969) pp. 785.
11. Renom, H., y Prausnitz J. M.: "Local Compositions in Thermodynamics Excess Functions for Liquid Mixture", A.I.C.H.E. J., 14, N1 (1968) pp. 135-144.

- 
12. Glistch: "Ballast Tray Design Manual", Bulletin 4900, Germany, 1993.
  13. Kister H.: "Distillation Operation", McGraw Hill. Inc, USA, 1990.
  14. Rodríguez L.: "Módulo de Enseñanza de Especialización en Ingeniería de Procesos. Destilación I", Universidad de los Andes, Mérida, 1995.

Recibido el 05 de Febrero de 2002

En forma revisada el 1° de Diciembre de 2003